

VARIABILITAS KARAKTERISTIK BIOLOGI TANAH PADA LAHAN KERING SUBOPTIMAL

Variability of Soil Biological Properties in Suboptimal Dry Land

Fahrizal Hazra*, Latief Mahir Rachman

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor

*Penulis korespondensi: fhazra2011@yahoo.com

Abstract

Prominent problems in suboptimal land are often only related to the chemical and physical properties of the soil such as low soil pH, available nutrients and the ability of the soil to supply available water. Assessment of soil biological characteristics is needed to look at soil problems on dry land more comprehensively. The purpose of this study was to conduct a preliminary study of the variability of soil biological characteristics in suboptimal dry land. This study was carried out with a field survey accompanied by soil sampling using a composite method in 24 land locations which are the centers of development of the Department of Agriculture commodity development in five districts in Central Java Province that were randomly selected. In addition to soil organic matter, soil biological characteristic studied was the total number of soil microorganisms. The results of the study on both potato and sweet potato commodity lands showed there were intervals of the number of soil microorganisms, namely 1.83×10^5 - 1.63×10^6 CFU g^{-1} of soil and 3.90×10^5 - 1.10×10^6 CFU g^{-1} of soil. While the interval of soil respiration value is 4.80 - 10.97 mg C-CO₂ kg^{-1} of soil day^{-1} for potato commodity land and 5.31 - 10.80 mg C-CO₂ kg^{-1} of soil day^{-1} for sweet potato land. There was no strong correlation between the number of soil microorganisms and soil respiration, which was indicated by a correlation value of 0.29. The biological characteristics of the soil varied greatly, and they did not affect the type of commodity or location.

Keywords : *number of soil microorganisms, suboptimal land, soil quality, soil respiration*

Pendahuluan

Indonesia terus berupaya meningkatkan kesejahteraan rakyat, salah satunya melalui terpenuhi kebutuhan pangannya. Hal ini dapat diwujudkan melalui program swasembada pangan. Program tersebut perlu didukung dengan perbaikan kualitas lahan. Saat ini masih banyak potensi lahan kering, terutama lahan kering suboptimal, yang masih belum diusahakan secara maksimal (Rachman, 2019). Banyak faktor yang perlu diperhatikan untuk memaksimalkan potensi lahan kering. Untuk sifat fisik tanah diantaranya dengan mengkondisikan aerasi tanah dan ketersediaan air yang memadai untuk menunjang kebutuhan pertumbuhan tanaman. Untuk sifat kimia dan kesuburan tanah diantaranya melalui upaya

perbaikan pH tanah, ketersediaan hara di dalam tanah dan modifikasi transfer hara dari tanah ke tanaman. Namun saat ini sifat biologi tanah masih kurang diperhatikan dan diupayakan untuk memaksimalkan potensi lahan (Butan *et al.*, 2017; Chahal dan Van Eerd, 2019). Salah satu hal yang penting untuk mengupayakan karakteristik biologi tanah dengan cara memantau jumlah mikroorganisme di dalam tanah dan respirasi tanah (Nunez *et al.*, 2019) untuk mengukur pergerakan C (karbon) serta melihat aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan kajian awal tentang variabilitas karakteristik biologi tanah pada lahan kering suboptimal, khususnya pada lahan komoditas yang diproduksi di dalam tanah yaitu kentang

(sebagai tanaman hortikultura) dan ubi jalar (sebagai tanaman pangan).

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei-Agustus 2019, merupakan bagian penelitian dari rangkaian penelitian yang sudah terprogram. Penelitian dilakukan dengan cara survei lapang disertai pengambilan sampel tanah dengan menggunakan metode komposit. Untuk menjaga metabolisme selnya dari mikroorganisme di dalam tanah tetap baik, sampel tanah disimpan dalam *cool box* selama dalam perjalanan sebelum dianalisa di

laboratorium. Setiap sampel tanah diambil sebanyak lebih kurang 250 g secara acak dari 5 titik yang berbeda digabungkan menjadi satu sampel tanah. Lokasi pengambilan sampel tanah secara komposit pada lahan sentra komoditas kentang (tanaman hortikultura) dipilih secara acak yang tersebar di 12 desa dari 3 kabupaten (Temanggung, Wonosobo, Banjarnegara) berikut dengan elevasi (dpl = di atas permukaan laut) nya dari masing masing lokasi (lihat Tabel 1). Tabel 2 menunjukkan lokasi pengambilan sampel tanah secara komposit pada lahan sentra komoditas ubi jalar (tanaman pangan) yang dipilih secara acak di 12 desa dari 4 kabupaten (Temanggung, Magelang, Wonosobo, Batang) dengan elevasi (ketinggian) dari masing-masing lokasi.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah secara komposit pada lahan sentra komoditi kentang di tiga kabupaten di Jawa Tengah.

