

Pengaruh Aplikasi Solid Decanter dan Biochar terhadap Kadar Hara dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Dwi Christiani¹, Wahyuni Hartati², Syahrinudin³

¹²³Universitas Mulawarman

dwichristiani2@gmail.com¹, wahyunihartatifahutan@gmail.com²,

syahrinudin@gmail.com³

ABSTRACT

Open pit coal mining activities affect the decline in soil quality characterized by damage of soil structure, loss of nutrients and decreased biodiversity. Organic matter is one of the soil reformers that has been felt its benefits in improving soil properties both physical, chemical, and biological properties. This study aims to determine the effect of solid and biochar administration on post coal mining soil on water storage capacity and giraffe power on nutrients in percolation water administration. This research was carried out at the Laboratory of Soil Science and Forest Nutrition, Mulawarman Samarinda University, East Kalimantan following the rules of Factorial Complete Random Design with two factors, namely solid percentage and biochar with percolation water treatment during the one month incubation period. The results showed the application of S2B2 (solid 20% + biochar 25%) was able to have an influence on water giraffe power with a three day incubation period end value of 92.2 ml, fifteen days of 89.3 ml and thirty days of 85.6 ml. The application of biochar 5% and 25% in post coal mine soils of fifteen days and thirty days incubation period shows the ability to absorb calcium nutrient levels in leachate water. The combined application of S2B2 (solid 20% + biochar 25%) showed a good ability to absorb calcium and magnesium nutrient levels in leachate water that decreased during the incubation period.

Keywords: Solid, Biochar, nutrient, leachate, post coal mining soil

ABSTRAK

Kegiatan penambangan batu bara open pit berdampak pada penurunan kualitas tanah yang ditandai dengan rusaknya struktur tanah, hilangnya unsur hara dan menurunnya keanekaragaman hayati. Bahan organik merupakan salah satu bahan pembaharuan tanah yang telah dirasakan manfaatnya dalam memperbaiki sifat-sifat tanah baik sifat fisik, kimia, maupun biologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian bahan padat dan biochar pada tanah pascatambang batu bara terhadap kapasitas penyimpanan air dan daya jerapah terhadap unsur hara pada pemberian air perkolasi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Nutrisi Hutan Universitas Mulawarman Samarinda Kalimantan Timur mengikuti kaidah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yaitu persentase padat dan biochar dengan perlakuan air perkolasi selama masa inkubasi satu bulan. Hasil penelitian menunjukkan pemberian S2B2 (padat 20% + biochar 25%) mampu memberikan pengaruh terhadap daya jerapah air dengan nilai akhir masa inkubasi tiga hari sebesar 92,2 ml, lima belas hari sebesar 89,3 ml, dan tiga puluh hari sebesar 85,6 ml. Aplikasi biochar 5% dan 25% pada tanah pascatambang batu bara dengan masa inkubasi lima belas hari, tiga puluh hari menunjukkan kemampuan dalam menyerap kadar hara kalsium dalam air lindi. Aplikasi gabungan S2B2 (padat 20% + biochar 25%) menunjukkan kemampuan yang baik dalam menyerap unsur hara kalsium dan magnesium dalam air lindi yang mengalami penurunan selama masa inkubasi.

Kata kunci: Solid, Biochar, nutrisi, lindi, tanah pascatambang batu bara

PENDAHULUAN

Pertambangan telah lama menjadi salah satu sektor pendapatan negara dan telah memberikan kontribusi besar dalam penyediaan sumber energi, penyerapan tenaga kerja, dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Namun, dibalik dampak positif yang dihasilkan timbul dampak negatif terhadap lingkungan. Seiring berjalannya kegiatan penambangan, terjadi kerusakan lingkungan seperti hilangnya vegetasi penutup lahan, peningkatan laju erosi, penurunan produktivitas dan stabilitas lahan, penurunan biodiversitas flora dan fauna (Darwo, 2003).

Pertambangan secara drastis mengubah sifat fisik dan kimia serta lingkungan biologis tanah. Keadaan ini ditandai oleh kandungan bahan organik rendah, pH rendah bahkan sangat rendah, kapasitas memegang air rendah (*low water holding capacity*), salinitas, tekstur kasar, pemadatan tanah, pasokan unsur hara pada tanaman tidak memadai, erosi dipercepat, dan bahan pembangkit asam (Kumar, 2013). Dari aspek kualitas tanah, kendala utama rehabilitasi lahan adalah rendahnya kandungan unsur hara dan bahan organik, toksisitas unsur tertentu, kemampuan tanah menyerap hara dan air, pH tanah dan sifat fisik tanah yang buruk (Dariah et al., 2010).

Indonesia merupakan salah satu negara produsen sawit terbesar di dunia, luas areal perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 1980 hanya 295 ribu Ha, tahun 2015 tercatat 11.3 juta Ha dan pada 2019 naik menjadi 14.68 juta Ha bertambah hampir 50 kali lipat, dengan produksi tahun 2019 bisa mencapai 43 juta ton pertahun, dengan volume produksi 18.5 juta ton pertahun. (Patone, 2020)

Meningkatnya perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia, akan meningkatkan produktivitas pengolahan produk utama kelapa sawit, yang juga berdampak pada tingginya produk samping atau limbah yang dihasilkan. Salah satu sumber bahan organik yang tersedia dalam jumlah besar adalah solid yang merupakan salah satu produk akhir berupa padatan dari proses pengolahan tandan buah segar di pabrik kelapa sawit yang memakai sistem *decanter* (Pahan, 2008). Yuniza (2015) menyatakan bahwa unsur hara utama solid kering antara lain Nitrogen (N) 1,47%, Pospor (P) 0,17%, Kalium (K) 0,99%, Kalsium (Ca) 1.19%, Magnesium (Mg) 0,24% dan C-Organik 14,4%.

