

Pengaruh Biochar Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi terhadap Sifat Kimia dan Total Populasi Bakteri pada Tanah Ultisol

The Effect Of Corn Cob Biochar And Cow Manure On Chemical Properties And Total Bacteria Population In Ultisol Soil

Rendy Ahmad Lubis^{1*}, Zuraida Titin Mariana², Noor Aidawati³

¹ Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia.

² Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia.

³ Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia.

*e-mail pengarang korespondensi: rendyahmadlubis@gmail.com

Diterima: 19 April 2024; Diperbaiki: 18 Juni 2024; Disetujui: 12 Juli 2024

How to Cite: Lubis, R.A., Mariana, Z.T., & Aidawati, N. (2024). Pengaruh Biochar Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi terhadap Sifat Kimia dan Total Populasi Bakteri pada Tanah Ultisol. *Agroekotek View*, Vol. 7 (No. 2), halaman 1-13.

ABSTRACT

The characteristics of Ultisols in Kalimantan are acidic soil pH ($\text{pH} < 5$), high Al saturation and low organic matter content. The application of organic matter into the soil can improve the chemical properties of Ultisols. It is hoped that the provision of biochar corn cobs can be an alternative to improve the soil properties of Ultisols. This study aims to determine the effect of corn cob biochar and cow manure on pH, CEC, Al-dd concentration, and the total population of bacteria in Ultisol soil. This study used a single factor completely randomized design (CRD) consisting of 10 treatment levels (K= control, A1 = Biochar 2 tons h^{-1} , A2 = Biochar 4 tons h^{-1} , A3 = Biochar 6 tons h^{-1} , A4 = Cow manure 2 tons h^{-1} , A5 = Cow manure 4 tons h^{-1} , A6 = Cow manure 6 tons h^{-1} , A7 = Biochar 2 tons h^{-1} + Cow manure 1 ton h^{-1} , A8 = Biochar 4 tons h^{-1} + Cow manure 1 ton h^{-1} , A9 = Biochar 6 tons h^{-1} + Cow manure 1 ton h^{-1} . Each treatment with 3 replications. The results showed that the effect of biochar and cow manure had a significant effect on pH, Al-dd concentration, CEC and total bacterial population in Ultisol soil. Biochar treatment with a dose of 6 ton ha^{-1} is the best treatment to increase pH, CEC and decrease Al-dd. The highest total bacterial population was obtained by biochar treatment dose 6 ton ha^{-1} + cow manure 1 ton ha^{-1} .

Copyright ©2024 Agroekotek View. All rights reserved.

Keywords:

Biochar; Corn cob; Cow manure; Ultisol; Bacteria

Pendahuluan

Sebagai negara agraris Indonesia mempunyai modal potensial berupa lahan pertanian yang luas untuk menghasilkan pangan yang cukup. Perubahan alih fungsi lahan yang terus meningkat berkisar 132.000 ha pertahun merupakan salah satu pemacu dalam upaya pengembangan produksi pangan nasional melalui peningkatan produktivitas lahan sub optimal (Agus dan Irawan, 2006). Lahan sub optimal yang paling luas sebarannya adalah lahan kering, yaitu sekitar 122,1 juta ha yang terdiri dari lahan

kering masam seluas 108,8 juta ha dan lahan kering iklim kering seluas 13,3 juta ha (Mulyani dan Sarwani, 2013).

Kalimantan pada umumnya di dominasi oleh lahan kering masam dengan jenis tanah Ultisol. Prasetyo dan Suriadikarta (2006), mengatakan pada umumnya kendala yang ditemukan di tanah Ultisol yaitu kemasaman tanah tinggi dengan pH tanah rata-rata rendah <5 , kejenuhan Al tinggi sehingga dapat meracuni tanaman, kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca, Mg dan kandungan bahan organik rendah. Tanah Ultisol di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur pada umumnya mempunyai nilai KTK (kapasitas tukar kation) tanah $<18 \text{ cmol kg}^{-1}$ dengan kejenuhan Al 33-95% (Gusnidar *et al.*, 2019).

Program intensifikasi tanaman pangan akan mengakibatkan berkurangnya produktivitas lahan apabila perhatian terhadap pemanfaatan bahan-bahan organik diabaikan jika hanya menggunakan pupuk kimia untuk jangka panjang. Produksi pertanian tersebut akan berdampak pada penurunan kualitas lahan karena keseimbangan unsur hara di dalam tanah terganggu. Di sisi lain peningkatan penggunaan pupuk kimia secara berlebih dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Adapun aspek biofisik lahan yang menjadi kendala penting sistem pertanian di lahan kering tropis adalah kualitas kesuburan tanah yang rendah, antara lain dicirikan oleh kandungan bahan organik tanah dan retensi hara yang rendah.

Bahan organik di dalam tanah menjadi indikator penting kualitas tanah untuk meningkatkan kemampuan lahan yang mengalami degradasi, dengan prioritas peningkatan status dari bahan-bahan organik. Kadar bahan organik tanah pada waktu tertentu ditentukan oleh keseimbangan antara penambahan bahan organik dan kehilangan melalui dekomposisi atau pencucian, yang selanjutnya dapat menunjukkan terjadinya penurunan (degradasi) atau peningkatan (aggradasi), baik secara keseluruhan maupun hanya sebagian dari simpanan bahan organik tanah (Wander *et al.*, 1994). Dalam peningkatan kualitas tanah usaha yang umum diterapkan dengan cara memanfaatkan sisa tanaman secara in situ sebagai salah satu sumber bahan organik tanah. Selain itu tanah dikatakan subur jika memiliki keragaman hayati yang tinggi, yang berperan untuk mengetahui jumlah biomassa mikroorganisme dalam pendugaan populasi mikroorganisme tanah dengan memperhatikan status bahan organik serta sistem olah tanah.

Pengaruh iklim tropis di Indonesia menjadikan manfaat dari dekomposisi bahan-bahan organik sebagai amelioran tanah tidak bertahan lama. Pada lingkungan tropis, manfaat perubahan bahan organik berlangsung singkat yaitu satu sampai dua musim tanam saja, karena proses oksidasi ataupun mineralisasi bahan organik berlangsung cepat. Kadar senyawa Karbon organik yang dapat bertahan di dalam tanah sangat kecil karena sebagian besar dilepaskan dalam bentuk CO_2 ke atmosfer dan tercuci karena pengaruh erosi. Tanah yang miskin C-organik mempunyai kemampuan penyangga (*buffering capacity*) rendah sehingga unsur hara tanah yang ditambahkan dalam bahan pupuk menjadi semakin rentan terhadap proses pencucian dan efisiensi pemupukan menjadi rendah. Kondisi seperti ini menyebabkan kesuburan tanah menjadi berkurang dan akan berdampak terhadap penurunan produktivitas tanaman dari keseluruhan luas produksi tanaman budidaya jika tidak dikelola dengan baik.

