

## The Effect of Composting Azolla Compost Fertilizer and Humic Material on CO<sub>2</sub> Gas Production in Sand Land

Febrianti Rosalina<sup>1\*</sup>, Muhammad Syahrul Kahar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Sorong, Kota Sorong

Email: [rosalina.febrianti@yahoo.com](mailto:rosalina.febrianti@yahoo.com)

**Abstract.** This study was an experimental study which aimed to determine the effect of Compost Azolla Fertilizer (KA) and the addition of humic material (H) on the sand soil to the levels of CO<sub>2</sub> produced in the respiration process of soil microorganisms (incubation soil conditions). The design used is a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 9 treatments, namely 300 kg ha<sup>-1</sup> urea (U), 4 tons ha<sup>-1</sup> KA (T1), 15 liters ha<sup>-1</sup> H (T2), 2 tons ha<sup>-1</sup> KA + 15 liters ha<sup>-1</sup> H (T3), 4 tons ha<sup>-1</sup> KA + 15 liters ha<sup>-1</sup> H (T4), 6 tons ha<sup>-1</sup> KA + 15 liters ha<sup>-1</sup> H (T5), 2 tons ha<sup>-1</sup> KA + 30 liters ha<sup>-1</sup> H (T6), 4 tons ha<sup>-1</sup> KA + 30 liters ha<sup>-1</sup> H (T7), 6 tons ha<sup>-1</sup> KA + 30 liters ha<sup>-1</sup> H (T8) and 1 control (K) without the addition of train and H with 3 replications. Measurement of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels from each sample using gas chromatography equipped with TCD (Thermal Conductivity Detector). The statistical data analysis used was the F test, whereas to see the difference in the effect of each treatment, the BNT test was used. The results showed that Azolla compost fertilizer and humic material on sand soil had an effect on the level of CO<sub>2</sub> gas production produced in the soil microorganisms respiration process, where the concentration of Azolla compost fertilizer and humic material which most affected the increase of CO<sub>2</sub> gas production in sand soil was treated with the highest concentration of 6 tons ha<sup>-1</sup> Azolla + 30 liter compost fertilizer ha<sup>-1</sup> H (T8).

Keywords: Azolla compost fertilizer, CO<sub>2</sub> gas production, soil respiration



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2017 by author and Universitas Negeri Padang.

### 1. PENDAHULUAN

Penanganan terhadap kondisi suatu lahan yang telah mengalami penurunan tingkat kesuburan atau mengalami kerusakan memerlukan solusi yang efektif. Pada prinsipnya kandungan suatu hara atau mineral dalam tanah secara potensial sudah ada, tetapi ketersediaannya beragam tergantung pada kemampuan atau respon tanaman dalam menyerap hara. Selain itu, ketersediaannya juga tergantung pada kondisi lahan yang ada. Tanah yang kaya akan sumber haranya atau dengan kata lain mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas organisme tanah sehingga secara

tidak langsung memberikan pengaruhnya dalam memperbaiki dan mempertahankan kesuburan tanah dari segi faktor biologinya.

Pasir adalah salah satu bagian dari fraksi tanah yang miskin unsur hara dan mempunyai aktifitas biologi yang sangat rendah sehingga sangat sulit jika digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman. Sifat dari pasir yang porous dan memiliki daya menahan air sangat rendah merupakan salah satu kendala dalam pemanfaatan tanah – tanah dengan kandungan pasir yang tinggi. Selain itu, pasir juga cenderung memiliki kapasitas tukar kation yang rendah, sehingga unsur hara yang ada pada tanah berpasir lebih cepat hilang dan tercuci. Jumlah mikroorganisme pada tanah pasir sangat sedikit sehingga menyebabkan proses humifikasi berjalan lambat. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan tanah pasir yang memiliki suhu yang tinggi akibat intensitas matahari yang sangat besar serta kemampuannya menahan air sangat rendah tidak mendukung mikroorganisme untuk hidup.

Mikroorganisme tanah (baik bakteri maupun cendawan) memproduksi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan melalui proses oksidasi bahan organik tanah. Proses respirasi, kemampuan tumbuh dan membelah mikroba tanah disebabkan interaksi dengan lingkungan fisik yang ada disekitarnya, misalnya kelembapan tanah yang erat kaitannya dengan proses respirasi. Hubungan timbal balik dari bahan organik dan mikroorganisme dalam proses dekomposisinya akan menyediakan energi bagi mikroorganisme dan memberikan karbon sebagai penyusun sel dengan hasil samping seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, asam-asam organik dan alkohol. Dimana kecepatan dekomposisi dipengaruhi oleh sifat bahan organik dan sifat dari tanah itu sendiri. Sifat bahan organik yang mempengaruhi dekomposisi adalah rasio C/N dan komposisi kimianya, sedangkan sifat tanah atau lingkungan yang mempengaruhi proses dekomposisi adalah suhu, oksigen, kelembaban, pH ketersediaan hara dan adanya zat penghambat.