Biochar merupakan arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa organik pada keadaan oksigen terbatas. Biochar dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk memulihkan dan meningkatkan kualitas kesuburan tanah terdegradasi atau lahan kritis. Pemanfaatan biochar saat ini sedang menjadi perhatian para ilmuwan tanah dan lingkungan dunia (Lehmann *et al.*, 2006; Lehmann, 2007; Sohi *et al.* 2009). Biochar dapat menyediakan habitat yang disukai mikroba serta dapat menjaga keseimbangan C dan N dalam tanah untuk jangka waktu yang panjang. Kemampuan biochar dalam mengadsorpsi kation lebih besar dibandingkan bahan organik biasa (Cheng *et al.*, 2008). Biochar mampu meningkatkan aktivitas dan jumlah populasi mikroorganisme tanah. Biochar merangsang peningkatan populasi *rhizobakteria* dan fungi yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman

(Graber *et al.*, 2010). Perbaiki kualitas sifat fisik tanah oleh biochar yakni mampu menyerap air sehingga mengurangi *run-off* dan pelindian hara dalam tanah. Selain itu biochar mampu mengamandemen struktur, tekstur, porositas, dan agregat tanah (Nurida *et al.*, 2012). Secara umum pencucian hara didefinisikan sebagai proses hilangnya hara atau substansi yang terbawa melalui pergerakan air tanah dari lapisan atas ke bawah sampai pada kedalaman tertentu pada profil tanah (Oliviera *et al.*, 2002).

Karyati dkk., (2016) menyatakan, penggolongan iklim Kota Samarinda diklasifikasikan menjadi tipe iklim A berdasarkan sistem klasifikasi Schmidt Ferguson (1951) dengan nilai Q (*Quotient*) sebesar 0,048 yang merupakan daerah sangat lembab dengan vegetasi hutan hujan tropis. Rekam data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2008 sampai tahun 2014 menyatakan Samarinda memiliki curah hujan bulanan rata-rata sebesar 211,55 mm, suhu udara rata-rata sebesar 27,4°C, kelembaban udara rata-rata sebesar 82,2%, dan rata-rata lamanya penyinaran matahari adalah 41,8 jam.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peranan bahan organik limbah solid sebagai penyedia nutrisi tanah dan peranan biochar sebagai penyimpan nutrisi tanah pada media inkubasi, sehingga diharapkan dari kombinasi kedua bahan organik tersebut mampu memperlambat terjadinya pelindian unsur hara tanah yang diujicobakan pada tanah bekas tambang batu bara masa inkubasi satu bulan. Inkubasi bertujuan untuk dekomposisi bahan organik dan biochar dalam tanah yang diharapkan mampu memasok unsur hara tanah sehingga ketersediaan hara tanah meningkat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai pada bulan April sampai dengan Mei 2021. Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Nutrisi Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (Global Positioning System), pH Meter, Pipa paralon PVC (Poly Vinyl Chloride), Oven, Gelas ukur, Bor tanah, Saringan atau ayakan, Cangkul, Gergaji, *Handphone*, Laptop, dan Alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pascatambang batu bara, limbah solid kelapa sawit, Biochar tempurung kelapa, *Aquadest*, bahan kimia, plastik klip, kertas label, lem tembak, kain kasa, karung dan terpal.

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL) dengan dua faktor yaitu limbah solid dan biochar tempurung kelapa.

Faktor pertama merupakan limbah solid kelapa sawit (S), yang terdiri dari tiga subfaktor yaitu:

S0 = Solid 0% (kontrol)

S1 = Solid 5%

S2 = Solid 20%

Faktor kedua berupa biochar tempurung kelapa (B), yang terdiri dari tiga subfaktor yaitu:

B0 = Biochar 0% (kontrol)

B1 = Biochar 5%

B2 = Biochar 25%

Jumlah kombinasi perlakuan adalah $3 \times 3 = 9$,

Berikut 9 kombinasi perlakuan limbah solid (S) dan biochar (B) mengikuti kaidah Rancangan Acak Lengkap Faktorial (Faktorial RAL);

a. S0B0 = solid 0% dan biochar 0% (Kontrol);

b. S0B1 = solid 0% dan biochar 5%;

c. S0B2 = solid 0% dan biochar 25%;

d. S1B0 = solid 5% dan biochar 0%;

e. S1B1 = solid 5% dan biochar 5%;

f. S1B2 = solid 5% dan biochar 25%;

g. S2B0 = solid 20% dan biochar 0%;

h. S2B1 = solid 20% dan biochar 5%;

i. S2B2 = solid 20% dan biochar 25%;

Dari faktor tersebut dihasilkan 9 kombinasi perlakuan dengan masing-masing perlakuan diulang 3 kali ulangan. Sampel untuk masing-masing kombinasi perlakuan adalah sebanyak 10. Sehingga total jumlah seluruh sampel kombinasi percobaan sebanyak 270 pot.

Model linier Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Pada penelitian ini akan dibuat alat perkulator sebagai wadah inkubasi perlakuan yang terbuat dari pipa paralon Polyvinyl Chloride (PVC) ukuran 3 inci (diameter 7,62 cm dan tinggi 12 cm). Pada bagian bawah pipa diletakkan wadah penampung air terlindi dari pemberian *aquadest* sebagai curah hujan.



Gambar 1. Desain Pot Perkulator dan Wadah Penampung Air Terlindi pada Pemberian *Aquadest* sebagai air hujan

Alat perkulator yang telah diisi dengan tanah dan bahan pembenah sesuai dengan volume setiap perlakuan selanjutnya diberi *aquadest* dengan tujuan dijenuhkan agar didapatkan kondisi kapasitas lapang. Air yang ditambahkan pada alat percobaan merupakan jumlah curah hujan di lapangan berdasarkan perhitungan data curah hujan Kota Samarinda, Kalimantan Timur.

Berdasarkan perhitungan, curah hujan Kota Samarinda pada bulan April selama 29 tahun terakhir (periode 1990-2019) dengan rata-rata curah hujan 222 mm/bulan. Sehingga curah hujan yang digunakan selama penelitian yaitu 101 ml (luas permukaan tabung x curah hujan rata-rata harian = $45,58 \text{ cm}^2 \times 2,22 \text{ cm} = 101 \text{ ml}$).