Penggunaan pupuk kandang, kompos, dan biomassa lainnya sebagai amelioran dari bahan-bahan organik sudah sejak lama digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah. Salah satu bahan organik berupa pupuk kandang yang umum diaplikasikan membutuhkan takaran dan intensitas pemberian yang sangat tinggi. Bagi para petani, penambahan pupuk kandang dalam jumlah besar setiap musim tanam kerap kali tidak rasional dan sulit diterapkan oleh petani di lahan kering. Pemanfaatan dosis yang

sangat tinggi sekitar kurang lebih 15 ton ha⁻¹ kotoran sapi dan 17,5 ton ha⁻¹ biomassa flemingia, merupakan jumlah yang cukup besar dan sangat sulit dalam penyediaannya (Kurnia, 1996; Nurida *et al.*, 2010).

Pengelolaan limbah tongkol jagung yang melimpah sebagai produk samping merupakan peluang dalam skala yang luas. Sejauh ini pemanfaatan limbah tongkol jagung hanya untuk bahan baku pembuatan briket menjadi bahan bakar atau dijadikan kerajinan tangan. Upaya tersebut dalam jangka panjang belum sepenuhnya mengatasi masalah pengelolaan limbah dari sisa tanaman hasil pertanian secara maksimal baik pada skala usaha mandiri maupun konvensional. Teknik untuk mengatasi permasalahan mengelola produk akhir dari limbah tongkol jagung harus terus dikembangkan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pemanfaatannya.

Beberapa dekade terakhir telah berkembang di beberapa negara pemanfaatan biochar dari limbah pertanian sebagai salah satu alternatif bahan pembenah tanah. Dahulu penduduk asli di sekitar Basin Amazon mencoba menggunakan *charcoal* (arang) yang diberikan ke dalam tanah. Menurut beberapa hasil penelitian sampai saat ini terbukti jika kualitas tanah tersebut tergolong sangat baik dibandingkan dengan tanah di luar kawasan wilayah tersebut (Steiner *et al.*, 2008). Biochar mampu bertahan lama di dalam tanah atau relatif resisten terhadap perombakan oleh mikroorganisme, karena proses dekomposisinya berjalan lambat (Tang *et al.*, 2013). Manfaat biochar antara lain dapat meretensi suplai air dan bahan organik, meningkatkan maupun menurunkan pH tanah yang sesuai untuk produksi pertanian, meningkatkan KTK tanah, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan hara (Sujana *et al.*, 2014).

Biochar tongkol jagung memiliki potensi yang mampu meningkatkan kualitas lahan-lahan sub optimal yang terdegradasi sebagai bahan amelioran. Septiana (2017), menunjukkan biochar yang berasal dari biomassa tongkol jagung memiliki kadar C sangat tinggi dibandingkan dengan kadar C yang berasal dari sekam padi. Oleh karena itu biochar dapat menjadi pembenah tanah alternatif yang potensial untuk memperbaiki kualitas lahan yang telah terdegradasi khususnya di lahan-lahan sub optimal. Selain memerlukan dosis yang lebih rendah juga dapat meningkatkan konservasi bahan organik tanah dan menekan emisi CO₂ (Subowo, 2010). Pemberian biochar diharapkan mampu memperbaiki kualitas tanah khususnya dalam pengelolaan lahan kering masam seperti tanah Ultisol.

Bahan dan Metode

Penelitian ini merupakan percobaan rumah kaca dan laboratorium. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktor tunggal meliputi 10 taraf perlakuan yang diulang sebanyak 3 (tiga) ulangan. Sehingga diperoleh 30 satuan percobaan yang terdiri dari beberapa variasi dosis perlakuan, yaitu: K = Tanah tanpa perlakuan (kontrol); A₁ = Biochar 2 ton h⁻¹; A₂ = Biochar 4 ton h⁻¹; A₃ = Biochar 6 ton h⁻¹; A₄ = Kotoran Sapi 2 ton h⁻¹; A₅ = Kotoran Sapi 4 ton h⁻¹; A₆ = Kotoran Sapi 6 ton h⁻¹; A₇ = Biochar 2 ton h⁻¹ + Kotoran Sapi 1 ton h⁻¹; A₈ = Biochar 4 ton h⁻¹ + Kotoran Sapi 1 ton h⁻¹; A₉ = Biochar 6 ton h⁻¹ + Kotoran Sapi 1 ton h⁻¹.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan proses pengambilan tanah terganggu di lapangan yang pertama dilakukan untuk kebutuhan pengamatan analisis pendahuluan meliputi pH, kapasitas lapang tanah, serta total populasi bakteri tanah sebelum pelaksanaan penelitian. Selanjutnya tanah yang terganggu diambil dari lapangan pada lapisan *topsoil* (0-20 cm) lalu dikering-anginkan dan diayak agar seragam seukuran sama dengan ± 2 mm. Tanah yang diayak kemudian ditentukan kapasitas lapang serta kadar air tanahnya untuk menentukan jumlah berat tanah yang dimasukkan ke dalam ember setara dengan 2 kg berat tanah kering oven (BTKO). Selanjutnya ember

tersebut disusun di rumah kaca secara acak sesuai dengan bagan tata letak penelitian. Langkah selanjutnya limbah tongkol jagung di pirolisis menggunakan alat *retort kiln* yang telah dimodifikasi dengan suhu rata-rata 350°C. Kemudian dihaluskan lalu diayak agar berukuran sama dengan ± 60 mesh.

Proses inkubasi di rumah kaca dilakukan dengan cara mencampur tanah dengan masing-masing dosis perlakuan biochar dan kotoran sapi hingga homogen dengan tanah ke dalam ember. Tanah yang sudah diberi masing-masing perlakuan kemudian ditambahkan aquades dengan kapasitas lapang tanah 70% lalu diinkubasi selama 4 minggu. Penimbangan massa tanah pada ember dikerjakan sekali per 2 hari untuk mengamati kondisi massa air dalam ember agar tetap dalam kondisi kapasitas lapang, tidak mengalami kekeringan ataupun tergenang. Setelah selesai inkubasi, selanjutnya tanah yang terganggu diambil secara langsung dan dimasukkan ke dalam plastik dari masing-masing perlakuan untuk kebutuhan analisis laboratorium. Pengambilan sampel tanah setelah inkubasi sebanyak 250 gr dari masing-masing perlakuan digunakan untuk pengujian variabel pengamatan sifat kimia tanah. Dari masing-masing sampel tanah ulangan tersebut kemudian selanjutnya dianalisis total populasi bakteri tanahnya di laboratorium.

