MODIFIKASI BIOPORI SEBAGAI OPTIMALISASI LAJU INFILTRASI AIR HUJAN DAN DAMPAK BAGI PENGOMPOSAN BAHAN ORGANIK

Subagiyono[1] HeniFebriani[2]
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Wira Husada Yogyakarta

Abstract

Accelerated development. housing on hard land, expanding house plots, filling in new land from wetlands, and changing residences into shops or offices. This causes a decrease in the capacity and carrying capacity of the environment on the earth's surface. The aim of this research is to determine the type of organic material in the biopore media which has a significant influence on the rate of water infiltration into the soil. The type of research is Quasi-experimental, with a post test only design using the Experimental Perspective Cohort method. Observations were carried out repeatedly according to the time required during the organic material degradation process in the biopores then analyzed using the true triangle experiment, namely by analyzing the components in the modified biopore media. The data that has been collected in this research is then analyzed using quantitative descriptive analysis by describing the data through the Oneway Anova Variance Test with a degree of confidence of 0.05. The research results show that the modified biopori instrument with organic vegetable material in it can maintain the rate of water infiltration into the soil. The fastest average rate of water infiltration into the soil was found in the modified biopore instrument with vegetable organic material, namely 191.16 mm/minute. The results of analysis on organic materials show teak leaves with a value of sig.0.011, vegetables with a value of sig. 0.022, straw obtained a sig value. 0.002, and paper with a sig value. 0.111. The type of vegetable organic material in the modified biopore instrument is more effective and faster in returning the rate of water infiltration into the soil to normal.

Keywords: *Biopore Modification;Organic Ingredients; Water Infiltration Rate*

Abstrak

Percepatan pembangunan. perumahan di lahan keras, perluasan lahan rumah pekarangan, pengurukan lahan baru dari lahan basah, dan perubahan hunian menjadi pertokoan maupun perkantoran. Hal ini menjadi penyebab penurunan daya tampung dan daya dukung lingkungan di atas permukaan bumi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jenis bahan organik dalam media biopori yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kecepatan laju infiltrasi air ke dalam tanah. Jenis penelitian adalah Quasi eksperimen, dengan design post test only menggunakan metode Kohort Perspektif Eksperimen. Pengamatan dilakukan secara berulang sesuai dengan waktu yang dibutuhkan selama proses degradasi bahan organik dalam biopori dengan menggunakan analisis triangle true experimen, yaitu dengan menganalisis komponen dalam media biopori termodifikasi. Data yang telah terkumpul dalam penelitian ini selanjutnya di analisa dengan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif secara deskripsi data melalui Uji Varians Oneway Anova dengan derajat kepercayaan 0,05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Instrument biopori termodifikasi dengan media bahan organik sayuran didalamnya dapat mempertahankan laju infiltrasi air ke dalam tanah. Rata-rata laju infiltrasi air ke dalam tanah paling cepat terdapat dalam instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran yaitu 191,16 mm/menit. Hasil analisis pada bahan organik menunjukkan daun jati dengan nilai sig.0,011, sayuran dengan nilai sig. 0,022, jerami diperoleh nilai sig. 0,002, dan kertas dengan nilai sig. 0,111. Jenis bahan organik sayuran dalam instrument biopori termodifikasi lebih efektif dan lebih cepat untuk mengembalikan laju infiltrasi air ke dalam tanah secara normal.

Kata Kunci*: Modifikasi Biopori; Bahan Organik; Laju Infiltrasi Air*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah dan aktivitas penduduk terutama di daerah perkotaan sebanding dengan peningkatan kebutuhan pangan, sandang, dan papan, dan berdampak pada percepatan pembangunan perumahan di lahan keras, perluasan lahan rumah pekarangan, pengurukan lahan baru dari lahan basah, dan perubahan hunian menjadi pertokoan maupun perkantoran. Hal ini menjadi penyebab penurunan daya tampung dan daya dukung lingkungan di atas permukaan bumi.

Saat pembangunan sebagian permukaan lahan dipadatkan untuk bangunan dan prasarana jalan sehingga mengakibatkan sebagian besar air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah, tetapi mengalir ke permukaan tanah dan dibuang melalui saluran drainase. Saluran pembuangan air (drainase) yang tidak berfungsi secara maksimal serta penurunan daya serap tanah terhadap air sebagai akibat dari pembangunan, memicu banjir diberbagai daerah. Banjir merupakan bencana tahunan warga di sejumlah daerah di tanah air, pembukaan lahan, perataan tanah untuk pembangunan pemukiman dan prasarana lainnya mengakibatkan pemadatan tanah, berkurangnnya sumber bahan organik tanah, serta rusaknya liang-liang bekas penembusan dan galian fauna tanah. Sebagian besar wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki struktur tanah pasir yang merupakan tanah yang terbentuk dari batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butir kasar dan berkerikil. Kapasitas serap air pada tanah pasir sangat rendah, ini disebabkan karena tanah pasir tersusun atas 70% partikel tanah berukuran 0,02-2 mm.

Tanah pasir bertekstur kasar, dicirikan adanya ruang pori besar diantara butir- butirnya. Kondisi ini menyebabkan tanah menjadi berstruktur lepas dan gembur. Melihat dari ciri-ciri tanah pasir tersebut dapat dengan mudah dijelaskan bahwa tanah pasir memiliki kemampuan mengikat air yang sangat rendah. Pada tanah pasir air dalam tanah akan mudah berinfiltrasi, bergerak ke bawah melalui rongga tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki potensi terhadap penyimpanan air tanah yang sangat tinggi. Hal tersebut tidak sejalan dengan kondisi lahan yang tersedia dimana penyusutan lahan sedemikian besar itu mengakibatkan tingkat rasio kepemilikan lahan pertanian di DIY per orang hanya 326 m2. Karena itu, pemerintah perlu menegakkan peraturan penggunaan lahan pertanian. Penyusutan lahan pertanian tersebut disebabkan alih fungsi lahan untuk bangunan perumahan, perkantoran, industri dan pertokoan. Hal ini menyebabkan tingkat resapan air tanah menjadi berkurang[1]