Penggunaan bahan-bahan alami seperti kompos akan memberikan keuntungan bagi tanah, tanaman, dan lingkungan. Penggunaan pupuk kompos sebagai pupuk organik dapat mengembalikan kesuburan tanah karena jenis pupuk ini mampu mengembalikan sifat fisik dan biologi tanah. Keberadaan azolla yang banyak di daerah persawahan dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan pupuk kompos organik. Salah satu kelebihan penggunaan azolla sebagai kompos karena merupakan sumber Nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman (Violita, 2017) sehingga memberikan manfaat yang cukup penting dalam menambah ketersediaan hara tanah, memperbaiki pertumbuhan tanaman, dan merangsang aktivitas mikroorganisme tanah. Selain itu, menurut Subowo (2010) dan Sismiyanti, dkk (2018), bahan organik yang diberikan ke dalam tanah akan membantu mengurangi erosi, menjaga kelembaban tanah, mengatur pH tanah, drainase, mengurangi efek pengerasan dan retakan pada tanah, meningkatkan pertukaran ion, dan aktivitas biologi tanah serta kesuburan tanah.

Selain kompos dari azolla, salah satu bahan yang dapat digunakan adalah bahan humat yang merupakan bahan yang diperoleh dari hasil ekstraksi bahan organik. Bahan humat ini melalui proses fisiologi dan metabolismenya akan merangsang pertumbuhan tanaman. Humus dan bahan humat adalah komponen tanah yang sangat penting karena perannya dalam pembentukan tanah. Selain itu berperan dalam proses metabolisme dan translokasi, aluminium, dan besi yang akan menghasilkan argilic dan spodik horizon (Tan, 2003).

Hal inilah yang mendasari penelitian ini yakni dengan adanya kemampuan *Azolla pinnata* bahan humat yang diaplikasikan pada tanah pasir maka akan menyebabkan dekomposisi mikroba tanah dan meningkatkan laju respirasi mikrobasehingga memberi keuntungan bagi kesuburan tanah. Berdasarkan uraian tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemberian pupuk kompos Azolla dan bahan humat terhadap kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada proses respirasi mikroorganisme pada tanah pasir.

## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan mengukur konsentrasi gas CO<sub>2</sub> pada setiap aplikasi berbagai takaran pupuk kompos Azolla (KA) dan bahan humat (H) pada tanah pasir dalam kondisi inkubasi. Desain penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 9 perlakuan dan 1 kontrol dengan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 30 kombinasi perlakuan. Adapun konsentrasi dari dosis masing-masing perlakuan terdiri dari kontrol (K)= tanpa penambahan KA dan H, Urea (U)=0,008 gr botol<sup>-1</sup> atau setara dengan 300 kg ha<sup>-1</sup>, T1=0,050 gr botol<sup>-1</sup> pupuk kompos azolla pinnata (setara 4 ton ha<sup>-1</sup>), T2= 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (15 liter ha<sup>-1</sup>), T3= 0,025 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 2 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (15 liter ha<sup>-1</sup>), T4= 0,050 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 4 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (15 liter ha<sup>-1</sup>), T5= 0,075 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 6 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (15 liter ha<sup>-1</sup>), T6= 0,025 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 2 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (30 liter ha<sup>-1</sup>), T7= 0,050 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 4 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (30 liter ha<sup>-1</sup>), T8= 0,075 gr botol<sup>-1</sup> KA (setara 6 ton ha<sup>-1</sup>)+ 0 ml botol<sup>-1</sup> bahan humat (30 liter ha<sup>-1</sup>). Penggunaan pupuk urea sesuai dengan dosis anjuran yaitu 300 kg ha<sup>-1</sup>, sementara untuk pemberian dosis pupuk kompos azolla berdasarkan Kustiono dkk (2012).