Pengamatan terhadap parameter peubah dilakukan setelah 4 minggu inkubasi di rumah kaca. Variabel-variabel yang diamati meliputi reaksi tanah (pH), kandungan Al-dd, KTK tanah, dan total populasi bakteri. Data dari hasil selama pengamatan dianalisis kehomogenan ragamnya dengan menggunakan uji Barlett. Jika data tersebut memiliki sebaran yang homogen maka selanjutnya data dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA), tetapi jika data tersebut masih tidak homogen, data akan ditransformasi hingga data menjadi homogen kemudian dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA). Analisis ragam dilakukan terhadap hasil dari data pengamatan pada uji F-hitung, jika di antara perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata, maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf $\alpha = 5\%$ atau 1% untuk seluruh parameter yang telah diamati.

Hasil dan Pembahasan

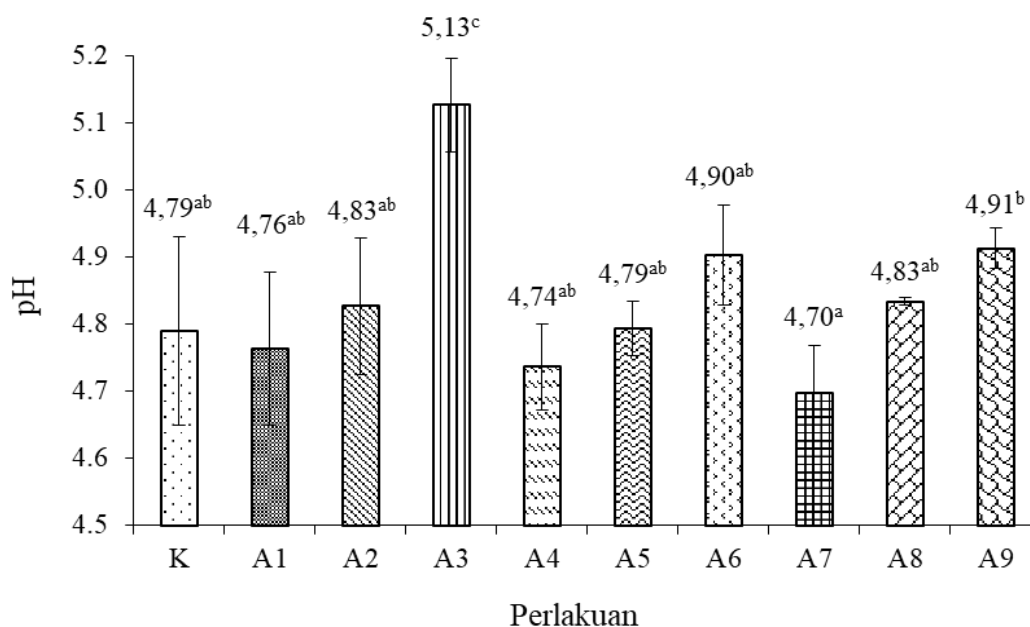
Reaksi Tanah (pH)

Pemberian biochar serta kotoran sapi menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap pH tanah. Pengamatan pH tanah berada pada kisaran 4,62 sampai dengan 5,20 yang menandakan bahwa tanah berada pada kategori masam. Pengaruh pemberian biochar terhadap tanah Ultisol dosis 6 ton ha⁻¹ lebih mampu meningkatkan pH tanah dibandingkan perlakuan lain (Gambar 1). Peningkatan pH secara berurutan biochar > kotoran sapi > campuran > kontrol. Adapun nilai yang diperoleh dari peningkatan pH yang diamati mulai dari 4,70 (perlakuan A7) dan yang tertinggi 5,13 (perlakuan A3). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Mensah dan Frimpong (2018), di mana pemberian biochar dengan dosis 2% dari berat tanah yang digunakan memberikan peningkatan pH paling besar dibandingkan pemberian kompos maupun kombinasi kedua bahan tersebut. Pada hasil penelitian Chintala *et al.* (2014), pemberian biochar berupa tongkol jagung dapat meningkatkan pH pada tanah Ultisol dari 4,78 menjadi 6,81.

Pemberian kotoran sapi sebagai perlakuan tunggal maupun perlakuan campuran kedua bahan amelioran juga mampu meningkatkan reaksi pH tanah. Nilai pH tanah tertinggi yaitu 4,90 dengan dosis 6 ton ha⁻¹ kotoran sapi (perlakuan A6) dan 4,91 dengan dosis 6 ton ha⁻¹ biochar + 1 ton ha⁻¹ kotoran sapi (perlakuan A9) meskipun tidak berpengaruh signifikan terhadap perlakuan kontrol. Perlakuan tersebut menunjukkan pemberian amelioran berupa biochar, kotoran sapi maupun campuran

antara kedua bahan tersebut dapat meningkatkan pH tanah Ultisol. Kurnia (1996) dan Nursyamsi *et al.* (1996), mengatakan pemberian bahan organik berupa kotoran sapi mampu meningkatkan pH tanah di lahan kering seperti tanah Ultisol, namun dosis efektif dari perlakuan sangatlah tinggi berkisar antara 10-20 ton ha⁻¹ pupuk kandang.

Sumber kemasaman tanah merupakan bahan atau substansi di dalam tanah yang melalui suatu proses tertentu mampu menghasilkan H⁺ dan membebaskannya ke dalam larutan tanah. Beberapa sumber kemasaman tanah meliputi bahan organik (humus), mineral-mineral liat, oksida-oksida Al dan Fe, Al³⁺ yang dapat dipertukarkan, dan garam-garam mineral yang larut. Kelarutan Aluminium di tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Tanah yang tidak diberikan amelioran (kontrol) menunjukkan pengaruh pH tanah terhadap Al-dd yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada pH 4,79. Perlakuan tunggal kotoran sapi dengan dosis 2 dan 4 ton ha⁻¹ (perlakuan A4 dan A5) pada pH tanah 4,74 dan 4,79 masih memiliki pH yang mendekati ambang pelepasan Aluminium. Setelah penambahan dosis 6 ton ha⁻¹ kotoran sapi (perlakuan A6) baru terjadi penurunan Al-dd sebesar 0,64 me 100g⁻¹ pada saat pH meningkat menjadi 4,90. Demikian pula yang terjadi pada pengaruh perlakuan dosis campuran kedua bahan amelioran.