No.	Kode	Lokasi	Elevasi (m dpl)
1	TMG/K/1	Desa Campurejo, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	1652
2	TMG/K/2	Desa Wates, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	1640
3	TMG/K/3	Desa Wates, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	1603
4	TMG/K/4	Desa Kledung, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	1342
5	WSB/K/1	Desa Tiang, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	1700
6	WSB/K/2	Desa Tambi, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	1340
7	WSB/K/3	Desa Purwojiwo, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	1380
8	WSB/K/4	Desa Purwojiwo, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	1562
9	BJR/K/1	Desa Karang Tengah, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah	2046
10	BJR/K/2	Desa Dien Kulong, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah	2090
11	BJR/K/3	Desa Condong Campur, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah	1644
12	BJR/K/4	Desa Ratamba, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah	1476

Tabel 2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Secara Komposit pada Lahan Sentra Komoditi Ubi jalar di Empat Kabupaten di Jawa Tengah.

No.	KodeLokasi	Lokasi	Elevasi (m dpl)
1	TMG/U/1	Desa Bulan, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	662
2	TMG/U/2	Desa Gambasan, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	610
3	MGL/U/3	Desa Ngelengreng, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah	815
4	MGL/U/4	Desa Gesto, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah	800
5	WSB/U/1	Desa Larangan Lor, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	1206
6	WSB/U/2	Desa Sindangsari, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	977
7	WSB/U/3	Desa Simbang, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	999
8	WSB/U/4	Desa Simbang, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah	909
9	BTG/U/1	Desa Pangempon, Kabupaten Batang, Jawa Tengah	865
10	BTG/U/2	Desa Jamprang, Kabupaten Batang, Jawa Tengah	806
11	BTG/U/3	Desa Jambangan, Kabupaten Batang, Jawa Tengah	810
12	BTG/U/4	Desa Reban, Kabupaten Batang, Jawa Tengah	643

Analisis laboratorium

Penetapan jumlah total mikroorganisme dilakukan dengan metode *plate count* dengan seri pengenceran. Tanah sebanyak 10 g dilarutkan pada 90 ml larutan fisiologis (NaCl 0.85%) dengan membuat seri pengenceran tertentu. Kemudian dimasukkan ke dalam cawan pada medium *Nutrient Agar* dan diinkubasi selama 5 hari, sehingga membentuk koloni (Hazra dan Pratiwi 2013). Jumlah sel (SPK = Sel Pembentuk Koloni) dihitung dari faktor pengencerannya dikalikan dengan jumlah koloni. Jumlah koloni yang sah dapat dihitung yaitu 30-300 koloni. Akhirnya dengan perhitungan didapat jumlah total mikroorganisme per gram tanah kering (Burtan *et al.*, 2017; Nunez *et al.*, 2019). Penetapan respirasi tanah dilakukan dengan *jar method* (Bakhshandeha *et al.*, 2019). Tanah sebanyak 100 g dimasukkan kedalam wadah *jar* (toples) yang masih mempunyai ruang udara. Di sisi kiri dan kanan di dalam toples di masukkan 2 botol film berupa 10 ml air dan 5 ml 0.2 N KOH. Kemudian toples ditutup sampai kedap udara, kemudian diinkubasi pada suhu kamar 27 – 30 °C di tempat gelap selama 10 hari. Pada akhir inkubasi botol film yang berisi KOH di titrasi dengan HCl dengan dua kali penambahan indikator penolptalin dan *metil orange*. Hasil titrasi dihitung sehingga mendapatkan hasil respirasi tanah (mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹). Untuk pendukung penelitian dilakukan juga penetapan nisbah C/N dengan menghitung % C organik dengan metode *Walkley and Black*. %N-total juga dihitung berdasarkan metode rutin yaitu dengan *Kjeldahl*, serta pH tanah yang ditetapkan dengan pH meter (pH H₂O).