Bentuk biopori konvensional menyerupai liang (terowongan kecil) di dalam tanah dan bercabang – cabang dan sangat efektif untuk menyalurkan air dan udara ke dalam tanah. Liang pori terbentuk oleh adanya pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman, serta yang terbentuk dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air dengan cara menyirkulasikan air dan oksigen ke dalam tanah. Teknologi resapan biopori mempunyai

fungsi ganda yaitu meresapkan air dan tempat pengomposan sampah organik. Peresapan air membantu mengurangi air genangan dan sekaligus meningkatkan ketersediaan air tanah[2]

Kegiatan membuat biopori selama ini dibuat secara sederhana hanya terdiri dari membuat lubang dengan alat auger dan pada permukaan tanah dibuat tutup cor sederhana sebagai pelindung agar permukaan tanah tidak longsor. Namun demikian biopori sering kita jumpai tidak sejalan dengan fungsinya sebagai zona resapan air saat biopori dipakai sebagai media pengomposan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa saat curah hujan tinggi dibarengi dengan masuknya sampah yang terdiri dari sampah organik dan anorganik. Permasalahan muncul disaat biopori menampung air hujan dan sampah sehingga fungsi biopori menjadi tidak optimal. Selain itu setelah berakhirnya musim hujan , fungsi utama biopori sebagai zona tangkapan air hujan sering mengalami penurunan fungsi, sebagai media pengendali arus air hujan sekaligus sebagai media infiltrasi. Fungsi lubang biopori selain untuk pengendalian serta proses infiltrasi air ke dalam tanah juga berfungsi ganda untuk proses pengomposan bahan organik[3]. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jenis bahan organik dalam media biopori yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kecepatan laju infiltrasi air ke dalam tanah

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah Quasi eksperimen, dengan design post test only menggunakan metode Kohort Perspektif Eksperimen, kemudian dianalisis dengan triangle true experimen, yaitu dengan menganalisis komponen dalam media biopori termodifikasi. Modifikasi Biopori dalam penelitian ini adalah biopori yang dimanfaatkan selain sebagai media dalam infiltrasi air ke dalam tanah juga dipergunakan sebagai media pengomposan bahan organik dengan komposisi bahan organik yang terdiri dari daun jati, sayuran,jerami dan kertas. Data yang telah terkumpul dalam penelitian ini selanjutnya di analisa dengan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif secara deskripsi data melalui Uji Varians Oneway Anova dengan derajat kepercayaan 0,05.

HASIL PENELITIAN

Ketidak seragaman pada jenis bahan organic didalam biopori sangat berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Proses perombakan pada bahan organik dalam biopori oleh mikroorganisme tanah juga berpengaruh terhadap perbedaan laju infiltrasi. Perbedaan karakteristik infiltrasi air spasial di atas tanah, yang spesifik lokasi dan lebih kompleks karena ketidakseragaman, dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air untuk pertanian dan mengurangi masalah terkait air[4]. Hal ini menunjukkan perbedaan signifikan terhadaplaju infiltrasi manakala didalam biopori terdapat berbagai bahan organik yang

masuk ke dalamnya, Hasil pengukuran terhadap laju infiltrasi air serta hasil uji laboratorium terhadap kualitas kompos yang dihasil diperoleh hasil sesuai dalam tabel berikut :

Tabel 1. Rata-rata Hasil Pengamatan Karakteristik Tiap-Tiap bahan organik dan laju infiltrasi

Bahan Organik Modifikasi Biopori	Suhu (^oC)	Kelembaban (%)	pH	Kadar Air (%)	C organik (%)	N total (%)	P Total (%)	K Total (%)	Laju Infiltrasi mm/menit
Daun Jati	35,6	61	6.25	38.50	6.66	0,46	0.77	0,06	120
Sayuran	33,6	76	8.34	43.48	10.00	0.84	1.97	0.34	197,4
Jerami	35	75	6.98	37.18	4.98	0.27	0.85	0.09	44,8
Kertas	35	69	8.16	46,66	4.84	0.24	0.99	0,11	41,6

Berdasarkan tabel diatas, Rata-rata hasil pengamatan laju infiltrasi air ke dalam tanah pada biopori dengan media organik daun jati adalah 120 mm per menit. Suhu rata-rata dalam instrument biopori termodifikasi sebesar 35,6^{o}C serta kelembaban rata-rata sebesar 61%. Sedangkan hasil pemeriksaan di laboratorium terhadap hasil kompos organik daun jati yang dihasilkan dari instrument biopori termodifikasi diperoleh hasil pH sebesar 6,25, kadar air 38,50, kandungan C Organik 6,66, N total 0,46, P total 0,77 dan K total 0,06.

Instrument biopori termodifikasi dengan media bahan organik sayuran diperoleh rata-rata hasil pengamatan laju infiltrasi air ke dalam tanah pada biopori dengan kecepatan 197,4 mm per menit. Suhu rata-rata dalam instrument biopori termodifikasi sebesar 33,6 o C serta kelembaban rata-rata sebesar 76%.Sedangkan hasil pemeriksaan di laboratorium terhadap hasil kompos organik sayuran yang dihasilkan dari instrument biopori termodifikasi diperoleh hasil pH sebesar 8,34, kadar air 43,48, kandungan C Organik 10,00, N total 0,84, P total 1,97 dan K total 0,34.

Instrument biopori termodifikasi dengan media bahan organik jerami diperoleh rata-rata hasil pengamatan laju infiltrasi air kedalam tanah pada biopori dengan kecepatan 44,8 mm per menit. Suhu rata-rata dalam instrument biopori termodifikasi sebesar 35^{0}C serta kelembaban rata-rata sebesar 75%.Sedangkan hasil pemeriksaan di laboratorium terhadap hasil kompos organik jerami yang dihasilkan dari instrument biopori temodifikasi diperoleh hasil pH sebesar 6,98, kadar air 37,18, kandungan C Organik 4,98, N total 0,27, P total 0,85 dan K total 0,09.