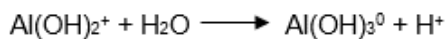
Keterangan: K tanah tanpa perlakuan (kontrol); A1 (biochar 2 ton h⁻¹); A2 (biochar 4 ton h⁻¹); A3 (biochar 6 ton h⁻¹); A4 (kotoran sapi 2 ton h⁻¹); A5 (kotoran sapi 4 ton h⁻¹); A6 (kotoran sapi 6 ton h⁻¹); A7 (biochar 2 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A8 (biochar 4 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A9 (biochar 6 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹). Error bars menunjukkan nilai standar deviasi. Nilai tengah yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 1%.

Gambar 1. Pengaruh pemberian biochar dan kotoran sapi terhadap pH tanah

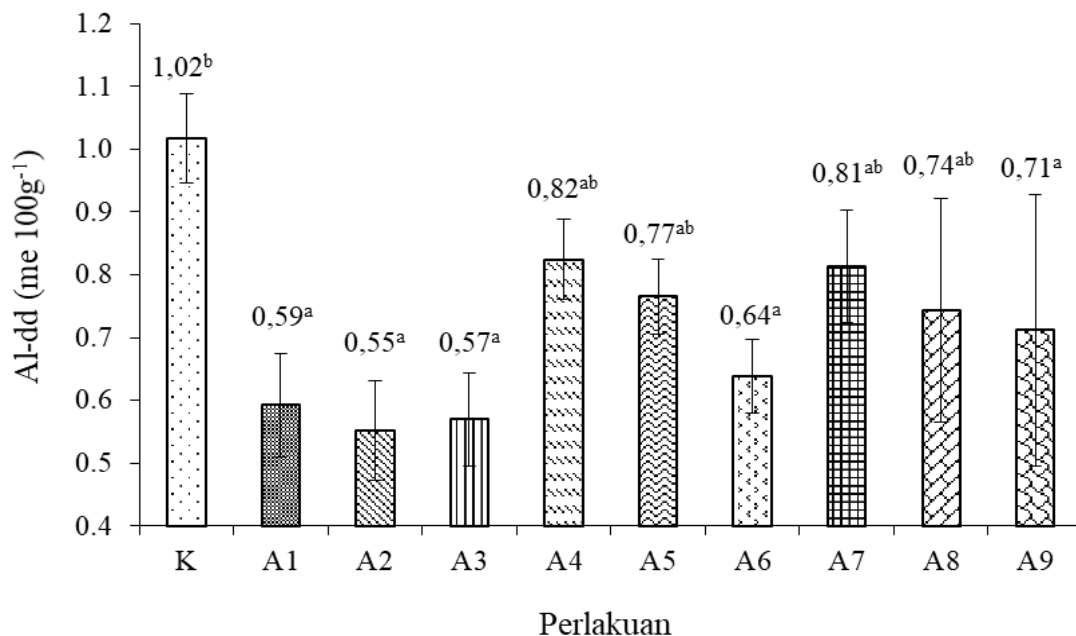
Gruba dan Mulder (2015), menunjukkan bahwa konsentrasi Aluminium yang dapat dipertukarkan pada tanah masam dengan nilai maksimum pada pH H₂O ≈ 4,2 dan akan berkurang seiring dengan bertambahnya nilai pH. Nilai pH pada reaksi tanah mempunyai hubungan yang erat dengan kadar Aluminium dapat dipertukarkan serta kejenuhan Al di dalam tanah, bahwa semakin menurun nilai pH tanah maka nilai Al-dd dan kejenuhan Al akan semakin meningkat. Sebaliknya jika pH tanah meningkat maka nilai Al-dd akan semakin menurun, sehingga dalam pendugaan tingkat kejenuhan Al, nilai pH tanah yang relatif mudah diukur dapat digunakan sebagai panduan (Subandi, 2018).

Alumunium Dapat Dipertukarkan (Al-dd)

Tanah Ultisol memiliki sumber kemasaman tanah yang paling utama dari aktivitas Al di dalam tanah dan ion H^+ di dalam larutan tanah. Adapun hubungan dari hal tersebut ditunjukkan pada hasil pengamatan terhadap pengaruh parameter pH yang berhubungan dengan Al-dd di mana perlakuan kontrol dengan pH tanah yang rendah 4,79 mengandung Al-dd sebesar $1,02 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$ (Gambar 2). Sisi-sisi mineral liat yang patah dan oksida Al mampu terdissosiasi (terdeprotonisasi) menghasilkan ion H^+ . Pencucian kation-kation pada misel tanah akan menyebabkan misel tanah diisi oleh ion H^+ yang mampu menghancurkan misel tanah sehingga Al larut ke dalam tanah dan terhidrolisis menghasilkan ion H^+ . Dengan kata lain monomer Aluminium (Al^{3+}) yang dapat dipertukarkan pada tanah masam dengan pH yang rendah akan mengalami kerusakan fusi mineral saat terjadi hidrolisis melepaskan ion H^+ sehingga mampu meningkatkan kemasaman pH tanah. Adapun reaksinya sebagai berikut:



Bentuk Al-monomerik yang beracun bagi tanaman diantaranya seperti Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_3$, dan $Al(SO_4)^+$. Di samping itu aktivitas Al-monomerik semakin meningkat pada pH lebih rendah di bawah 5,5 khususnya pada tanah dengan kandungan mineral liat yang memiliki lembar Alumino silikat. Prasetyo (2009) mengatakan, kejenuhan Al di atas 60% bisa terjadi jika konsentrasi Al-dd berkisar antara 0.5 hingga 3 cmol kg^{-1} dalam hubungan tingkat kejenuhan Al dengan nilai Al-dd. Rendahnya kemampuan basa-basa tukar pada tanah Ultisol menunjukkan bahwa kompleks pertukaran kation di dominasi oleh Al melalui taksiran nilai Al-dd.