Pada penelitian ini sifat kimia kadar hara dalam air lindi yang akan diteliti diambil sebanyak sepuluh sampel air lindi ditarik dari setiap kelompok pada masing-masing perlakuan kemudian dikompositkan dan dilakukan uji sifat-sifat kimia. Adapun metode analisis untuk masing-masing sifat kimia air terlindi disajikan sebagai berikut:

1. pH tanah H₂O air terlindi ditetapkan dengan menggunakan pH meter.
2. Fosfor dan Kalium ditetapkan dengan Metode Bray I. penjuenan dengan larutan 1 B. Fosfor diukur dengan *Spectrophotometer*, sedangkan Kalium diukur dengan AAS (Atomic Absorption Spectrometer).
3. Kalsium dan Magneisum dilakukan penjuenan dengan ammonium asetat pH 7 dilanjutkan pengukuran dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrometer (AAS) 470 nano meter (nm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

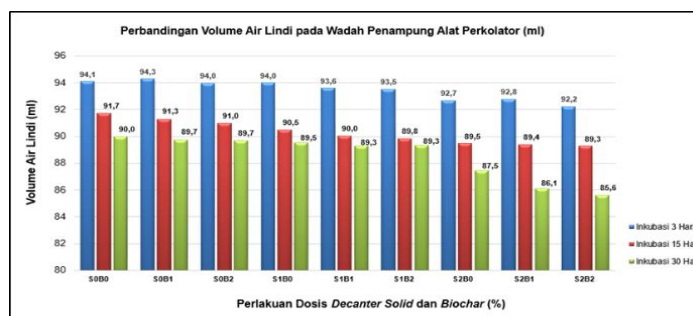
A. Analisis Awal Tanah Pascatambang Batu Bara, Solid, dan Biochar

Berdasarkan hasil analisis awal sampel tanah pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm menunjukan kriteria masam dengan kadar pH 4,49. Kadar C-organik relatif rendah yaitu 0,68%. Rendahnya C-organik berkontribusi terhadap rendahnya kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Hasil analisis awal menunjukkan bahwa tanah pada kedalaman 0-30 cm merupakan tekstur tanah tergolong lempung berdebu sedangkan tanah pada kedalaman 30-60 cm dengan tekstur liat berdebu.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa solid memiliki pH 9,03 dengan kriteria yang sangat tinggi (alkali), dengan kandungan N total 0,179 %, C-organik 12,38 %, fosfor tersedia 0,034 %, kalium tersedia 0,368 %, kalsium 11 me/100 gr, magnesium 10,85 me/100 gr.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa biochar memiliki pH 8,36 dengan kriteria yang sangat tinggi (alkali), dengan kandungan N total 0,6889 %, C-organik 7,25 %, fosfor tersedia 0,041 %, kalium tersedia 0,540 %, kalsium 14,49 me/100 gr, magnesium 3,36 me/100 gr.

B. Total Volume Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara Masa Inkubasi Satu Bulan

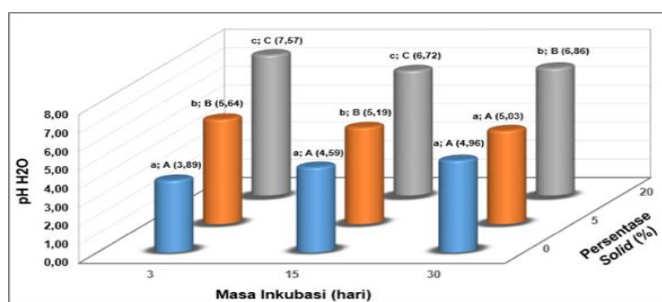


Gambar 2. Perbandingan volume air lindi tanah pascatambang batu bara pada wadah penampung masa inkubasi satu bulan

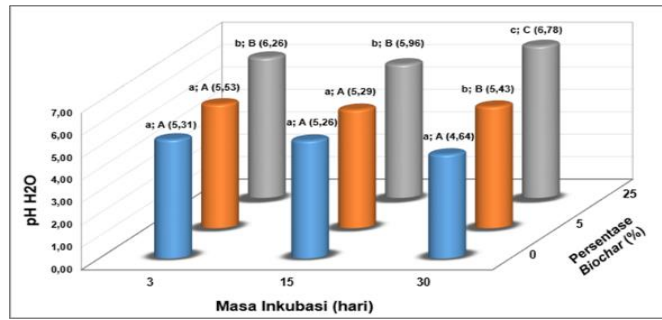
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan masa inkubasi tiga hari jumlah air lindi mengalami penurunan seiring dengan pemberian jumlah persentase solid dan biochar. Aplikasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) memberikan nilai terendah yaitu 92,2 ml, hal yang sama terjadi pada masa inkubasi lima belas hari di mana aplikasi S2B2 mampu memberikan penurunan jumlah air lindi sebanyak 89,3 ml dan aplikasi pemberian S2B2 pada masa inkubasi tiga puluh hari mampu menurunkan nilai air lindi sebesar 85,6 ml. Hal ini diduga solid dan biochar memiliki potensi dalam mengikat air yang tinggi. Ding et al., 2010 menyatakan, permukaan spesifik biochar yang luas mencapai 330 m² g⁻¹ menyebabkan biochar memiliki kapasitas jerapan yang tinggi terhadap unsur hara dan air.

C. Aplikasi Solid, Biochar serta Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

1. pH H₂O Air Lindi



Gambar 3. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap pH H₂O Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 4. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap pH H₂O Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Hasil penelitian pengaruh aplikasi solid terhadap pH H₂O air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 3 menunjukkan bahwa aplikasi solid dengan persentase 20% menunjukkan adanya kenaikan pH H₂O air lindi dengan kriteria normal selama masa inkubasi. Sehingga diduga aplikasi solid dengan persentase 20% telah memberikan pengaruh yang baik terhadap pH H₂O air lindi selama masa inkubasi. Kartasapoetra et al. (1987) menyatakan pH tanah yang rendah akan menyebabkan ketersediaan hara menurun dan perombakan bahan organik terhambat.

Hasil penelitian pengaruh aplikasi biochar terhadap pH H₂O air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 4 menunjukkan bahwa aplikasi biochar dengan persentase 5% masa inkubasi tiga hari sampai dengan tiga puluh hari menunjukkan pengaruh yang nyata, di mana nilai rata-rata pH H₂O mengalami kenaikan meskipun dengan kriteria yang asam. Pemberian biochar dengan persentase 25% memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH H₂O air lindi tanah pascatambang batu bara, di mana nilai rata-rata pH H₂O mengalami kenaikan dengan kriteria netral. Sehingga hal ini sejalan dengan penelitian Sasmitha dkk., (2017) bahwa semakin tinggi dosis biochar yang diberikan maka nilai pH H₂O akan semakin meningkat.