Uji korelasi data

Rumus Korelasi Pearson (r)

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\left(\sqrt{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}\right) \left(\sqrt{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}\right)}$$

Keterangan:

n	=	Banyaknya Pasangan data X dan Y
Σx	=	Total Jumlah dari Variabel X
Σy	=	Total Jumlah dari Variabel Y
Σx ²	=	Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X
Σy ²	=	Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y
Σxy	=	Hasil Perkalian dari Total Jumlah Variabel X dan Variabel Y

Koefisien korelasi mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel.

Korelasi linear positif (+1)

Perubahan salah satu Nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka Variabel Y akan ikut naik. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Variabel Y akan ikut turun. Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati +1 (positif Satu) berarti pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Linear Positif yang kuat/erat.

Korelasi linear negatif (-1)

Perubahan salah satu Nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka Variabel Y akan turun. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Nilai Variabel Y akan naik. Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati -1 (Negatif Satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Linear Negatif yang kuat/erat.

Tidak berkorelasi (0)

Kenaikan Nilai Variabel yang satunya kadang-kadang diikuti dengan penurunan Variabel lainnya atau kadang-kadang diikuti dengan kenaikan Variable yang lainnya. Arah hubungannya tidak teratur, kadang-kadang searah, kadang-kadang berlawanan. Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati 0 (Nol) berarti pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki korelasi yang sangat lemah atau berkemungkinan tidak berkorelasi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada sentra komoditi tanaman kentang (tanaman hortikultura berumbi) dapat dilihat pada Tabel 3, dan ubi jalar (tanaman pangan berumbi) dapat dilihat pada Tabel 4. Sebaran nilai dari jumlah mikroorganisme tanah dan respirasi tanah terlihat di semua lokasi penelitian.

Jumlah mikroorganisme

Dari semua lahan di kedua komoditi, ternyata jumlah mikroorganisme tanah paling sedikit terdapat di Desa Purwojiwo, Kabupaten

Wonosobo yaitu 1.83×10^5 SPK g^{-1} tanah dengan %C-organiknya yang juga rendah, yaitu 0.59% (lihat Tabel 3). Sedangkan jumlah total mikroorganisme yang terbanyak terdapat pada lahan kentang di Desa Karang Tengah, Kabupaten Banjarnegara yaitu 1.63×10^6 SPK g^{-1} tanah, dengan kandungan %C-organiknya juga tinggi yaitu 8.15%. Hal tersebut

menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme lebih berkaitan dengan kandungan C-organik tanah, faktor lainnya seperti pada elevasi lokasi yang makin tinggi (suhu menjadi menurun), tidak menunjukkan perkembangan mikroorganisme tanah menjadi relatif terhambat pertumbuhannya.

Tabel 3. Karakteristik biologi tanah serta nisbah C/N dan pH di sentra lahan kentang.

No	Kode Lokasi	Jumlah Mikroorganisme Tanah [SPK g^{-1} tanah ($\times 10^5$)]	Respirasi Tanah (mg C-CO ₂ kg^{-1} tanah hari ⁻¹)	pH Tanah	C-Organik (%)	N-Total (%)	Nisbah C/N
1	TMG/K/1	8.30	4.80	7.02	2.56	0.36	7.11
2	TMG/K/2	4.15	8.40	6.64	3.50	0.29	12.06
3	TMG/K/3	6.58	9.26	7.18	4.38	0.36	12.16
4	TMG/K/4	2.23	6.51	6.53	3.81	0.32	11.90
5	WSB/K/1	9.08	10.29	5.92	7.59	0.45	16.86
6	WSB/K/2	13.40	7.54	6.21	4.76	0.43	11.06
7	WSB/K/3	6.25	7.20	6.78	3.93	0.40	9.82
8	WSB/K/4	1.83	7.37	7.07	0.59	0.40	1.47
9	BJR/K/1	16.28	10.46	7.00	8.15	0.40	20.37
10	BJR/K/2	5.43	9.60	5.78	4.06	0.44	9.22
11	BJR/K/3	9.50	10.97	5.48	4.92	0.41	12.00
12	BJR/K/4	4.85	8.74	6.41	0.98	0.49	2.00

Keterangan: SPK= Satuan Pembentuk Koloni; mg C-CO₂= Jumlah C (mg) dalam CO₂.

Tabel 4. Karakteristik biologi tanah serta nisbah C/N dan pH di sentra lahan ubi jalar.