Keterangan: K tanah tanpa perlakuan (kontrol); A1 (biochar 2 ton h⁻¹); A2 (biochar 4 ton h⁻¹); A3 (biochar 6 ton h⁻¹); A4 (kotoran sapi 2 ton h⁻¹); A5 (kotoran sapi 4 ton h⁻¹); A6 (kotoran sapi 6 ton h⁻¹); A7 (biochar 2 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A8 (biochar 4 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A9 (biochar 6 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹). Error bars menunjukkan nilai standar deviasi. Nilai tengah yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 1%.

Gambar 2. Pengaruh pemberian biochar dan kotoran sapi terhadap Al-dd tanah

Aluminium dapat dipertukarkan secara signifikan menurun akibat pemberian biochar, sama halnya dengan kemampuan biochar dalam meningkatkan pH tanah, biochar juga mampu mengurangi Al-dd. Pemberian biochar sebagai perlakuan tunggal dengan dosis 4 ton ha⁻¹ (perlakuan A2) lebih mampu menurunkan Al-dd tanah Ultisol hingga mencapai 0,55 me 100g⁻¹. Pemberian kotoran sapi dengan dosis 6 ton ha⁻¹ (perlakuan A6) mampu menurunkan Al-dd tanah hingga mencapai 0,64 me 100g⁻¹. Adapun pemberian dosis campuran dari kedua bahan amelioran pada dosis 6 ton ha⁻¹ biochar + 1 ton ha⁻¹ kotoran sapi (perlakuan A9) mampu menurunkan Al-dd tanah hingga 0,71 me 100g⁻¹. Penambahan biochar dapat meningkatkan pH pada tanah masam terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi mineral alkali oksida (Ca²⁺, Mg²⁺ dan K⁺). Berdasarkan hasil penelitian Chintala *et al.* (2014), biochar tongkol jagung memiliki kadar Calcium 7,51 g kg⁻¹, Magnesium 5,34 g kg⁻¹, Kalium 21,4 g kg⁻¹ serta CaCO₃ sebesar 2,5 g kg⁻¹.

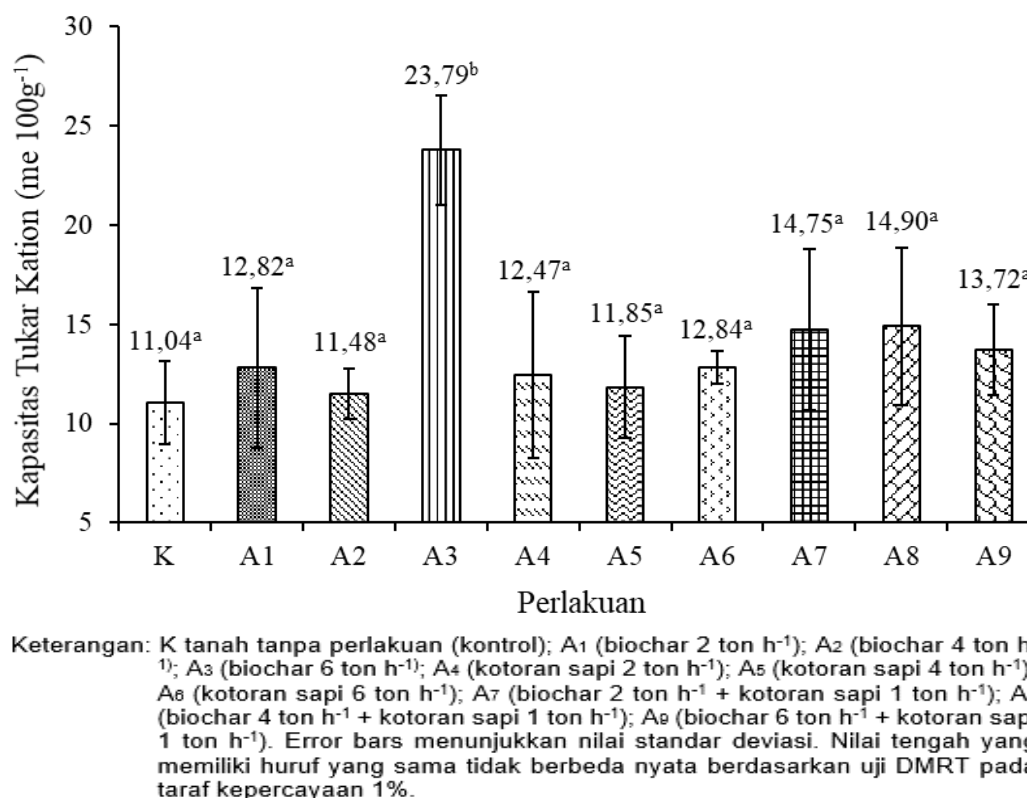
Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah

Pemberian biochar mampu meningkatkan KTK pada tanah Ultisol. Pemberian biochar dengan dosis 6 ton ha⁻¹ merupakan perlakuan terbaik yang mampu meningkatkan KTK tanah Ultisol dengan nilai tertinggi 23,79 me 100g⁻¹ (perlakuan A3) dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya (Gambar 3). Kemudian pemberian biochar 2 dan 4 ton ha⁻¹ sebagai perlakuan tunggal (perlakuan A1 dan A2), kotoran sapi 2, 4, dan 6 ton ha⁻¹ (perlakuan A4, A5, A6) dan campuran kedua amelioran (perlakuan A7, A8, A9) mampu meningkatkan nilai KTK pada tanah Ultisol meskipun pengaruhnya tidak signifikan terhadap tanah tanpa perlakuan (kontrol). Dominasi jenis kation dari ion H⁺ dan Al³⁺ umumnya banyak dijumpai pada tanah masam, namun nilai KTK meningkat dengan konsentrasi dosis biochar serta kotoran sapi pada beberapa perlakuan. Pengaruh dosis biochar 6 ton h⁻¹ (perlakuan A3) menunjukkan pengaruh yang paling signifikan pada nilai pH 5,13 terhadap peningkatan KTK tanah Ultisol dibandingkan perlakuan lain. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa biochar sebagai perlakuan tunggal lebih efektif dalam meningkatkan KTK dibandingkan dengan perlakuan kotoran sapi maupun perlakuan campuran dikarenakan biochar mampu mengubah kepadatan muatan negatif yang bergantung pada pH oleh oksidasi permukaan yang terjadi terus menerus dan adanya adsorpsi asam organik (Silva *et al.*, 2016).