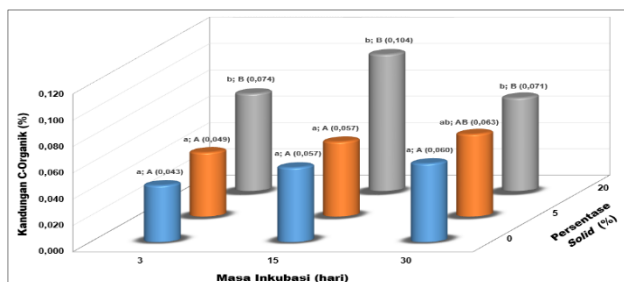


Gambar 5. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap pH H₂O Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

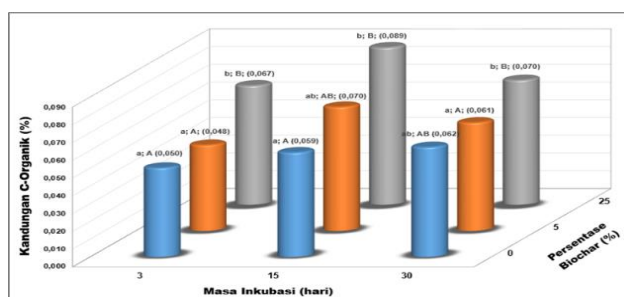
Hasil penelitian pengaruh kombinasi aplikasi solid dan biochar terhadap pH H₂O air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 5 menunjukkan adanya

pengaruh nyata terbaik terdapat pada aplikasi SOB2 (solid 0% + biochar 25%) di mana nilai rata-rata pH H₂O menunjukkan kenaikan yang signifikan selama masa inkubasi. Solaiman (2015) menyatakan penambahan biochar pada tanah dapat menambah kemampuan retensi tanah. Retensi tanah adalah kemampuan menahan atau menyimpan zat hara di dalam tanah. Biochar dapat membantu menjaga retensi tanah karena dapat meningkatkan pH pada tanah yang masam.

2. C-Organik

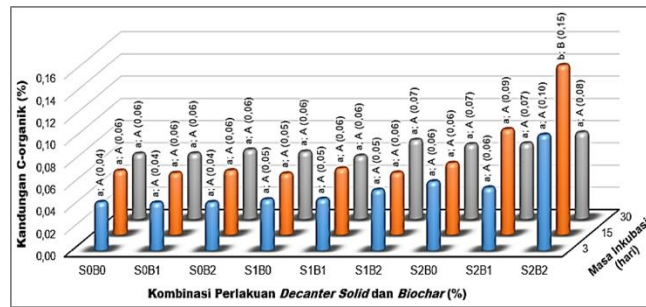


Gambar 6. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap Kadar Hara C-organik Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 7. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara C-organik Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

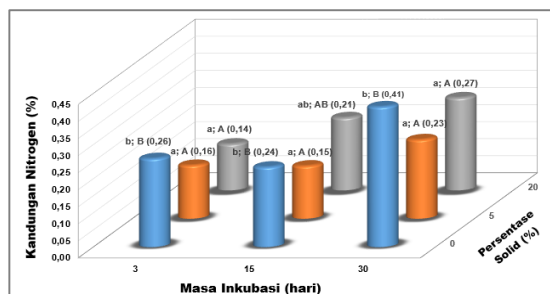
Hasil penelitian pengaruh aplikasi solid terhadap C-organik air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 6 menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap daya jerap C-organik pada persentase 20%, hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan terhadap nilai rata-rata kadar hara C-organik dalam air lindi seiring dengan bertambahnya masa inkubasi. Hasil yang berbeda terdapat pada Gambar 7 aplikasi biochar terhadap kadar hara C-organik air lindi tanah pascatambang yang berpengaruh tidak signifikan.



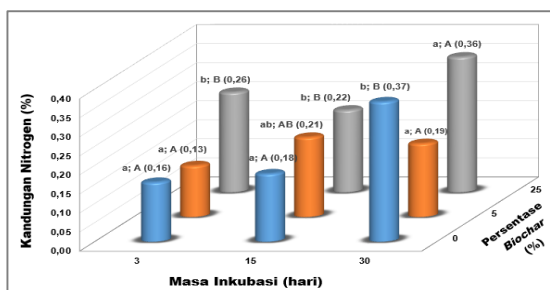
Gambar 8. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara C-organik Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Hasil penelitian pengaruh aplikasi kombinasi solid dan biochar terhadap pH H₂O air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 8 menunjukkan aplikasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) diduga menunjukkan adanya kemampuan dalam menjerap kadar hara C-organik dalam air lindi. Sehingga diduga aplikasi kombinasi S2B2 dengan telah memberikan pengaruh yang baik terhadap daya jerap C-organik pada pemberian *aquadest* sebagai air hujan pada pipa perkolator. Hanafiah dkk., (2009) yang menyatakan bahwa C-organik dalam tanah dapat hilang melalui evapotranspirasi dan dimanfaatkan biota tanah dan erosi.

3. Nitrogen (N)



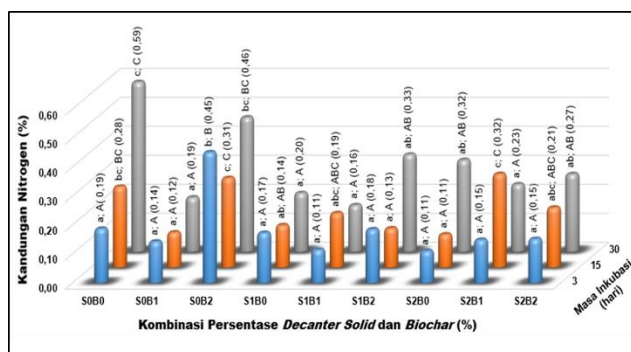
Gambar 9. Pengaruh Aplikasi Solid Terhadap Kadar Hara Nitrogen Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 10. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara Nitrogen Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh aplikasi solid terhadap Nitrogen air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 9 menunjukkan bahwa terhadap kadar hara nitrogen dalam air lindi tanah pascatambang batu bara masa inkubasi tiga hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan, namun tidak berpengaruh signifikan pada masa inkubasi lima belas hari. Sehingga diduga aplikasi solid dengan persentase 5% dan 20% belum memberikan pengaruh yang baik terhadap daya jerap kadar hara nitrogen selama masa inkubasi. Hardjowigeno (2003) menjelaskan bahwa proses hilangnya nitrogen dalam tanah dapat disebabkan karena diserap oleh tanaman, digunakan oleh mikroorganisme dan nitrogen masih dalam bentuk NH_4^+ yang diikat oleh mineral liat.