### 2.1 Pengomposan *Azolla pinnata*, Persiapan Bahan Humat dan Persiapan Bahan Tanah

Proses pengomposan *Azolla pinnata* dimulai dengan mencuci *Azolla pinnata* hingga bersih kemudian ditiriskan dan dikeringanginkan selama 24 jam. Setelah itu *Azolla pinnata* dikeringkan lagi dengan oven pada suhu 50 °C sampai kadar air *Azolla pinnata* berkurang 50%. Pengomposan dilakukan berdasarkan Yulipriyanto (2010) dengan modifikasi berupa

penambahan terasi dan gula pasir pada bahan dasar pupuk kompos. Pengomposan dilakukan dengan menggunakan ember plastik berwarna hitam. Sebanyak 1500 gram *Azolla pinnata* ditambah 10 gram gula pasir yang dilarutkan dalam 100 ml air dan 1 gram terasi yang dilarutkan dalam 50 ml air, dicampur dan diaduk hingga rata. Setelah itu ember ditutup dengan karung goni yang telah dilembabkan. Kompos *Azolla* diaduk kembali ketika terjadi peningkatan suhu kompos *Azolla*. Pengomposan dilakukan selama 1 minggu. Sedangkan bahan humat terlebih dahulu diencerkan sebanyak 100 kali pengenceran menggunakan aquades sebelum digunakan (Rosalina dkk, 2018). Sampel tanah yang digunakan adalah bahan tanah pasir yang diambil pada kedalaman 0-20 cm. Bahan tanah yang diambil kemudian dibersihkan dari serasah dan partikel lainnya, dikering udarakan dan di ayak dengan ayakan 2 mm.

## 2.2 Tahap Inkubasi

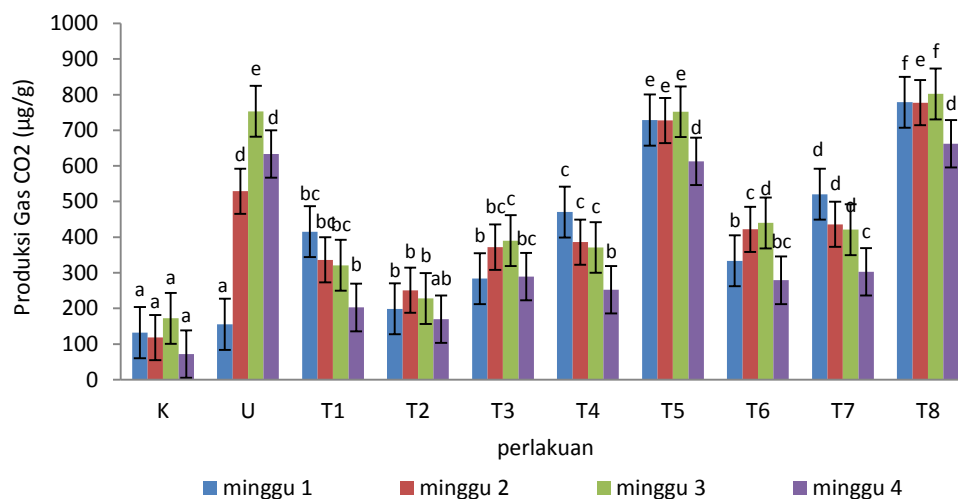
Bahan tanah pasir yang telah di ayak dan dikering udarakan dimasukkan ke dalam kantong plastik berwarna hitam dan di inkubasi selama 1 minggu (Pra-inkubasi). Setelah masa pra-inkubasi, tanah kemudian ditimbang sebanyak 25 gram dan dimasukkan ke dalam botol inkubasi. Pupuk kompos *Azolla* ditimbang sesuai dengan dosis yang diberikan pada masing-masing perlakuan dan dicampur ke dalam botol inkubasi yang sebelumnya berisi tanah. Selanjutnya bahan humat ditambahkan sesuai dengan dosis perlakuan menggunakan spoit. Setelah itu tanah diaduk secara homogen agar kompos *azolla* dan bahan humat tercampur rata. Botol kemudian disumbat menggunakan sumbat karet yang dilengkapi dengan *stockhold* dan selanjutnya diinkubasi selama 4 minggu. Gas yang terdapat di dalam botol diambil tiap minggunya dan disimpan ke dalam botol sampel (botol vial). Pada saat pengambilan data setiap minggunya botol sampel untuk minggu berikutnya dibuka sumbatnya selama kurang lebih 30 menit kemudian disumbat kembali, hal ini dilakukan untuk pemberian aerasi atau pergantian udara. Selanjutnya botol-botol sampel yang telah diambil dianalisis dengan menggunakan alat gas kromatografi yang dilengkapi dengan TCD (*Thermal Conductivity Detector*).