Hasil analisis terhadap perlakuan kotoran sapi maupun campuran menunjukkan bahwa rendahnya pengaruh terhadap nilai KTK tanah Ultisol diduga karena pada masa inkubasi masih terjadi proses penguraian bahan organik pada kotoran sapi yang menghasilkan asam-asam organik. Pemberian kotoran sapi cenderung tidak memberikan efek dan mengurangi efektifitas biochar karena kandungan Nitrogen amonium di dalam kotoran sapi yang tinggi. Tingginya Nitrogen amonium tersebut dapat menurunkan pH tanah akibat terbentuknya asam saat Amonium teroksidasi menjadi Nitrat akibat proses nitrifikasi. Beda halnya dengan penambahan biochar yang dapat meningkatkan pH dikarenakan biochar memiliki kandungan bahan organik dan Karbonat (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ dan CaCO₃) yang mampu meningkatkan kemampuan *buffer* tanah (Assefa dan Tadesse, 2019). Biochar dapat meningkatkan KTK dikarenakan biochar memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dan sejumlah zat polar atau non-polar, di mana memiliki afinitas terhadap sumber-sumber kemasaman tanah seperti ion H⁺ dan Al³⁺ (Ding *et al.*, 2016).

Kondisi biochar yang mampu meningkatkan KTK tanah terkait erat dengan luas permukaannya sehingga semakin luas permukaan spesifik yang dimiliki oleh biochar

maka semakin besar muatan listrik yang ditimbulkannya. Luas permukaan dan total volume pori biochar mengalami peningkatan dengan kenaikan suhu pirolisis. Dalam penelitian Septiana (2017), pada suhu pirolisis 250 °C biochar dari jenis bahan tongkol jagung memiliki luas permukaan 100,35 m²/g dengan total volume pori mencapai 0,12 cc/g. Kemudian pada suhu 350 °C biochar tongkol jagung memiliki luas permukaan 142,93 m²/g dan total volume pori mencapai 0,12 cc/g. Cetin *et al.* (2004), mengemukakan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pada proses pirolisis biochar mengakibatkan semakin banyaknya ikatan *ester* dan *polyester* dari bahan organik yang terputus, sehingga semakin banyak pori-pori baru dari mikropori biochar yang terbentuk. Hal ini menyebabkan terbukanya partikel-partikel pada biomassa biochar sehingga luas permukaan spesifiknya menjadi lebih besar yang diikuti oleh total volume porinya.



Gambar 3. Pengaruh pemberian biochar dan kotoran sapi terhadap KTK tanah

Menurut Downie *et al.* (2009), biochar yang telah terbentuk tetap mempertahankan porositas dan struktur dari bahan baku biomasnya. Pada suhu yang lebih tinggi semakin banyak interaksi kalor dengan Karbon, mengakibatkan semakin banyaknya pori-pori baru terbentuk. Pecahnya pori makro yang sudah ada mengakibatkan semakin banyak struktur makropori yang berubah menjadi mesopori maupun mikropori dan menyebabkan rata-rata radius pori semakin mengecil. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa biochar dengan dosis sebesar 6 ton h⁻¹ (perlakuan A3) sebagai perlakuan tunggal merupakan perlakuan paling efektif terkait dengan jumlah pori-pori mikro yang mampu meningkatkan KTK di dalam tanah dibandingkan dengan perlakuan kotoran sapi maupun campuran. Reaksi kimia pada permukaan biochar akan sangat berpengaruh terhadap kondisi sifat kimia tanah terkait dengan luas permukaannya oleh sejumlah pori-pori mikro yang terbentuk khususnya pada KTK tanah Ultisol. Penelitian sebelumnya juga membuktikan bahwa biochar diharapkan mampu meningkatkan nilai

KTK tanah seiring berjalannya waktu di mana inkubasi biochar selama satu tahun mampu meningkatkan KTK tanah dari 1,7 hingga 71 mmol kg⁻¹ (Cheng *et al.*, 2008).

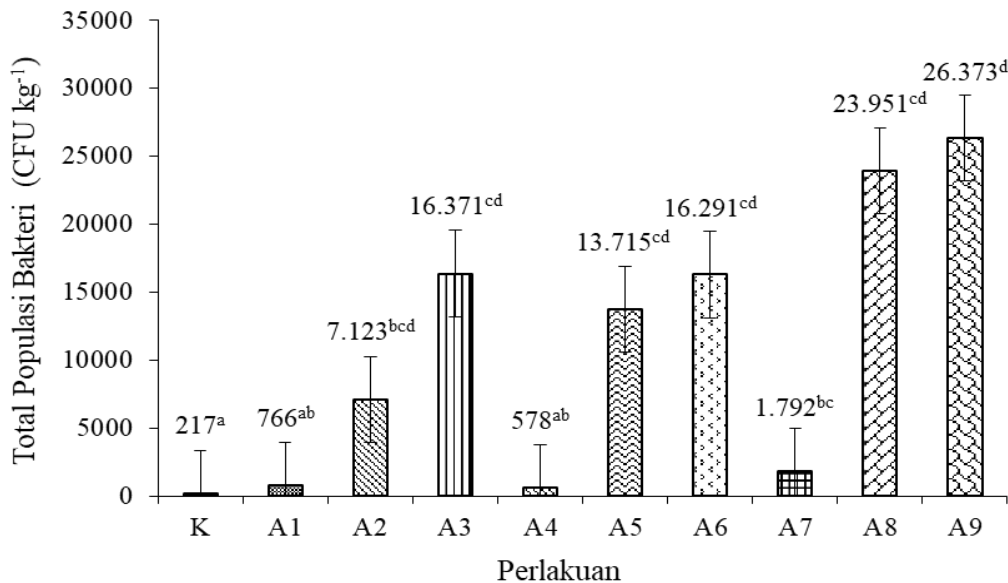
Total Populasi Bakteri

Pemberian amelioran berupa bahan organik ke tanah dapat meningkatkan total populasi bakteri tanah. Penambahan biochar ke dalam tanah dapat secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi populasi bakteri. Peningkatan populasi bakteri diduga terjadi oleh adanya kesesuaian habitat, pakan, dan nutrisi (mineral) di dalam tanah. Menurut Stevenson (1994), bahan organik merupakan sumber energi bagi aktivitas mikroorganisme tanah tertentu. Bergantung pada kondisi tanah, perkembangan populasi bakteri di dalam tanah sangat bervariasi. Jamur pada umumnya mendominasi tanah dengan pH yang lebih rendah, sementara bakteri lebih banyak ditemukan pada tanah dengan pH yang lebih tinggi (Bäåth dan Anderson, 2003).