No	Kode Lokasi	Jumlah Mikroorganisme Tanah [SPK g^{-1} tanah ($\times 10^5$)]	Respirasi Tanah (mg C-CO ₂ kg^{-1} tanah hari ⁻¹)	pH Tanah	C-Organik (%)	N-Total (%)	Nisbah C/N
1	TMG/U/1	10.95	8.06	5.63	6.64	0.40	16.60
2	TMG/U/2	5.25	6.69	6.59	1.46	0.23	6.34
3	MGL/U/3	4.15	5.31	6.02	1.99	0.31	6.41
4	MGL/U/4	10.93	7.54	5.63	3.53	0.40	8.83
5	WSB/U/1	9.50	10.80	6.54	3.56	0.37	9.62
6	WSB/U/2	7.30	8.06	6.55	2.29	0.29	7.89
7	WSB/U/3	4.35	7.37	6.05	6.28	0.36	17.44
8	WSB/U/4	5.70	9.60	6.46	3.71	0.33	11.24
9	BTG/U/1	4.48	8.23	6.27	2.23	0.21	10.61
10	BTG/U/2	3.90	8.23	6.42	2.71	0.27	10.03
11	BTG/U/3	6.73	5.31	5.72	3.70	0.27	13.70
12	BTG/U/4	4.95	8.06	5.67	2.42	0.15	16.13

Keterangan: SPK= Satuan Pembentuk Koloni; mg C-CO₂= Jumlah C (mg) dalam CO₂.

Menurut Ali *et al* (2018), pemanasan iklim menyebabkan perubahan jumlah mikroorganisme tanah dan C-organik, walau kenyataannya tidak jelas terjadi perubahan total mikroorganisme pada lahan yang kandungan C-

organik yang bervariasi yang diakibatkan perubahan temperatur. Chahal dan Van Eerd (2019) juga menambahkan bahwa mengukur kualitas tanah dari hasil jumlah total mikroorganisme tanah di wilayah produksi

berkomoditi harus pada kondisi iklim yang sama. Pada lahan yang jumlah mikroorganismenya rendah juga ditandai dengan proses dekomposisi bahan organik sudah relatif menurun dengan kandungan %C-organiknya 0.59% yang sangat rendah (BPT, 2009), juga nisbah C/N nya nilainya hanya 1.47. Sedangkan pada lahan yang jumlah mikroorganisme paling tinggi ternyata kandungan %C-organiknya sangat tinggi juga mencapai 8.15% (BPT 2009). Menurut Morales *et al.* (2016), aplikasi kotoran hewan yang sering diberikan dalam pemupukan akan meningkatkan jumlah total mikroorganisme tanah dan aktivitasnya di dalam tanah dan juga meningkatkan %C-organik tanah. Sedangkan aplikasi urea yang terlalu sering dalam pemupukan akan berdampak negatif terhadap indikator aktivitas mikroorganisme tanah dan menurunkan juga %C-organik yaitu bahan organik tanah (Morales *et al.*, 2016). Xiao *et al.* (2017) berpendapat bahwa sangat sedikit yang diketahui tentang jumlah total mikroorganisme tanah yang dikaitkan dengan erosi tanah, tapi semua itu disebabkan oleh keberadaan yang terus menerus dari bahan organik tanah di lahan tersebut. Pendapat tambahan dari Huang *et al.* (2018), bahwa kekeringan lahan dapat mengurangi jumlah total mikroorganisme tanah dan aktivitasnya, sehingga proses dekomposisi bahan organik menjadi terhambat.

Respirasi tanah

Hasil penelitian tentang aktivitas mikroorganisme tanah yang dilihat dari nilai respirasi tanah yang terendah pada lahan kentang terdapat di Desa Campurejo, Kabupaten Temanggung, yaitu 4.80 mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹. Sedangkan pada lahan ubi jalar terdapat di Desa Ngelengreng, Kabupaten Magelang, yaitu 5.31 mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹. Diperlukan berbagai upaya untuk meningkatkan nilainya. Di kedua lokasi lahan tersebut ternyata kandungan C-organiknya relatif sedang (BPT, 2009), yaitu 2.56% dan 1.99%. Menurut Xu dan Shang (2016) proses respirasi tanah sangat berkorelasi dengan keberadaan C-organik dan N-total di dalam tanah. Ternyata kandungan N-totalnya pada kedua lahan itu masing-masing 0.36% dan 0.31%, yang tergolong sedang (BPT, 2009). Menurut He *et al.* (2018) dan Alfaro *et al.* (2018), penambahan pupuk N saja relatif tidak menyebabkan kenaikan nilai respirasi tanah,