Instrument biopori termodifikasi dengan media bahan organik kertas diperoleh rata-rata hasil pengamatan laju infiltrasi air kedalam tanah pada instrument biopori termodifikasi dengan kecepatan 41,6 mm per menit. Suhu rata- rata dalam instrument biopori termodifikasi sebesar 35^{0}C serta kelembaban rata- rata sebesar 69%.Sedangkan hasil pemeriksaan di laboratorium terhadap hasil kompos organik kertas yang dihasilkan dari instrument biopori termodifikasi diperoleh hasil pH sebesar 8,16, kadar air 46,66, kandungan C Organik 4,84, N total 0,24, P total 0,99 dan K total 0,11.

Pengulangan terhadap masing-masing biopori termodifikasi dilakukan dengan cara membuat media biopori termodifikasi sebanyak 4 buah untuk tiap bahan organik didalamnya. Dalam penelitian ini pengulangan dilakukan dengan menggunakan media biopori secara keseluruhan sebanyak 16 buah dengan hasil diperoleh sebagai berikut :

Tabel. 2. Rata-Rata Hasil Pengulangan Pengukuran Laju Infiltrasi Air Pada Tiap-Tiap Bahan Organik.

Bahan Organik	Ulangan	Ulangan	Ulangan	Ulangan	Rata-rata
Daun Jati	189,3	172,3	196,2	162,8	180,15
Sayuran	66,5	69,2	67,8	64,2	66,92
Jerami	99,7	122,5	119,3	102,7	111,05
Kertas	75,2	68,2	65,8	102	77,80

Berdasarkan tabel diatas, rata-rata hasil pengulangan pengukuran laju infiltrasi air pada tiap-tiap media biopori termodifikasi dengan masing-masing bahan organik didalamnya menunjukan bahwa laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling cepat adalah media biopori termodifikasi dengan bahan organik Daun Jati yaitu sebesar 180,15 mm/menit, sedangkan laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling lambat adalah media biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran yaitu sebesar 66,92 mm/menit.

Analisis Uji Varians Oneway Anova terhadap hasil pengulangan pengukuran laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi dengan masing-masing jenis bahan organik dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai masing-masing pengulangan terhadap hasil pengukuran laju infiltrasi air. Selanjutnya hasil analisis Uji Varians Oneway Anova berikut analisis diskriptif disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel.3. Nilai Mean (Rata-rata) Laju Infiltrasi Pada Tiap-tiap Perlakuan

Ket	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Ulangan_1 Daun	6	189.333	6.12100	2.49889	182.9097	195.7569	183.00	198.00
Sayuran	6	66.5000	67.47370	27.54602	-4.3093	137.3093	21.00	199.00
Jerami	6	99.6667	74.40609	30.37616	21.5823	177.7511	46.00	198.00
Kertas	6	75.1667	68.27420	27.87283	3.5173	146.8160	23.00	200.00
Total		107.666	75.42498	15.3960	75.8175	139.5158	21.00	200.00
Ulangan_2 Daun jati	6	172.333	56.96549	23.25606	112.5517	232.1149	57.00	200.00
Sayuran	6	69.1667	68.27420	27.87283	-2.4827	140.8160	19.00	200.00
Jerami	6	122.500	59.62130	24.34030	59.9313	185.0687	76.00	199.00
Kertas	6	68.1667	70.55045	28.80210	-5.8715	142.2048	24.00	198.00
Total		108.041	74.26596	15.15948	76.6819	139.4014	19.00	200.00
Ulangan_3 Daun jati	6	196.166	4.44597	1.81506	191.5009	200.8324	191.00	200.00
Sayuran	6	67.8333	66.18887	27.02149	-1.6276	137.2943	21.00	199.00
Jerami	6	119.333	62.15357	25.37409	54.1072	184.5595	53.00	197.00
Kertas	6	65.8333	71.37343	29.13808	-9.0685	140.7352	22.00	199.00
Total		112.291	76.35926	15.58677	80.0480	144.5354	21.00	200.00
Ulangan_4 Daun	6	162.833	51.29295	20.94026	109.0047	216.6620	80.00	199.00
Sayuran	6	64.1667	66.42715	27.11877	-5.5444	133.8777	22.00	198.00
Jerami	6	102.666	71.33489	29.12235	27.8053	177.5280	38.00	200.00
Kertas	6	102.000	68.86218	28.11287	29.7336	174.2664	54.00	200.00
Total		107.916	70.50311	14.39139	78.1458	137.6875	22.00	200.00

PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di atas tanah bertekstur pasir dengan tingkat porositas tinggi dan memiliki lapisan top soil yaitu tanah bersifat semi permeabel yang berkemampuan menyerap air. Salah satu cara pengelolaan sampah khususnya sampah organik adalah teknologi lubang resapan biopori (LRB) yang telah dikenal dapat mempercepat peresapan air dengan memanfaatkan sampah organik[5] . Penelitian dilakukan dengan membuat instrument biopori termodifikasi berbentuk silinder sebanyak 4 buah dan dimasukan ke dalam lubang dengan kedalaman 60 cm yang masing-masing berisi bahan organik yang telah ditentukan. Bahan organik yang dimasukan kedalam instrument biopori termodifikasi terdiri dari daun jati, sayuran, jerami dan kertas yang masing-masing berat adalah 1 kg.

Hasil laju infiltrasi yang berbeda antara tiap jenis bahan organik didalam instrument biopori termodifikasi. Laju air ke dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pendegradasian bahan organik pada tiap-tiap jenisnya. Degradasi bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi terbentuk sebagai hasil aktivitas mikroorganisme dalam mengurai bahan organik. Selain itu tekstur dari bahan organik itu sendiri juga dapat berpengaruh terhadap lamanya penguraian terhadap bahan organik.