Jumlah populasi bakteri di area rizosfer tanah pada lapisan atas akan banyak ditemukan karena jumlah makanan, kondisi kelembapan, aerasi dan suhu tanah merupakan habitat yang sangat menguntungkan. Berdasarkan cara memperoleh sumber makanannya jenis bakteri tanah dibedakan menjadi dua macam, bakteri yang mengolah sumber energinya berupa Karbon yang diperoleh dari CO₂ dan oksidasi mineral seperti amonium, belerang atau besi disebut bakteri autotrofik. Jumlah bakteri dari kelompok tersebut sangat sedikit namun memiliki peran penting dalam proses oksidasi nitrat atau belerang bagi tanaman. Bakteri yang mengolah sumber energinya dari bahan atau senyawa organik seperti asetat, piruvat dan oksaloasetat sebagai sumber Karbon disebut bakteri heterotrofik. Jenis bakteri tersebut banyak yang berperan dalam proses dekomposisi bahan-bahan organik. Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa penambahan biochar dapat mempengaruhi komunitas mikroba tanah dalam hal kelimpahan dan keanekaragamannya. Hasil pengamatan terhadap total populasi bakteri menunjukkan bahwa dosis campuran (perlakuan A9) memiliki pengaruh yang tidak berbeda secara signifikan terhadap dosis perlakuan biochar (perlakuan A2 dan A3) dan kotoran sapi (perlakuan A5 dan A6) sebagai perlakuan tunggal, maupun pada dosis campuran (perlakuan A8) pada tanah Ultisol, namun berbeda sangat signifikan terhadap perlakuan kontrol (Gambar 4). Total populasi bakteri dengan jumlah rata-rata tertinggi secara berurutan yaitu 26.373 CFU kg⁻¹ pada perlakuan A9, 16.371 CFU kg⁻¹ pada perlakuan A3, 16.291 CFU kg⁻¹ pada perlakuan A6 dan yang terendah pada perlakuan kontrol sebanyak 217 CFU kg⁻¹. Besar kemungkinan jenis bakteri yang paling mendominasi merupakan bakteri yang bersifat heterotrofik karena laju pertumbuhan bakteri autotrofik lebih lambat dibandingkan dengan bakteri heterotrofik, hal ini ditunjukkan berdasarkan jumlah total populasi bakteri pada masing-masing perlakuan termasuk dalam kategori yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Salah satu faktor penentu dalam pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah yaitu ketersediaan bahan organik yang mencukupi sebagai sumber energi (Anas *et al.*, 1997).

Menurut Jiang *et al.* (2017), penambahan biochar dapat meningkatkan kelimpahan mikroorganisme yang dapat dikultur dan struktur komunitas bakteri di mana penambahan biochar dapat mempengaruhi perombakan Karbon oleh komunitas mikroba tanah. Konversi residu biomassa tanaman berupa tongkol jagung menjadi biochar dapat mempengaruhi retensi bahan organik terlarut dan unsur hara yang secara tidak langsung mempengaruhi kualitas biologi tanah. Reaksi tanah (pH) telah diidentifikasi sebagai parameter kunci yang mempengaruhi komposisi dan aktivitas komunitas mikroba (Wakelin *et al.*, 2008). Hasil pengamatan menunjukkan jika

pengaruh perlakuan terhadap total populasi bakteri tertinggi terhadap tanah Ultisol terdapat pada perlakuan dosis campuran (perlakuan A9) pada nilai pH 4,91, biochar tongkol jagung (perlakuan A3) pada pH 5,13, kotoran sapi (perlakuan A6) pada pH 4,90, dan perlakuan kontrol pada pH 4,79. Berdasarkan kondisi lingkungannya pada umumnya bakteri akan banyak melakukan aktivitas tumbuh dan berkembang secara optimum dengan reaksi tanah netral kurang lebih pada pH tanah 6-8, akan tetapi beberapa jenis kelompok bakteri yang bersifat heterotrofik lebih toleran pada lingkungan asam, dan tumbuh lebih cepat dengan hasil yang lebih tinggi bahkan pada kondisi dengan konsentrasi oksigen terlarut yang rendah (Zhao *et al.*, 1999).



Keterangan: K tanah tanpa perlakuan (kontrol); A1 (biochar 2 ton h⁻¹); A2 (biochar 4 ton h⁻¹); A3 (biochar 6 ton h⁻¹); A4 (kotoran sapi 2 ton h⁻¹); A5 (kotoran sapi 4 ton h⁻¹); A6 (kotoran sapi 6 ton h⁻¹); A7 (biochar 2 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A8 (biochar 4 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹); A9 (biochar 6 ton h⁻¹ + kotoran sapi 1 ton h⁻¹). Error bars menunjukkan nilai standar deviasi. Nilai tengah yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 1%.

Gambar 4. Pengaruh pemberian biochar dan kotoran sapi terhadap total populasi bakteri

Dinamika antara Karbon labil dan sangat labil di dalam tanah berjalan sangat dinamis, termasuk dengan upaya menambahkan bahan organik ke dalam tanah. Hal ini menyebabkan Karbon yang tersedia berbeda dari waktu ke waktu. Peningkatan biomassa dan aktivitas mikroba cenderung berumur pendek dan tergantung pada kemampuan C labil (Castaldi *et al.*, 2011; Rutigliano *et al.*, 2014). Hasil dari residu biomassa tanaman, hewan dan mikroorganisme dalam jangka waktu cepat selama ≤ 5 tahun mampu berubah bentuk menjadi Karbon labil di dalam tanah. Indikator penting dalam perubahan kualitas tanah terhadap ketersediaan Karbon tanah dapat diamati karena Karbon labil mempunyai sifat yang dinamis (Doran dan Parkin, 1994). Penambahan biochar, kotoran sapi, maupun campuran di antara keduanya pada masing-masing perlakuan menunjukkan adanya pengaruh terhadap peningkatan jumlah dari total populasi bakteri. Peningkatan total populasi bakteri naik secara signifikan seiring dengan bertambahnya dosis perlakuan pada tanah Ultisol secara berurutan setiap penambahan dosis 2-6 ton h⁻¹ biochar atau kotoran sapi sebagai perlakuan tunggal maupun pada dosis campuran. Penambahan dosis campuran (perlakuan A9) menunjukkan pengaruh yang lebih efektif dalam peningkatan total

populasi bakteri pada tanah Ultisol terhadap perlakuan kontrol. Biochar terdiri dari senyawa yang relatif labil dan juga stabil, hal ini menjelaskan dekomposisi bifasik yang sering diamati pada biochar ditandai dengan mineralisasi cepat pada senyawa volatil bersifat labil dan selanjutnya mineralisasi lambat pada senyawa C aromatik yang relatif stabil (Ameloot *et al.*, 2013).