Hasil penelitian pengaruh aplikasi biochar terhadap Nitrogen air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 10 menunjukkan bahwa kadar hara nitrogen dalam air lindi tanah pascatambang batu bara masa inkubasi tiga hari dan masa inkubasi tiga puluh hari berpengaruh signifikan, namun masa inkubasi lima belas hari tidak signifikan. Meningkatnya kadar hara nitrogen dalam air lindi diduga akibat dari tingginya kandungan nitrogen pada solid sehingga mudah terlarut pada proses pencucian. Selain itu diduga unsur hara nitrogen memiliki sifat yg mobile, sehingga mudah tercuci pada saat pemberian aquadest yang berfungsi sebagai air hujan. Foth (1994) menyatakan unsur hara nitrogen bersifat mobile atau mudah tercuci, sehingga keberadaan nitrogen didalam tanah cepat berubah atau bahkan hilang. Hal ini sesuai dengan penelitian Chaerun dan Anwar (2008) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk nitrogen 200kg/ha sampai 300 kg/ha mengalami kehilangan sekitar 80% karena proses pencucian.



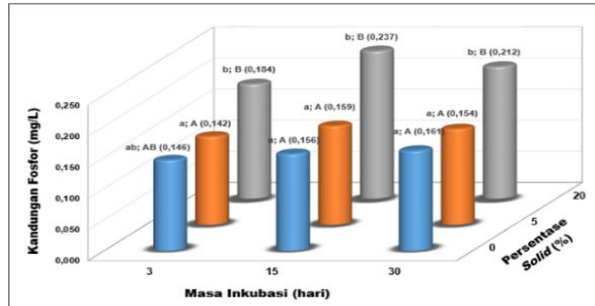
Gambar 11. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara Nitrogen Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi kombinasi solid dan biochar diduga belum menunjukkan adanya kemampuan dalam menjerap kadar hara C-organik dalam air lindi selama masa inkubasi. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata aplikasi kombinasi solid dan biochar yang relatif masih tinggi sampai dengan akhir masa inkubasi. Sehingga diduga unsur hara nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang mudah tercuci oleh adanya perlakuan *aquadest* sebagai pelindi.

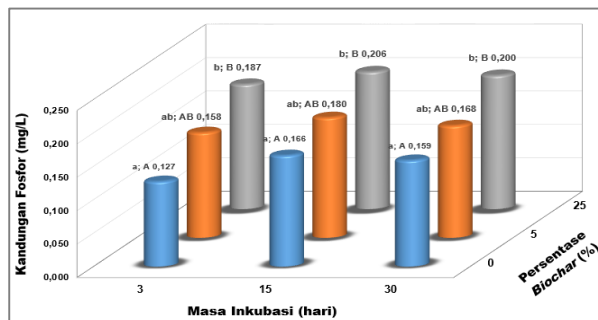
Mawardiana (2013) menyatakan bahwa nitrogen merupakan salah satu unsur hara esensial yang bersifat sangat mobile, baik di dalam tanah maupun di dalam

tanaman. Selain itu nitrogen bersifat sangat mudah larut dan mudah hilang ke atmosfer maupun pengairan. Damanik, et al., 2011 menyatakan, kehilangan nitrogen dari tanah terdiri dari kehilangan dalam bentuk gas (N_2 , N_2O , NO , dan NH_3), kehilangan akibat pencucian dan kehilangan hara panen.

4. Fosfor (P)



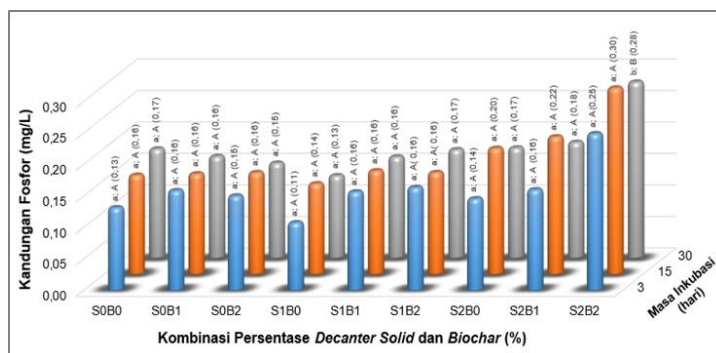
Gambar 12. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap Kadar Hara Fosfor Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 13. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara Fosfor Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh aplikasi solid terhadap Fosfor air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 12. menunjukkan bahwa kadar hara fosfor dalam air lindi tanah pascatambang batu bara masa inkubasi tiga hari berpengaruh tidak signifikan, namun masa inkubasi lima belas hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan. Sehingga diduga aplikasi solid dengan persentase 5% dan 20% belum memiliki daya jerap yang baik terhadap kadar hara fosfor selama masa inkubasi.

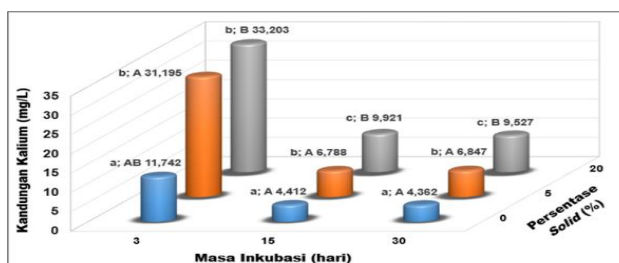
Hasil penelitian pengaruh aplikasi biochar terhadap Fosfor air lindi tanah pascatambang batu bara pada Gambar 13. Menunjukkan bahwa kadar hara fosfor dalam air lindi masa inkubasi tiga hari berpengaruh signifikan, namun masa inkubasi lima belas hari dan tiga puluh hari tidak signifikan. Sehingga diduga aplikasi biochar dengan persentase 5% dan 25% belum memiliki daya jerap yang baik terhadap kadar hara fosfor selama masa inkubasi.



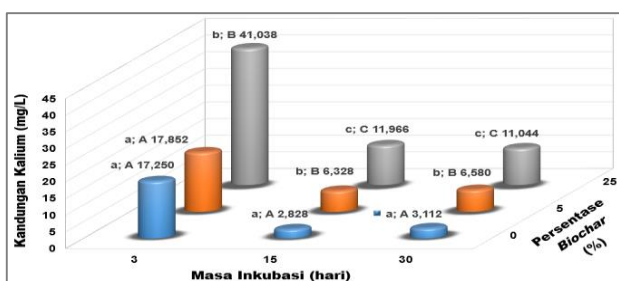
Gambar 14. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara Fosfor dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Berdasarkan hasil penelitian aplikasi kombinasi solid dan boichar selama masa inkubasi belum memberikan pengaruh yang baik terhadap daya jerap kadar hara fosfor dalam air lindi, hal ini dapat dilihat dari nilai rataan yang dihasilkan masih dalam jumlah yang tinggi sampai dengan masa akhir inkubasi. Sehingga diduga aplikasi kombinasi solid dan biochar belum mampu memberikan pengaruh dalam menjerap kadar hara fosfor yang ikut terlindi selama masa inkubasi. Rosmarkam dan Yuwono (2002) menyatakan, bahwa pada umumnya fosfor relatif sukar lindi oleh air hujan atau air irigasi mengingat fosfor bereaksi dengan ion-ion tertentu membentuk senyawa yang kelarutannya rendah, atau dapat juga terfiksasi oleh senyawa lain.