Pada penelitian ini pengamatan dilakukan sebanyak 5 kali tahapan pengamatan untuk masing-masing instrument biopori termodifikasi dengan tiap jenis bahan organik. Tahapan pengukuran dilakukan berdasarkan waktu bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi mulai dimasukannya bahan organik ke dalam instrument biopori termodifikasi. Tahapan pengukuran dilakukan rata-rata seminggu sekali dengan pertimbangan bahwa setiap 1 minggu telah terjadi proses degradasi bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi.

Laju Infiltrasi Dengan Bahan Organik Daun Jati

Pada pengamatan laju infiltrasi dengan bahan organik daun jati diperoleh hasil relatif sama dan stabil. Pengukuran laju infiltrasi dimulai dari 1 hari setelah dimasukkannya bahan organik daun jati ke dalam instrument biopori termodifikasi sampai dengan 24 hari didapat kenyataan bahwa laju infiltrasi air ke dalam tanah relatif tetap tidak ada perbedaan. Hal ini mengindikasikan bahwa daun jati memiliki pori yang lebih besar serta tipe daun jati yang mengandung lignin/lilin yang mengindikasikan bahwa daun jati tidak mudah mengikat air sehingga keberadaan organik daun jati dalam biopori tidak mengganggu laju air ke dalam tanah. Untuk rata-rata laju infiltrasi air ke dalam tanah pada bahan organik daun jati relatif stabil yaitu 120 mm/menit.

Laju Infiltrasi Dengan Bahan Organik Sayuran.

Pengamatan laju infiltrasi pada instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran diperoleh hasil laju infiltrasi air ke dalam tanah relatif normal sebesar 200 mm/menit. Pada pengukuran ke-4 diperoleh hasil laju infiltrasi air yang sedikit berbeda

dengan hasil pada tiga pengukuran sebelumnya dimana kondisi sayuranmulai menggumpal akibat degradasi yaitu 187 mm/menit. Proses degradasi bahan organik sayuran dalam instrument biopori termodifikasi berlangsung sangat cepat.

Proses pendegradasian bahan organik sayuran yang relatif lebih cepat mengakibatkan lubang pori di dlam biopori menjadi lebar dan tidak menghalangi laju infiltrasi air secara signifikan. Hal ini mengakibatkan proses terbentuknya kompos menjadi lebih cepat, sehingga pada pengukuran laju infiltrasi ke-3 samapi dengan ke-5 laju infiltrasi kembali normal yaitu 200 mm/menit.

Laju Infiltrasi Dengan Bahan Organik Jerami.

Pengamatan laju infiltrasi pada instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik jerami diperoleh hasil laju infiltrasi air ke dalam tanah yang sangat berbeda dalam setiap tahapan pengukuran. Laju infiltrasi air pada tahap pengukuran ke-1 relatif normal yaitu 187 mm/menit. Selanjutnya pada tahap pengukuran selanjutnya laju infiltrasi air mengalami lonjakan penurunan sesuai dengan kondisi bahan organik jerami dalam instrument biopori termodifikasi akibat degradasi.

Pada tahap pengamatan ke-4 didapati kenyataan bahwa saat bahan organik jerami dalam keadaan menggumpal mengakibatkan laju infiltrasi mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini ditunjukkan pada hasil pengukuran laju infiltrasi air ke dalam tanah. Selanjutnya pada tahap pengamatan tahap ke-5 (terakhir) diperoleh kenaikan hasil laju infiltrasi air kedalam tanah sedikit lebih besar yaitu 8 mm/menit. Kondisi ini menunjukan bahwa sampai dengan pengukuran tahap akhir proses degradasi terhadap bahan organik jerami sangat lambat dan lama. Proses pendegradasian bahan organik jerami membutuhkan waktu lama diakibatkan karena tekstur jerami yang tebal dan keras.

Infiltrasi Pada Dengan Bahan Organik Kertas

Pada pengamatan laju infiltrasi air ke dalam instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik kertas diperoleh hasil yang berbeda dengan pengamatan laju infiltrasi air dalam instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik lainnya. Pada pengamatan tahap ke-1 dengan bahan organik kertas didalam instrument biopori termodifikasi diperoleh hasil laju infiltrasi air yang sangat signifikan. Laju infiltrasi air ke dalam tanah 1 hari setelah dimasukannyabahan organik kertas kedalam instrument biopori termodifikasi, diperoleh hasil laju infiltrasi air yang lebih lambat dimana pada tahap pengamatan ke-1 kondisi bahan organik kertas masih belum terdegrasi secara berarti (degradasi lambat). Kondisi ini mengindikasikan bahwa kondisi pori pada organik kertas sangat kecil dan rapat. Selain itu kondisi kertas yang tidak mudah rusak di duga sebagai penyebab lambatnya proses degradasi sehingga membutuhkan waktu lama untuk proses pendegradasian kertas sampai menjadi kompos. Hal ini juga ditunjukkan pada pengukuran minggu berikutnya sampai dengan tahap pengamatan ke-4 dimana laju infiltrasi air ke dalam tanah

tidak mengalami penurunan dalam 1 menit yaitu 0 mm/menit. Sedangkan untuk tahap pengamatan ke-5 laju infiltrasi air ke dalam tanah mengalami peningkatan sejalan dengan kondisi bahan organik kertas terdegradasi.

Kualitas Kompos Pada Instrument Biopori Termodifikasi

Pada penelitian ini, selain mengetahui hasil laju infiltrasi air ke dalam tanah, peneliti juga berusaha untuk menemukan dampak yang ditimbulkan dari modifikasi biopori terhadap bahan organik yang sengaja ditanam dalam instrument biopori termodifikasi yaitu pada kualitas kompos yang dihasilkan. Pengelolaan sampah yang efektif bisa memberikan solusi dalam mengatasi banjir di musim hujan. Salah satu pengelolaan sampah. Metode yang digunakan adalah sistem teknologi biopori yang dapat mempercepat proses tersebut penyerapan air ke dalam tanah[6]

Dengan demikian penelitian tentang instrument biopori termodifikasi ini berfungsi selain untuk mengetahui seberapa besar laju infiltrasi air ke dalam tanah juga untuk mengetahui kualitas kompos yang dihasilkan dari bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi. Seluruh hasil uji laboratorium untuk masing-masing kualitas bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi (pH, Kadar Air, C organik, Nilai N total, P total dan K total) jika dibandingkan dengan PERMENTAN Nomor : 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat.