Kesimpulan

Perlakuan biochar dan kotoran sapi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH, konsentrasi Al-dd tanah, KTK dan total populasi bakteri pada tanah Ultisol. Penggunaan biochar dengan dosis 6 ton ha⁻¹ merupakan perlakuan yang terbaik untuk meningkatkan pH dan KTK serta mampu menurunkan Al-dd tanah. Total populasi bakteri tertinggi diperoleh dengan pemberian dosis biochar 6 ton ha⁻¹ ditambahkan kotoran sapi 1 ton ha⁻¹.

Daftar Pustaka

- Agus, F., & Irawan. (2006). Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3), 90-98.
- Ameloot, N., Graber, E.R., Verheijen, F.G. & De Neve, S. (2013). Interactions Between Biochar Stability and Soil Organisms: Review and Research Needs. *European Journal of Soil Science*, 64(4), 379–390.
- Anas, I., Santosa, D. A., & Widyastuti, R. (1997). Penggunaan ciri mikrobiologi dalam mengevaluasi degradasi tanah. *Buku I*, 607-615.
- Assefa, S. & Tadesse, S. (2019). The Principal Role of Organic Fertilizer on Soil Properties and Agricultural Productivity -A Review. *Agri Res& Tech: Open Access Journal*, 22(2), 556192.
- Bååth. E., & Anderson, T. H. (2003). Comparison of soil fungal/bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(7), 955-963. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00151-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00151-8)
- Castaldi, S., Riondino, M., Baronti, S., Esposito, F.R., Marzaioli, R., Rutigliano, F.A., Vaccari, F.P. & Miglietta, F. (2011). Impact of Biochar Application to a Mediterranean Wheat Crop on Soil Microbial Activity and Greenhouse Gas Fluxes. *Journal of Chemosphere*, 85(9), 1464-1471.
- Cetin, E., Moghtaderi, B., Gupta, R., & Wall, T. F. (2004). Influence of pyrolysis conditions on the structure and gasification reactivity of biomass chars. *Fuel*, 83(16), 2139-2150.
- Cheng, C. H., Lehmann, J., & Engelhard, M. H. (2008). Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular form and surface charge along a climosequence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(6), 1598-1610.
- Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T. E., Malo, D. D., & Julson, J. L. (2014). Effect of biochar on chemical properties of acidic soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(3), 393-404.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S. *et al.* (2016). Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy Sustainable Development Journal*, 36.
- Doran, J. W. & Parkin, T. B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Journal*, 35, 1-21.

- Downie A., Crosky, A. & Munroe, P. (2009). Physical Properties of Biochar. Microchemical Properties. Biochar for Environmental Management: *Science and Technology*. London (UK): earthscan, hlm 13-32.
- Gruba, P., & Mulder, J. (2015). Tree species affect cation exchange capacity (CEC) and cation binding properties of organic matter in acid forest soils. *Science of The Total Environment*, 511, 655-662.
- Jiang, L. L., Han, G. M., Yu, L. A. N., Liu, S. N., Gao, J. P., Xu, Y., Jun, M., & Chen, W. F. (2017). Corn cob biochar increases soil culturable bacterial abundance without enhancing their capacities in utilizing carbon sources in Biolog Eco-plates. *Journal of integrative agriculture*, 16(3), 713-724.
- Kurnia, U. (1996). Kajian metode rehabilitasi lahan untuk meningkatkan dan melestarikan produktivitas tanah. *Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor*.
- Mensah, A. K., & Frimpong, K. A. (2018). Biochar and/or compost applications improve soil properties, growth, and yield of maize grown in acidic rainforest and coastal savannah soils in Ghana. *International Journal of Agronomy*, 2018: 6837404.
- Nurida, N. L, Dariah, A., & Rachman, A. (2010). *Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah tanah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. Balai Tanah Litbang DEPTAN*. hlm, 211-218.
- Nursyamsi, D., Adiningsih, J. Sri, Sholeh, & Adimihardja, A. (1996). Penggunaan Bahan Organik Untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk N dan Produktivitas Tanah Ultisols di Sitiung, Sumbar. *Jurnal Tanah Tropika*, 2, 26-33.
- Prasetyo, B. H. (2009). Tanah Merah dari Berbagai Bahan Induk di Indonesia: Prospek dan Strategi Pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 3(1) : 47-60.
- Prasetyo, B. H, & Suriadikarta, D. A. (2006). Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 39-46.
- Rutigliano, F. A., Romano, M., Marzaioli, R., Baglivo, I., Baronti, S., Miglietta, F. & Castaldi, S. (2014). Effect of Biochar Addition on Soil Microbial Community in a Wheat Crop. *European Journal of Soil Biology*, 60, 9-15.
- Septiana, L. M. (2017). Karakteristik dan kualitas biochar dari berbagai limbah biomassa tanaman pada pirolisis suhu rendah. Tesis. *Institut Pertanian Bogor. Bogor. hlm. 6-18*.
- Silva, I. C. B. D., Basílio, J. J. N., Fernandes, L. A., Colen, F., Sampaio, R. A., & Frazão, L. A. (2017). Biochar from different residues on soil properties and common bean production. *Scientia Agricola Journal*, 74(5), 378-382.
- Steiner, C., Glaser, B., Geraldtes Teixeira, W., Lehmann, J., Blum, W. E., & Zech, W. (2008). Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(6), 893-899.
- Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd eds. *John Wiley & Sons. New York*.
- Subandi, S. (2018). Teknologi Produksi dan Strategi Pengembangan Kedelai pada Lahan Kering Masam. *Iptek Tanaman Pangan*. 2(1).

- Sujana, I. P., Lanya, I., Subadiyasa, I. N. N., & Suarna, I. W. (2014). The effect of dose biochar and organic matters on soil characteristic and corn plants growth on the land degraded by garment liquid waste. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(5), 77-88.
- Wakelin, S. A., Macdonald, L. M., Rogers, S. L., Gregg, A. L., Bolger, T. P., & Baldock, J. A. (2008). Habitat selective factors influencing the structural composition and functional capacity of microbial communities in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(3), 803-813.
- Zhao, H. W., Mavinic, D. S., Oldham, W. K., & Koch, F. A. (1999). Controlling factors for simultaneous nitrification and denitrification in a two-stage intermittent aeration process treating domestic sewage. *Journal of Water Research*, 33(4), 961-970.