5. Kalium



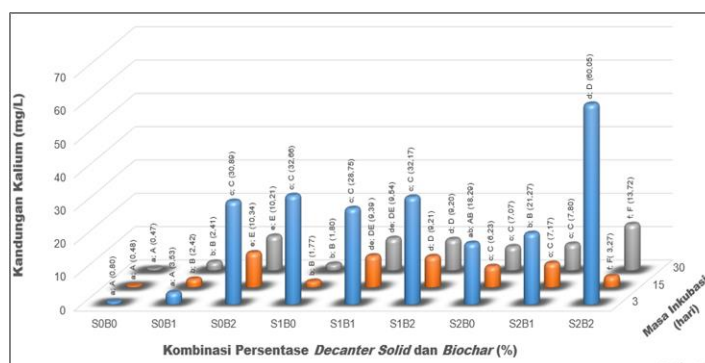
Gambar 15. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap Kadar Hara Kalium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 16. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara Kalium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Dari data analisis keragaman pada Gambar 15. Menunjukkan aplikasi solid terhadap kadar hara kalium dalam air lindi tanah pascatambang batu bara masa inkubasi tiga hari, lima belas hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan. Sehingga diduga aplikasi solid dengan persentase 5% dan 20% belum memberikan pengaruh yang baik terhadap daya jerap kadar hara kalium dalam air lindi selama masa inkubasi. Widowati (2012) menyatakan, tingkat ketersediaan kalium sangat dipengaruhi oleh pH dan kejenuhan basa. Pada pH dan kejenuhan basa rendah kalium mudah hilang tercuci, pada pH netral dan kejenuhan basa tinggi kalium diikat oleh Ca.

Dari data analisis keragaman pada Gambar 16. menunjukkan bahwa aplikasi biochar terhadap kadar hara kalium dalam air lindi tanah pascatambang masa inkubasi tiga hari, lima belas hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan. Sehingga diduga aplikasi biochar dengan persentase 5% dan 25% belum memiliki daya jerap yang baik terhadap kadar hara kalium selama masa inkubasi. Lehmann et al., (2003) bahwa aplikasi Biochar dapat meningkatkan pencucian kalium, tetapi tidak untuk Ca dan Mg.

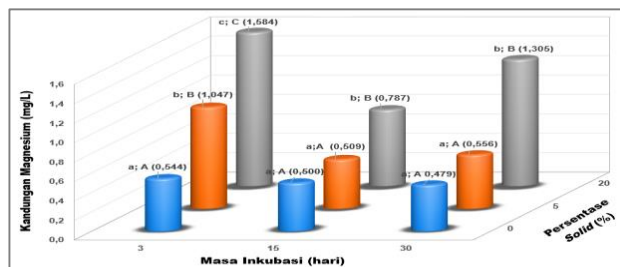


Gambar 17. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara Kalium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

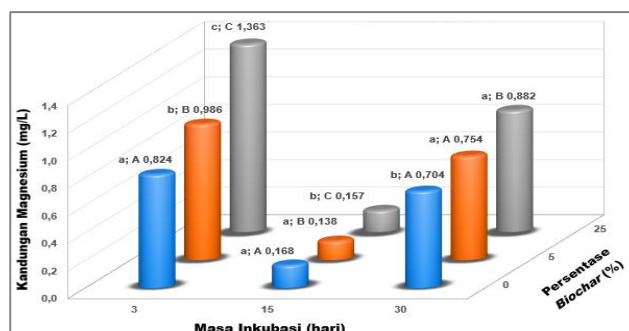
Berdasarkan hasil penelitian aplikasi kombinasi solid dan biochar selama masa inkubasi belum memberikan pengaruh yang baik terhadap daya jerap kadar hara kalium dalam air lindi, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata yang dihasilkan masih dalam jumlah yang tinggi sampai dengan masa akhir inkubasi. Besarnya nilai rata-rata kalium yang tercuci oleh pemberian *aquadest* diduga berasal dari pencucian tanah pascatambang, nilai analisis awal kalium tersedia pada biochar menunjukkan kriteria yang rendah sehingga diduga presentase dari aplikasi solid dan biochar pada tanah pascatambang belum mampu mengikat unsur hara kalium yang ikut tercuci.

Yusrial et al., (2000) menyatakan bahwa kalium bersifat *mobile* (tidak terikat kuat pada kompleks jerapan) sehingga mudah tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam. Lehmann et al., (2003) menyatakan bahwa kalium terbukti sangat *mobile* (mudah tercuci) di dalam tanah dan dalam jumlah besar hingga 30% pada tanah yang dipupuk dengan cepat akan tercuci.

6. Magnesium (Mg)



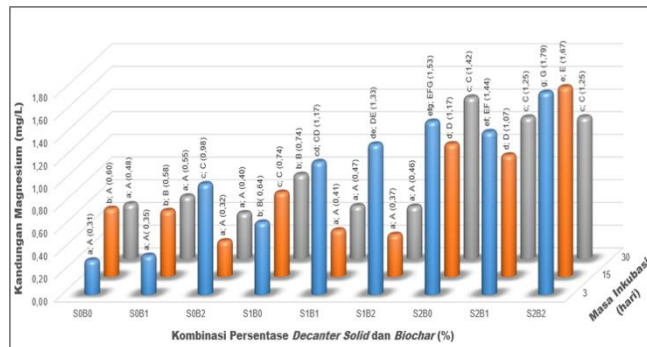
Gambar 18. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap Kadar Hara Magnesium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 19. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara Magnesium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Dari data analisis keragaman pada Gambar 18. menunjukkan bahwa solid terhadap kadar hara magnesium dalam air lindi tanah pascatambang batu bara pada masa inkubasi tiga hari, lima belas hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan. Namun pada Gambar 19. menunjukkan aplikasi biochar terhadap kadar hara magnesium dalam air lindi tanah pascatambang masa inkubasi tiga hari, lima belas hari dan tiga puluh hari berpengaruh signifikan.