Kompos Organik Daun Jati

Dari hasil uji laboratorium diperoleh kondisi pH sebesar 6,25 dimana hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada kompos daun jati memenuhi syarat teknis minimal pupuk organik padat. Sedangkan untuk C organik pada kompos organik daun jati diperoleh hasil sebesar 6,66 % yang menunjukan bahwa kondisi tersebut kurang dari standar mutu pupuk organik padat minimal sebesar 15% Hasil uji laboratorium terhadap nilai NPK total pada kompos organik daun jati adalah sebesar 1,29 %. Hal ini menunjukan bahwa nilai NPK total masih dibawah standar mutu pupuk organik padat yaitu 4 %.

Kompos Organik Sayuran

Dari hasil uji laboratorium diperoleh kondisi pH sebesar 8,34. Hal ini menunjukan bahwa kondisi pada kompos sayuran adalah memenuhi syarat teknis minimal pupuk organik padat. Sedangkan untuk C-organik pada kompos organik sayuran diperoleh hasil sebesar 10,00 % yang menunjukan bahwa kondisi tersebut kurang dari standar mutu pupuk organik padat minimal sebesar 15%. Hasil uji laboratorium terhadap nilai NPK total pada kompos organik sayuran adalah sebesar 3,15 %. Hal ini menunjukan bahwa nilai NPK total masih dibawah standar mutu pupuk organik padat yaitu 4 % .

Kompos Organik Jerami

Dari hasil uji laboratorium diperoleh kondisi pH sebesar 6,98. Hal ini menunjukan bahwa kondisi pada kompos jerami adalah memenuhi syarat teknis minimal pupuk organik padat.

Sedangkan untuk C organik pada kompos organik jerami diperoleh hasil sebesar 4,98 % yang menunjukan bahwa kondisi tersebut kurang dari standar mutu pupuk organik padat minimal sebesar 15%. Hasil uji laboratorium terhadap nilai NPK total pada kompos organik jerami adalah sebesar 1,21 %. Hal ini menunjukan bahwa nilai NPK total masih dibawah standar mutu pupuk organik padat yaitu 4 % .

Kompos Organik Kertas

Dari hasil uji laboratorium diperoleh kondisi pH sebesar 8,16. Hal ini menunjukan bahwa kondisi pada kompos kertas adalah memenuhi syarat teknis minimal pupuk organik padat. Sedangkan untuk C organik pada kompos organik kertas diperoleh hasil sebesar 4,84 % yang menunjukan bahwa kondisi tersebut kurang dari standar mutu pupuk organik padat minimal sebesar 15%.Hasil uji laboratorium terhadap nilai NPK total pada kompos organik kertas adalah sebesar 1,34 %. Hal ini menunjukan bahwa nilai NPK total masih dibawah standar mutu pupuk organik padat yaitu 4 % .Berdasarkan seluruh hasil uji laboratorium terhadap laju infiltrasi dan kualitas bahan organik terhadap masing-masing instrument biopori termodifikasi, kualitas kompos organik hampir semua komponen didalamnya tidak memenuhi syarat teknis minimal pupuk organik padat kecuali keadaan pH nya. Sedangkan untuk bahan organik yang paling cepat terdegradasi sekaligus mengembalikan percepatan laju infiltrasi adalah bahan organik sayuran.

Perbandingan kualitas masing-masing bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi

1. pH

Hasil uji laboratorium terhadap pH menunjukan perbandingan antar bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi adalah pH tertinggi pada sayuransebesar 8,34 sedangkan untuk pH terendah pada daun jati sebesar 6,25.

2. C-Organik

Hasil uji laboratorium terhadap C-Organik menunjukan perbandingan antar bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi adalah C-Organik tertinggi pada sayuran sebesar 10,00 % sedangkan untuk C-Organik terendah pada kertas sebesar 4,84% .

3. N-total

Hasil uji laboratorium terhadap N-total menunjukan perbandingan antar bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi adalah N-total tertinggi pada sayuran sebesar 0,84 % sedangkan untuk N-total terendah pada kertas sebesar 0,24% .

4. P-total

Hasil uji laboratorium terhadap P-total menunjukan perbandingan antar bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi adalah P-total tertinggi pada sayuran sebesar 1,97 % sedangkan untuk P-total terendah pada daun jati sebesar 0,77% .

5. K-total

Hasil uji laboratorium terhadap K-total menunjukan perbandingan antar bahan organik dalam instrument biopori termodifikasi adalah K-total tertinggi pada sayuran sebesar 0,34 % sedangkan untuk K-total terendah pada daun jati sebesar 0,06% .Selain sebagai bahan organik yang paling cepat terdegradasi dan efektif di dalam mengembalikan tingkat laju infiltrasi air ke dalam tanah, hara dalam kompos organik sayuran untuk setiap parameter menunjukan lebih tinggi dibandingkan dengan kompos organik dari bahan organik lain. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mendukung kualitas pada hasil pengomposan bahan organik didalam media biopori termodifikasi, diantaranya adalah :

a. **pH**

Derajat keasaman (pH) pada permulaan proses pengomposan umumnya sampai dengan netral (7,0), dimana derajat keasaman akan mengalami penurunan karena sejumlah mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan mengubah bahan organik menjadi asam.. pada proses selanjutnya, mikroorganisme dari jenis lain akan mengkonversi asam organik yang telah terbentuk sehingga bahan organik memiliki derajat keasaman yang tinggi dan mendekati netral. Jika derajat keasaman terlalu tinggi atau terlalu basa, konsumsi oksigen akan semakin naik dan akan memberikan hasil yang buruk bagi lingkungan yaitu menyebabkan unsur nitrogen dalam bahan kompos berubah menjadi amonia, sebaliknya apabila dalam keadaan asam rendah akan menyebabkan sebagian mikroorganisme mati. Perbedaan kondisi pH untuk masing-masing kompos organik yang dihasikan dari media biopori termodifikasi diindikasi sebagai akibat dari jumlah mikroorganisme pada masing-masing bahan organik yang berbeda.