jadi harus diikutkan penambahan bahan organik supaya nilai respirasi tanah meningkat. Untuk nilai respirasi tanah yang cukup tinggi dari penelitian ini untuk lahan kentang terdapat di Desa Condong Campur, Kabupaten Banjarnegara 10.97 mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹ dan untuk lahan ubi jalar terdapat di di Desa Larangan Lor, Kabupaten Wonosobo yang nilainya 0.80 mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹. Elevasi (ketinggian) kedua desa tersebut juga di atas 1200 m dpl yang tergolong relatif dingin. Menurut Makita dan Kawamura (2015) bahwa sensitifitas suhu pada proses respirasi mikroorganisme tanah menunjukkan pola yang berbeda beda sesuai musimnya. Penyesuaian suhu tergantung dari adaptasi mikroba dekomposer yang melakukan proses respirasi tanah (Makita dan Kawamura, 2015; Ali *et al.*, 2018). Morillas *et al.* (2017) menambahkan bahwa suhu relatif tidak berpengaruh pada lepasnya CO₂ pada respirasi tanah. Proses respirasi tanah adalah proses metabolisme sel yang berarti ada proses enzimatik, dimana keberadaan enzim dan substratnya sangat penting untuk dipelajari lebih lanjut. Menurut Loepmann *et al.* (2016) kualitas substrat seperti bahan organik akan mempengaruhi mikroorganisme di dalam tanah dengan mengaktifkan enzimnya di sekitar perakaran tanaman, sehingga ini salah satu penyebab nilai respirasi tanah yang cukup tinggi. Respirasi tanah dipengaruhi proses pengeringan dan pembasahan lahan, pada lahan yang sering dikeringkan akan menyebabkan aktifitas mikroorganisme tanah berkurang, sehingga nilai respirasi tanah menurun (Morillas *et al.*, 2017).

Sebaran dan variabilitas jumlah mikroorganisme dan respirasi tanah

Dari hasil penelitian karakteristik biologi tanah (jumlah mikroorganisme tanah dan respirasi tanah) terlihat datanya sangat bervariasi, tidak terpengaruh oleh jenis komoditas maupun lokasi sehingga variabilitas nilai ini bisa menjadi data acuan untuk penelitian lanjut dan penelitian kualitas tanah dari karakteristik biologi tanah. Hal ini diperkuat oleh Pan *et al.* (2016), bahwa untuk mendapatkan data yang akurat tentang jumlah mikroorganisme tanah dan respirasi tanah harus dilakukan pengukuran rutin dari beberapa musim tanam di lahan tersebut. Jiana *et al.* (2018) menambahkan bahwa nilai respirasi tanah berfluktuasi setiap hari dan di setiap

musim, oleh karena itu menjadi penting waktu pengukuran perharinya dan bisa diukur dalam tahunan.

Korelasi jumlah mikroorganisme tanah dan respirasi tanah dengan faktor C, N, C/N dan pH tanah

Uji korelasi jumlah mikroorganisme tanah dan respirasi tanah dengan faktor C, N, C/N dan pH tanah menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme tanah paling berkorelasi

dengan kandungan N total tanah (lihat Tabel 5) dengan nilai korelasi 0.66. Korelasi jumlah organisme tanah dengan faktor lain, yaitu 0.42 terhadap C serta lebih rendah lagi terhadap pH dan C/N. Sedangkan nilai korelasi tertinggi untuk respirasi tanah yaitu terhadap pH, meskipun nilai korelasinya hanya 0.42. Tidak terdapat korelasi yang tinggi antara jumlah mikroorganisme tanah dengan respirasi tanah, yang ditunjukkan dengan nilai korelasi hanya 0.29.

Tabel 5. Hasil uji korelasi jumlah mikroorganisme tanah (JMO) dan respirasi tanah (RT) terhadap C, N, nisbah C/N, dan pH tanah.

	JMO	RT	pH	C	N	C/N
JMO	1					
RT	0.29	1				
pH	-0.33	0.42	1			
C	0.42	0.15	-0.43	1		
N	0.66	0.2	-0.13	0.67	1	
C/N	0.06	0.08	-0.57	0.75	0.05	1

Kesimpulan

Variabilitas karakteristik biologi tanah, yaitu jumlah total mikroorganisme tanah dan respirasi tanah, cukup tinggi serta tidak dipengaruhi oleh jenis komoditas maupun lokasi lahan. Tidak terdapat korelasi yang baik antara jumlah mikroorganisme tanah dengan respirasi tanah, yang ditunjukkan dengan nilai korelasi hanya 0.29. Korelasi tertinggi jumlah mikro organisme tanah diperoleh dengan N total (nilai korelasi 0.66). Sedangkan korelasi tertinggi respirasi tanah diperoleh dengan pH (nilai korelasi 0.42).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan melalui skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi.