## 2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis *varians* (uji F) pada taraf kepercayaan  $\alpha : 0,05$ . Bila pengujian tersebut terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan pengujian dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan rata-rata produksi gas CO<sub>2</sub> pada tanah pasir yang diperlakukan dengan penambahan pupuk kompos Azolla dan bahan humat dengan berbagai konsentrasi dan pemberian pupuk urea sebagai pupuk pembanding disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 1, produksi gas CO<sub>2</sub> pada minggu pertama dan minggu kedua menunjukkan bahwa perlakuan T5 tidak berbeda nyata dengan perlakuan T8 dan berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Pada minggu ketiga produksi gas CO<sub>2</sub> yang paling baik ditunjukkan oleh perlakuan T5 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan U, tetapi diantara semua perlakuan yang ada, perlakuan T8 dengan dosis pupuk kompos azolla dan bahan humat yang paling tinggi adalah perlakuan yang memberikan produksi gas CO<sub>2</sub> juga yang paling tinggi. Selanjutnya pada minggu terakhir inkubasi yaitu pada minggu keempat rata-rata perlakuan menunjukkan penurunan produksi gas CO<sub>2</sub>. Walaupun mengalami penurunan produksi gas CO<sub>2</sub>, perlakuan U tidak berbeda nyata dengan perlakuan T5 dan T8, dimana perlakuan T8 adalah perlakuan yang paling baik pada minggu ke empat.



*Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha = 0,05$  dengan uji lanjut BNT*

Gambar 1. Rata-rata produksi gas CO<sub>2</sub> tanah pasir tiap minggu

Pemberian pupuk kompos Azolla dan bahan humat pada penelitian ini memberikan pengaruh yang beragam terhadap produksi gas CO<sub>2</sub> pada tanah pasir. Berdasarkan trend rata-rata produksi gas CO<sub>2</sub> pada tanah pasir yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa hampir semua perlakuan menunjukkan peningkatan produksi gas CO<sub>2</sub> pada minggu pertama hingga minggu ke tiga, tetapi pada minggu ke empat mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada awal masa inkubasi, mikroba yang terdapat dalam tanah masih

memiliki sumber energi yang banyak, tetapi pada minggu keempat diperkirakan stok sumber energi semakin menipis sementara jumlah mikroba juga melimpah sehingga akan ada persaingan sumber energi. Selain itu, bahan humat yang diberikan dalam bentuk cair sehingga aplikasinya dalam tanah cepat hilang.

Pemanfaatan *Azolla pinnata* sebagai bahan pupuk kompos dapat digunakan untuk meningkatkan aktivitas organisme tanah yang pada tahap selanjutnya akan memperbaiki dan mempertahankan kesuburan tanah. Tingkat aktivitas mikroorganisme tanah akan tercermin dari proses respirasi yang berlangsung, dimana proses ini menandakan adanya aktivitas kehidupan mikroba dalam tanah, termasuk berkembang biak.

Pelapukan bahan organik dapat dilihat dari nisbah C/N-nya, dapat dikemukakan bahwa bahan organik dengan nisbah C/N rendah nyatanya akan terlapuk dengan mudah dan cepat. Kegiatan jasad renik dan keadaan suatu bahan organik dalam tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen yang terdapat dalam tanah. Sebaliknya, bahan organik dengan nisbah C/N tinggi kenyataannya akan lambat terlapuk. Untuk itu diperlukan usaha dalam penambahan nitrogen dengan cara menambahkan pupuk nitrogen buatan maupun bahan alami yang cepat terlapuk (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2010). Menurut Yuwono (2008), unsur karbon (C) dalam proses metabolisme dan perbanyakan sel dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber energi, sementara unsur nitrogen (N) digunakan untuk sintesis protein atau pembentukan protoplasma.