b. **Kelembaban**

Proses pengomposan terhadap bahan organik membutuhkan oksigen dan air sehingga selama dalam proses pengomposan, kelembaban menjadi penting diperhatikan. Degradasi bahan organik sangat tergantung dari kelembaban lingkungan dan oksigen yang diperoleh dari rongga udara yang terdapat diantara partikel bahan organik yang dikomposkan. Secara umum, kelembaban yang baik untuk berlangsungnya proses degradasi secara aerob adalah 50-60% dengan tingkat terbaik 50%. Kelembaban yang baik pada pengomposan tergantung juga dari jenis bahan organik yang digunakan. Dalam penelitian ini, bahan-bahan organik yang digunakan mempunyai nilai kelembaban ideal yang berbeda-beda sehingga berpengaruh terhadap hasil pengukuran kelembaban. Selain nilai kelembaban, kondisi kelembaban selama proses pengomposan juga perlu diperhatikan karena susunan material bahan organik dalam media biopori termodifikasi dalam kelembaban yang ideal. Hal ini berdampak pada kondisi air dimana mikroorganisme perombak sangat membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya.

c. Suhu

Proses pengomposan akan berjalan dengan baik jika bahan berada dalam suhu yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme perombak. Temperatur optimum yang dibutuhkan mikroorganisme untuk merombak bahan organik dalam kisaran 35-500C. Pada pengomposan secara aerob akan terjadi kenaikan suhu yang cukup cepat selama 3-5 hari pertama dan suhu tersebut merupakan suhu ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme. Pada suhu 35-500C mikroorganisme dapat tumbuh tiga kali lipat dibandingkan dengan suhu kkurang dari kisaran tersebut. Selain itu pada kisaran suhu 35-500C, enzim yang dihasilkan juga paling efektif mengurai bahan organik. Untuk mempertahankan suhu dalam proses pengomposan perlu diperhatikan susunan material bahan organik dalam media biopori termodifikasi. Pengomposan pada bahan organik seperti jerami, peningkatan suhu tidak dapat melebihi 520C. Keadaan ini menunjukan bahwa suhu juga tergantung dari tipe bahan organik yang digunakan.

Berdasarkan faktor pH, kelembaban dan suhu tersebut, diindikasi akan berpengaruh terhadap keberadaan mikroorganisme dalam bahan organik sehingga mengakibatkan perbedaan unsur hara dalam kompos organik. Selain faktor pH, suhu dan kelembaban, faktor lain yang mempengaruhi percepatan pengomposan adalah ukuran bahan organik dalam pengomposan. Semakin kecil ukuran bahan organik maka proses pengomposan akan berlangsung lebih cepat.

Hasil Pengulangan Laju Infiltrasi Pada Tiap-Tiap Bahan Organik

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi suatu tanah yaitu sifat fisik diantaranya adalah porositas tanah, kandungan air dan permeabilitas lapisan bawah permukaan nisbi air tanah. Air yang berinfiltrasi pada suatu tanah karena pengaruh gravitasi dan daya tarik kapiler atau disebabkan pula oleh tekanan dari pukulan air hujan pada permukaan tanah. Laju infiltrasi juga dipengaruhi oleh tekstur dan struktur, kelengasan tanah, selain kadar materi tersuspensi bahan organik dalam air juga berpengaruh. Kadar materi dimana zat materi dalam bahan organik mengendap sehingga menutup pori-pori tanah sehingga menghalangi air masuk ke dalam tanah. Jumlah dan ukuran pori yang menentukan adalah jumlah pori – pori yang berukuran besar. Semakin besar pori maka kapasitasinfiltrasi semakin besar pula, demikian sebaliknya. Besaran infiltrasi air ke dalam tanah merupakan hal yang penting dalam hal: efisiensi, mengoptimalkan ketersediaan air. Infiltrasi merupakan parameter penting dalam perencanaan pengoptimalan ketersediaan air. Studi dilakukan untuk mengukur infiltrasi pada tutupan lahan yang berbeda. Infiltrasi diukur dengan infiltrometer cincin ganda dan mengembangkan persamaan infiltrasi[7] .

Analisis Uji Varians Oneway Anova

Pada hasil analisis deskriptif tabel di atas, nilai mean (rata-rata) laju infiltrasi air pada ulangan 1 diperoleh nilai laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling cepat yaitu pada

biopori termodifikasi dengan bahan organik daun jati yaitu sebesar 189,33 mm/menit dan yang paling lambat adalah pada biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran yaitu dengan kecepatan sebesar 66,50 mm/menit. Pada ulangan 2 diperoleh nilai laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling cepat yaitu pada biopori termodifikasi dengan bahan organik daun jati yaitu sebesar 172,33 mm/menit dan yang paling lambat adalah pada biopori termodifikasi dengan bahan organik kertas yaitu dengan kecepatan 68,17 mm/menit.

Pada ulangan 3 diperoleh nilai laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling cepat yaitu pada biopori termodifikasi dengan bahan organik daun jati yaitu sebesar 196,17 mm/menit dan yang paling lambat adalah pada biopori termodifikasi dengan bahan organik kertas yaitu dengan kecepatan 65,83 mm/menit. Pada ulangan 4 diperoleh nilai laju infiltrasi air dengan tingkat kecepatan paling cepat yaitu pada biopori termodifikasi dengan bahan organik daun jati yaitu sebesar 162,83 mm/menit dan yang paling lambat adalah pada biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran yaitu dengan kecepatan 64,17 mm/menit.