Daftar Pustaka

Alfaro, M., Dube, F. and Zagal, E. 2018. Soil quality indicators in an Andisols under different tree covers in disturbed Nothofagus forests. *Chilean Journal of Agricultural Research* 78 (1): 106-116.
 Ali, R.S., Poll, C. and Kandeler, E. 2018. Dynamics soil respiration and microbial communities:

interactive controls of temperature and substrate quality. *Soil Biology and Biochemistry* 127: 60-70.
 Bakhshandeha, E., Francaviglia, R. and Renzi, G. 2019. A cost and time-effective method to evaluate soil microbial respiration for soil quality assessment. *Applied Soil Ecology* 140: 121-125.
 BPT. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor, ID. 234 hal.
 Burtan, L., Lacatusu, A.R. and Preda, C. 2017. Assessment of soil quality in conservative agriculture systems versus conventional agriculture. *Lucrări Științifice – seria Agronomie* 60(1): 79 – 84.
 Chahal, I. and Van Eerd, L. 2019. Quantifying soil quality in a horticultural-cover cropping system. *Geoderma* 352: 38-48.
 Hazra, F. and Pratiwi, E. 2013. Isolation, characterization, molecular identification of phosphate solubilizing bacteria from several tropical soils. *Journal of Tropical soils* 18(1): 67-74.
 He, Y., Qi, Y., Donga, Y., Peng, Q., Guo, S., Yan, Z., Li, Z. and Wang, L. 2018. Effects of changing C and N availability on soil respiration dynamics in a temperate grassland in Northern China. *Geoderma* 329: 20-26.
 Huang, S., Yeb, G., Linb, J., Chenc, K., Xua, X., Ruana, H., Tanb, F. and Chene, H.Y.H. 2018. Autotrophic and heterotrophic soil respiration

- responds asymmetrically to drought in a subtropical forest in the Southeast China. *Soil Biology and Biochemistry* 123: 242-249.
- Jiana, J., Steela, M.K., Day, S.D., Thomas, R.Q. and Hodges, S.C. 2018. Measurement strategies to account for soil respiration temporal heterogeneity across diverse regions. *Soil Biology and Biochemistry* 125: 167-177.
- Loeppmann, S., Semenov, M., Blagodatskaya, E. and Kuzyakov, Y. 2016. Substrate quality affects microbial- and enzyme activities in rooted soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 179: 39– 47.
- Makita, N. and Kawamura, A. 2015. Temperature sensitivity of microbial respiration of fine root litter in a tempered broad-leaved forest. *Plos One* 6: 1-15.
- Morales, D., Vargas, M.M., Pottes de Oliveira, M., Taffe, B.L., Comin, J., Soares, C.R. and Lovato, P. 2016. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. *Ciência Rural, Santa Maria* 46 (2): 260-266.
- Morillas, L., Roales, J., Estrada, M.P. and Gallardo, A. 2017. Wetting-drying cycles influence on soil sespiration in two mediterranean ecosystems. *European Journal of Soil Biology* 82: 10-16.
- Nunez, R.A.V., Garcia, J.C.R. and Ruiz, W.F.R. 2019. Microbiological indicators of tropical soils quality in ecosystems of the north-east area of Peru. *Scientia Agropecuaria* 10(2): 217 – 227.
- Pan, Z., Wei, Z., Ma, L. and Rong, Y. 2016. Effects of various stocking rates on grassland soil respiration during the non-growing season. *Acta Ecologica Sinica* 36: 411-416.
- Rachman, L.M. 2019. Karakteristik dan variabilitas sifat-sifat fisik tanah dan evaluasi kualitas fisik tanah pada lahan suboptimal. dipresentasikan pada Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019, Palembang 4-5 September 2019.
- Xiao, H., Li, Z., Chang, X., Huang, J., Nie, X., Liu, C., Liu, L., Wang, D., Dong, Y. and Jiang, J. 2017. Soil erosion-related dynamics of soil bacterial communities and microbial respiration. *Applied Soil Ecology* 119: 205-213.
- Xu, M. and Shang, H. 2016. Contribution of soil respiration to the global carbon equation. *Journal of Plant Phisiology* 230: 16-28.

halaman ini sengaja dikosongkan