Selama masa inkubasi menghasilkan pola pencucian yang relatif sama, dimana pencucian magnesium terjadi sejak masa inkubasi tiga hari dan mengalami kenaikan masa inkubasi lima belas hari, kemudian cenderung menurun masa inkubasi tiga puluh hari. Sehingga diduga aplikasi biochar dengan persentase 5% dan 25% menunjukkan adanya pengaruh yang baik terhadap daya jerap unsur hara magnesium selama masa inkubasi. Menurut George et al. (2012), pencucian magnesium akan lebih intensif pada tanah masam yang umumnya mengandung Al tinggi.



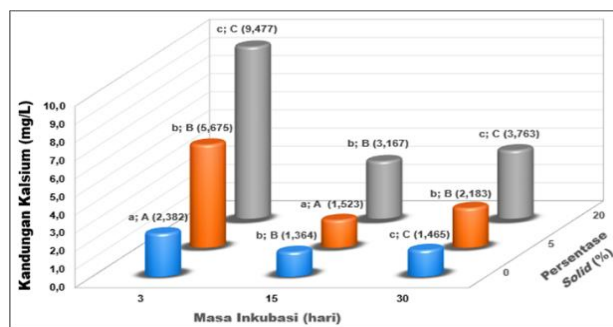
Gambar 20. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara Magnesium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Nilai Rataan dengan Notasi yang Sama Tidak Berbeda Nyata pada $\alpha=0,05$. Keterangan: S0 (Solid 0%), S1 (Solid 5%), S2 (Solid 20%), B0 (Biochar 0%), B1 (Biochar 5%), B2 (Biochar 25%). Notasi dengan Huruf Kecil dibaca dari Kiri ke Kanan, Notasi dengan Huruf Besar dibaca dari Depan ke Belakang.

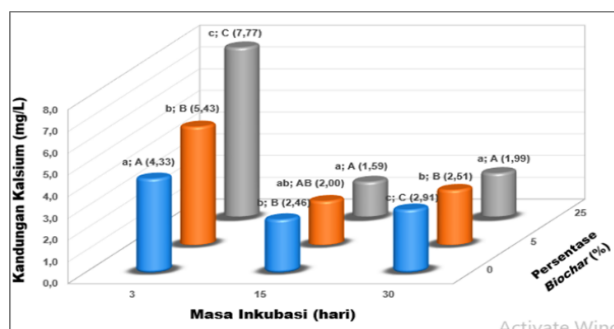
Berdasarkan hasil penelitian aplikasi kombinasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) memberikan pengaruh adanya kemampuan dalam menyerap kadar hara magnesium, hal ini ditunjukkan dengan adanya konsistensi dari nilai rata-rata yang mengalami penurunan. Selama masa inkubasi. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata masa inkubasi tiga hari sebesar 1,78 mg/L kemudian mengalami penurunan pada masa inkubasi lima belas hari sebesar 1,67 mg/L dan mengalami penurunan kembali pada masa inkubasi tiga puluh hari sebesar 1,25 mg/L.

Pramandiri (2012) menyatakan magnesium merupakan unsur yang relatif mudah tercuci, besarnya laju pencucian dipengaruhi oleh jumlah magnesium dalam mineral tanah, laju pelapukan, intensitas pelindian dan penyerapan oleh tanaman.

7. Kalsium (Ca)



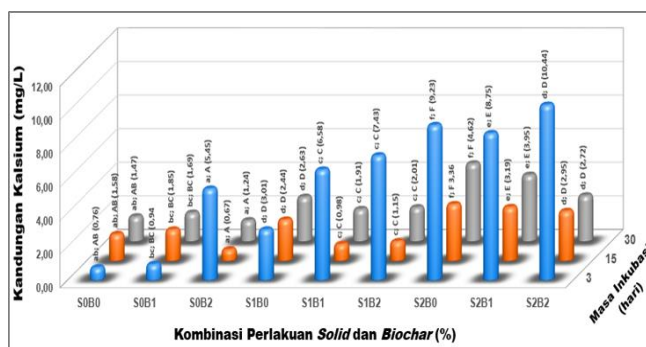
Gambar 21. Pengaruh Aplikasi Solid terhadap Kadar Hara Kalsium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara



Gambar 22. Pengaruh Aplikasi Biochar terhadap Kadar Hara Kalsium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Dari data analisis keragaman pada Gambar 21. menunjukkan bahwa solid dengan persentase 5% dan 20% belum memberikan pengaruh yang baik terhadap daya serap kadar hara kalsium dalam air lindi. Di mana nilai rata-rata air terlindi belum menunjukkan adanya penurunan yang signifikan pada masa inkubasi, hal ini dapat dilihat dari nilai air terlindi sampai akhir masa inkubasi yang masih tinggi.

Pemberian *aquadest* sebagai air hujan pada pipa perkolator terhadap tanah pascatambang batu bara menyebabkan hara kalsium pada sampel ikut tercuci. Soepardi (1983) menyatakan kalsium mudah sekali hilang karena adanya proses pencucian.



Gambar 23. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Solid dan Biochar terhadap Kadar Hara Kalsium dalam Air Lindi Tanah Pascatambang Batu Bara

Nilai Rataan dengan Notasi yang Sama Tidak Berbeda Nyata pada $\alpha=0,05$. Keterangan: S0 (Solid 0%), S1 (Solid 5%), S2 (Solid 20%), B0 (Biochar 0%), B1 (Biochar 5%), B2 (Biochar 25%). Notasi dengan Huruf Kecil dibaca dari Kiri ke Kanan, Notasi dengan Huruf Besar dibaca dari Depan ke Belakang.

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi kombinasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) memberikan pengaruh adanya kemampuan dalam menyerap kadar hara kalsium, hal ini ditunjukkan dengan adanya konsistensi dari nilai rata-rata kalsium dalam air lindi yang mengalami penurunan selama masa inkubasi. Masa inkubasi tiga hari menunjukkan nilai rata-rata sebesar 10,44 mg/L kemudian mengalami penurunan pada masa inkubasi lima belas hari sebesar 2,95 mg/L dan mengalami penurunan kembali pada masa inkubasi tiga puluh hari sebesar 2,72 mg/L.