Tabel 4. Nilai Perbedaan laju Infiltrasi antar waktu pengamatan tiap-tiap bahan organik

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Daun jati	Between Groups	57078.833	3	19026.278	4.825	.011
	Within Groups	78861.000	20	3943.050		
	Total	135939.8	23			
Sayuran	Between Groups	49991.500	3	16663.833	3.985	.022
	Within Groups	83624.333	20	4181.217		
	Total	133615.8	23			
Jerami	Between Groups	71937.125	3	23979.042	7.382	.002
	Within Groups	64965.833	20	3248.292		
	Total	136903.0	23			
Kertas	Between Groups	30680.458	3	10226.819	2.271	.111
	Within Groups	90068.500	20	4503.425		
	Total	120749.0	23			

Pada tabel anova di atas menunjukan perbedaan yang signifikan pada masing-masing pengulangan pengukuran laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi dengan masing-masing perlakuan. Pengukuran terhadap ada tidaknya perbedaan pada masing-masing ulangan didasarkan pada perolehan nilai probabilitas/sig. (α = 5%), jika nilai sig. < 0,05 maka terdapat perbedaan yang nyata (signifikan) pengukuran laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi dan jika sig. > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan yang nyata (non signifikan) pengukuran laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi. Berdasarkan hasil analisis pada bahan organik daun jati diperoleh nilai sig.0,011< 0,05, dengan demikian

dapat dijelaskan bahwa pada bahan organik daun jati terdapat perbedaan yang signifikan laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi pada masing-masing perlakuan.

Pada bahan organik sayuran diperoleh nilai sig. 0,022< 0,05, dengan demikian dapat dijelaskan bahwa pada bahan organik sayuran terdapat perbedaan yang signifikan laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi pada masing-masing perlakuan. Sedangkan pada bahan organik jerami diperoleh nilai sig. 0,002< 0,05, dengan demikian dapat dijelaskan bahwa pada bahan organik jerami terdapat perbedaan yang signifikan laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi pada masing-masing perlakuan. Pada bahan organik kertas diperoleh nilai sig. 0,111 > 0,05, dengan demikian dapat dijelaskan bahwa pada bahan organik kertas tidak terdapat perbedaan yang signifikan laju infiltrasi air pada media biopori termodifikasi pada masing-masing perlakuan.

Model infiltrasi yang kuat sangat penting untuk memperkirakan kapasitas infiltrasi tanah dengan ketelitian yang tinggi serta untuk perencanaan sumber daya dan pengelolaan air permukaan dan air tanah secara efektif[8]. Hal ini sebagai bukti bahwa keberadaan sampah organik yang ada dalam biopori apabila tidak dikelola secara terstruktur dan sistematis akan berdampak pada sistem infiltrasi sekaligus pada kondisi sampah yang ada dalam biopori termodifikasi.

Drainase yang ramah lingkungan diperlukan sebagai pengendalian limpasan yang langsung meresap ke dalam tanah yang mampu menjadi konservasi air sehingga dapat menjaga kualitas air tanah. Penerapan drainase ramah lingkungan dengan menggunakan lubang resapan biopori[9]. Pemanfaatan teknologi biopori menunjukkan fungsi ganda selain mengatasi permasalahan drainase pengendalian limpasan hutan juga sekaligus sebagai sarana pengolahan bahan organik yang secara alami dapat ditingkatkan fungsinya.

Perbedaan karakteristik masing-masing bahan organik pada tiap-tiap perlakuan ditunjukan pada perbedaan hasil masing masing bahan organik didalam biopori. Hal ini sangat tergantung dari tekstur tanah serta karakteristik bahan organik itu sendiri. Penelitian menunjukkan bahwa eksperimen ditujukan selain untuk mengetahui lajui nfiltrasi air ke dalam tanah juga untuk mengetahui seberapa besar efek dari pengomposan dalam media biopori. Penelitian pada tanah yang dikumpulkan dari tiga tanah terbesar formasi geologi permukaan. Tujuan untuk pencarian bentuk dan sifat untuk mengkarakterisasi proses infiltrasi, menyesuaikan model infiltrasi, sekaligus untuk menganalisis sensitivitas parameter yang terlibat dalam proses baik proses infiltrasi maupun dalam proses pengomposan[10] .

Usaha untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam meresapkan air hujan adalah melalui teknologi pengendalian aliran permukaan dengan sistem biopori. Saluran dan lubang dalam sistem peresapan biopori digunakan sebagai simpanan dalam menampung dan meresapkan air tanah[11]. Dengan melakukan proses pengomposan menggunakan media biopori, hal ini akan sedikit berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Dengan demikian bahwa

biopori salah satunya sebagai pengendali air dipermukaan,sebenarnya mempunyai fungsi lain yakni pengomposan bahan organik di dalam media biopori secara sederhana.

Pemanfaatan tanah dalam pembuatan biopori menjadi salah satu usaha dalam meningkatkan kemampuan untuk meresapkan air hujan adalah melalui teknologi lubang resapan biopori. Setiap jenis tanah mempunyai kemampuan dalam setiap fungsi laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi yang berbeda[12]. Hal ini juga mengindikasikan bahwa masuknya bahan material dalam biopori akan juga berbeda. Variasi dalam laju infiltrasi air kedalam tanah juga tergantung seberapa cepat proses degradasi bahan/material dalam media biopori.

Kepadatan rendah bahan organik didalam media biopori akan memudahkan proses degradasi sehingga mempengaruhi kecepatan laju infiltrasi hal ini menunjukkan kondisi air dalam biopori akan cepat hilang[13]. Dengan kondisi tersebut, penelitian ini juga memperhatikan berat bahan orgaik dalam media biopori. Praktik pengelolaan bahan organik telah terbukti mempunyai dampak yang signifikan terhadap kualitas tanah. Penelitian telah menunjukkan bahwa tanah yang dikelola secara organik biasanya memiliki kandungan bahan organik tanah (SOM), karbon organik tanah (SOC), nitrogen organik tanah (SON), unsur makro dan mikro, serta komponen biologis yang lebih tinggi, serta kepadatan yang lebih rendah[14]. Dengan teknik sederhana, biopori mempunyai manfaat ganda dalam fungsinya sebagai pengendalilajuair hujan dan sebagaimediapengomposan bahan organik tanpa mempengaruhi kondisi unsurhara dalam tanah.