Utomo et al., (2016) menyatakan, tingginya kandungan kalsium pada air lindi disebabkan kalsium dan hara makro berupa kation basa lainnya (K^+ , Na^+ , Mg^{2+}) dan juga hara mikro mangan (Mn) dan boron (Bo) termasuk hara yang pergerakannya *mobile* dalam tanah sehingga menyebabkan unsur hara kalsium tersebut mudah terlindi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pengaruh aplikasi solid dan biochar pada tanah pascatambang batu bara terhadap besarnya air terlindi menunjukkan aplikasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) memberikan nilai terendah yaitu 92,2 ml, hal yang sama terjadi pada masa inkubasi lima belas hari dimana aplikasi S2B2 memberikan penurunan jumlah air lindi sebanyak 89,3 ml, dan masa inkubasi tiga puluh hari sebesar 85,6 ml.
2. Pengaruh pemberian solid dan biochar pada tanah pascatambang batu bara terhadap konsentrasi hara Kalsium (K) terlarut dalam air terlindi masa inkubasi lima belas hari dan tiga puluh hari menunjukkan adanya pola pencucian yang menurun pada pemberian persentase biochar yang meningkat, di mana nilai rata-rata aplikasi B2 (biochar 25%) sebesar 1,59 mg/L lebih rendah dibandingkan B1 (biochar 5%) sebesar 2,46 mg/L dan kontrol B0 (biochar 0%) sebesar 2,00 mg/L. Pada masa tiga puluh hari menunjukkan nilai rata-rata aplikasi B2 (biochar 25%) sebesar 1,99 mg/L lebih rendah dari B1 (biochar 5%) sebesar 2,51 mg/L dan kontrol B0 (biochar 0%) sebesar 2,91 mg/L.
3. Formulasi terbaik dari pemberian solid dan biochar pada tanah pascatambang batu bara dapat dilihat dari aplikasi kombinasi S2B2 (solid 20% + biochar 25%) memberikan pengaruh adanya kemampuan dalam menjerap kadar hara kalsium dan magnesium, hal ini ditunjukkan dengan adanya konsistensi dari nilai rata-rata kadar hara dalam air lindi yang mengalami penurunan selama masa inkubasi.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti lebih lanjut bagaimana penggunaan solid decanter dan biochar memengaruhi kadar hara dalam air lindi tanah pascatambang batu bara dengan melihat variasi dosis yang berbeda. Selain itu, penelitian juga perlu dilakukan dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk melihat efek berkelanjutan dari aplikasi ini. Dengan begitu, kita bisa memahami lebih baik bagaimana kedua bahan ini dapat meningkatkan kualitas tanah dan air di lahan bekas tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, C. H., Lehmann, J., Thies, J. E., and Burton, S. D. (2008). Stability of Black Carbon in Soils Across a Climatic Gradient. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*.
- Dariah, A., dan Las, I. (2010). *Ekosistem Lahan Kering Sebagai Pendukung Pembangunan Pertanian. Membalik Kecenderungan Degradasi Sumber Daya Lahan dan Air*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 46-66.
- Darwo. (2003). *Respon Pertumbuhan Khaya anthoteca Dx. dan Acacia crassicarpa A. Cunn. Ex. Benth. Terhadap Penggunaan Endomikoriza, Pupuk Kompos dan Asam Humat pada Lahan Pascapenambangan Semen*. [Tesis, IPB. Bogor].
- George, E., W. J. Horst., and E. Neumann. (2012). Adaptation of Plants to Adverse Chemical Soil Conditions. 409-472. In Petra Marschner: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press.
- Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., dan Elad, Y. (2010). *Biochar Impact On Development and Productivity of Pepper and Tomato Grown in Fertigated Soilless Medianurida*. Plant and soil.
- Hanafiah, M. A. K. M., Zakaria, H., dan Ngah, W. W. (2009). Preparation, Characterization, And Adsorption Behavior of Cu (Ii) Ions onto Alkali-Treated Weed (*Imperata Cylindrica*) Leaf Powder. *Water, Air, And Soil Pollution*, 201(1), 43-53.
- Hardjowigeno, S. (1993). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Karyati, A., S., dan Syafrudin, M. (2016). *Fluktuasi Iklim Mikro di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman*. Agrifor.
- Kumar, A., and A. Ch. Pandey. (2013). Evaluating impact of coal mining activity landuse/ landcover using temporal satellite images in South Karanpura Coalfields and Environs. *Jharkhand State, India. IJARSG- An Open Access International Journal*.
- Lehman, L. B., Solomon, J., Kinyangi, D., Grossman, J., O'Neill, B., and Neves, E. G. (2006). Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Science Society of America Journal*.
- Lehmann, J. (2007). *Bioenergy in The Black*. *Frontiers in Ecology and the Environment*.
- Lehmann, J., and M. Rondon. (2006). *Bio-char Soil Management on Highly Weathered Soils in The Humid Tropics*. In: N. Uphoff (ed.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, Boca Raton, CRC Press. Taylor and Francis Group, 517-530.
- Lehmann, J., and S. Joseph. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*.
- Lehmann, J., J.P. Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. (2003). *Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments*. Plant and Soil.
- Mawardiana., Sufardi., dan E. Husein. (2013). Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan Npk Terhadap Dinamika Nitrogen, Sifat Kimia Tanah dan Hasil

- Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Musim Tanam Ketiga. *Jurnal Konservasi Sumber Daya lahan*. Pascasarjana Syiah Kuala.
- Nurida, N. L., Rachman, A., dan Sutono, S. (2012). *Potensi Pembenh Tanah Biochar dalam Pemulihan Sifat Tanah Terdegradasi dan Peningkatan Hasil Jagung pada Typic Kanhapludults Lampung*. Buana Sains.
- Oliveira, L J., Campo, CBH., Garcia, MA. (2002). Effect of soil management on the white grub population and damage in soybean. *Pesq. agropec. bras.*
- Pahan, I. (2008). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya.
- Patone, C. D., Kumaat, R. J., dan Mandej, D. (2020). Analisis Daya Saing Ekspor Sawit Indonesia ke Negara Tujuan Ekspor Tiongkok dan India. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 20(02).
- Rosmarkam, A., dan Yuwono, N.W. (2002). Ilmu Kesuburan Tanah. Penerbit Kanisius,
- Soepardi, G. (1983). *Sifat dan Ciri Tanah*. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Bogor. IPB.
- Utomo, B., dan E. Widjaja. (2004). *Limbah Padat Pengolahan Minyak Sawit sebagai Sumber Nutrisi Ternak Ruminansia*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah. Palangkaraya.