Praktik pengelolaan bahan organik dan lebih ditujukan dalam meningkatkan fungsi biopori, hal ini perlu disosialisasikan di masyarakat untuk bisa menggunakan lingkungan sebagai daya dukung didalam mempertahankan kualitas lingkungan agar tetap terjaga kualitasnya. Ada hubungan antara tanah dan kesehatan manusia bahwa tanah yang subur sangat penting untuk kesejahteraan[15]. Kesejahteraan masyarakat salah satunya bisa diupayakan melalui usaha melestarikan lingkungan agar faktor risiko munculnya gangguan kesehatan manusia bisa di eliminir.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Instrument biopori termodifikasi dengan media bahan organik sayuran di dalamnya dapat mempertahankan laju infiltrasi air ke dalam tanah. Rata-rata laju infiltrasi air ke dalam tanah dalam instrument biopori termodifikasi dengan bahan organik sayuran yaitu 191,16 mm/menit.. Hasil analisis pada bahan organik menunjukkan daun jati dengan nilai sig.0,011, sayuran dengan nilai sig. 0,022, jerami diperoleh nilai sig. 0,002, dan kertas dengan nilai sig. 0,111. Jenis bahan organik sayuran dalam instrument biopori termodifikasi lebih efektif dan lebih cepat untuk mengembalikan laju infiltrasi air ke dalam tanah secara normal.

Fungsi biopori sebagai lubang infiltrasi air pada tekstur tanah pasir sebaiknya dibuat dengan memperhatikan keadaan sumber air . Hal ini sebagai antisipasi terhadap pengaruh pembuatan kompos dalam biopori. Disarankan dalam pembuatan kompos menggunakan media biopori sebaiknya perlu memperhatikan tekstur bahan organik sehingga dalam waktu dan keadaan tertentu tidak mempengaruhi laju infiltrasi air ke dalam tanah dan sebaiknya tidak dilakukan pada saat musim penghujan, hal ini berpengaruh terhadap kondisi kualitas kompos yang dihasilkan terutama pada kadar air.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik DIY, 2008, Sensus Pertanian, Yogyakarta B. No Title.
2. Santoso S, Soekendarsi E, Hassan MS, , F, Litaay M, Priosambodo D. Biopori Dan Biogranul Kompos Sebagai Upaya Peningkatan Peduli Lingkungan Di Sman 4 Kabupaten Soppeng. J Pengabdi Masy Univ Merdeka Malang. 2019;3(0):1–5.
3. Putri MSA, Syakbanah NL, Affandy NA, Nabilah S, Arismaya ARPA. Socialize the Biopore Modification and Utilization as a Composting Media and Disaster Mitigation Efforts in Blawi Village, Karangbinangun, Lamongan. ABDIMAS J Pengabdi Masy. 2022;5(2):2472–8.
4. Kumar V, Chaplot B, Omar PJ, Mishra S, Azamathulla HM. Experimental study on infiltration pattern: opportunities for sustainable management in the Northern region of India. Water Sci Technol. 2021;84(10–11):2675–85.
5. Hutapea S, Aziz R. Waste Management with the Technology of Biopore Hole Absorption (LRB) Based on Biochar in Medan, Indonesia. IOSR J Environ Sci [Internet]. 2018;12(2):77–82. Available from: www.iosrjournals.org
6. Putri RD, Haes PE, Sanjaya IGEKA, Ayu IDA, Sukmarini G, W IDGA, et al. TEKNOLOGI BIOPORI DALAM PENGELOLAAN SAMPAI ORGANIK DI DESA CAU BELAYU , TABANAN BALI Universitas Pendidikan Nasional PENDAHULUAN Desa Cau Belayu berlokasi di kecamatan Marga , Kabupaten Tabanan merupakan daerah dengan ketinggian 500- 700m diatas permukaan. 2022;3(2):280–6.
7. Nileshwari Y, Pandagale VP, Madhuri G, Khambalkar VP. Research Article MEASUREMENT OF INFILTRATION ON DIFFERENT LAND COVERS. 2016;8(51):2299–302.
8. Mahapatra S, Jha MK, Biswal S, Senapati D. Assessing Variability of Infiltration Characteristics and Reliability of Infiltration Models in a Tropical Sub-humid Region of India. Sci Rep. 2020;10(1):1–18.
9. Salim N. Study of Use of Biopory Hole for Flood Management in Housing Area (Case Study of Permata Indah Housing , Jember Regency). 2021;6(12):37–44.
10. Alberto I. J. Vich, 2013, Adjustment of Infiltration Models in Poorly Developed Soils,

Open Journal of Modern Hydrology, Vol. 3 8-14. No Title.

11. Murti Juliandari, dkk, 2013,Efektivitas Lubang Resapan Biopori terhadap Laju Resapan (Infiltrasi), Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah.
12. Habibiyah, 2016, Pengaruh Jenis Sampah, Variasi Umur Sampah Terhadap Laju Infiltrasi Lubang Resapan Biopori (LRB), Jurnal Wahana Tri Dharma Perguruan Tinggi, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya Volume 66, Nomor 1.
13. Yusuf Maulana, Annand (2017) Studi Laju Infiltrasi Air Lindi Pada Timbunan Sampah Organik Yang Berbasis Sanitary Landfill. thesis, e-print, Universitas Brawijaya.
14. Atanu Mukherjee, et al, 2020, Impacts of Organic and Conventional Management on the Nutritional Level of Vegetables, Sustainability,MDPI Journals, Volume 12,Issue 21.
15. E. C. Brevik, and T. J. Sauer, 2014,The past, present, and future of soils and human health studies,SOIL Discuss,1, 51-80.