Lambatnya proses amonifikasi yang terjadi pada pupuk kompos *Azolla* menyebabkan unsur nitrogen yang terkandung dalam urea dapat langsung tersedia bagi tanah. Bila urea diberikan ke dalam tanah proses hidrolisis cepat sekali terjadi sehingga mudah menguap menjadi amoniak yang dapat mendukung pertumbuhan mikroba. Hal inilah yang menyebabkan perlakuan urea pada gambar 1 menunjukkan produksi gas CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Konversi senyawa nitrogen organik menjadi amonium dipicu oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah. Produksi ammonium melalui beberapa langkah yang dimulai dari pemecahan polimer nitrogen organik yang menghasilkan monomer untuk kemudian dimetabolisme dengan hasil akhir berupa ammonium yang selanjutnya akan dilepaskan ke dalam larutan tanah. Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme akan mendegradasi protein, dinding sel mikroorganisme, asam nukleat, dan menghidrolisis urea. Produksi akhir ammonium terjadi dalam sel mikroba melalui aktivitas enzim intraseluler. (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Dalam proses dekomposisi bahan organik C banyak hilang oleh respirasi mikroba tanah, sedangkan N banyak terasimilasi dalam sel mikroba dan dekomposisi akan terhenti setelah mencapai kesetimbangan C:N seperti pada biomasa mikroba (Coleman and Crossley, 1995 dalam Subowo, 2010). Sementara dari jenis fungi dapat mengendalikan C-organik tanah,

karena dalam proses dekomposisi bahan organik tanah pelepasan C sebagai CO<sub>2</sub> sangat rendah dan 30-40% C-organik tersimpan sebagai miselium (Alexander, 1977 dalam Subowo, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian pupuk kompos Azolla dan bahan humat dengan berbagai dosis terlihat jelas mempengaruhi peningkatan dan penurunan produksi gas CO<sub>2</sub> pada tanah, yang berarti bahwa adanya peningkatan dan penurunan produksi gas CO<sub>2</sub> tersebut dipengaruhi oleh kemampuan mikroorganisme tanah dalam berkembang biak, hal ini tentu mempengaruhi proses respirasi tanah. Sedangkan pupuk urea yang digunakan sebagai pupuk pembanding digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk kegiatan dekomposisi karena urea mempunyai kadar nitrogen yang cukup tinggi yakni sekitar 46% sehingga menyebabkan laju respirasi meningkat hingga minggu ketiga dan menurun pada minggu keempat.

Adanya kecenderungan respirasi tanah meningkat pada minggu tertentu setiap perlakuan namun setelah itu terjadi penurunan baik pada perlakuan dengan atau tanpa pemberian pupuk kompos Azolla diduga bahwa pada awal pemberian pupuk, mikroorganisme langsung bereaksi aktif yang berakibat meningkatnya produksi CO<sub>2</sub> (respirasi tanah). Tetapi seiring waktu, pemberian pupuk yang telah diaplikasikan sebelumnya mulai menurunkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berakibat pada penurunan produksi CO<sub>2</sub>. Pada awal dekomposisi, kandungan karbon relatif banyak sehingga aktivitas bakteri cukup tinggi. Selama berlangsungnya proses dekomposisi karbon akan semakin berkurang, sehingga berdampak pada menurunnya aktivitas bakteri.

Hal lain yang menyebabkan laju respirasi mengalami peningkatan dan penurunan karena selama masa inkubasi selain terjadi dekomposisi juga terjadi penambahan bahan organik dari kematian mikroorganisme. Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa selama masa inkubasi produksi rata-rata gas CO<sub>2</sub> tidak mengalami penurunan secara terus menerus, tetapi adakalanya mengalami peningkatan. Peningkatan ini dikarenakan selama masa inkubasi terjadi persaingan nutrisi antar mikroba. Hal ini sesuai dengan pernyataan Badriyah (2007) bahwa mikroorganisme mampu berkembangbiak dengan cepat seiring dengan bertambahnya waktu dan persediaan nutrisi dalam media pertumbuhannya. Jika persediaan nutrisi telah habis, maka metabolisme mikroorganisme akan menurun dan mati. Oleh karena itu agar bahan organik terlapuk sempurna, maka perlu dilakukan inkubasi untuk memberi kesempatan mikroorganisme mendekomposisi bahan organik dengan sempurna. Mikroba yang mampu bertahan akan tetap hidup dan yang tidak mampu memperoleh nutrisi akan mati. Sebagaimana pernyataan Rao (1994) bahwa bahan organik dalam tanah berasal dari sisa tanaman dan hewan yang tersusun atas karbohidrat, protein, lemak dan bahan organik lain. Oleh karena itu selama masa inkubasi jumlah bakteri mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak stabil.

Gambar 4 menunjukkan kandungan C-organik yang cenderung meningkat dengan penambahan dosis bahan humat. Hal ini berkaitan dengan hasil beberapa eksperimen terdahulu menyatakan bahwa C-organik yang tinggi dapat disebabkan karena kandungan C-organik yang tinggi pada bahan humat itu sendiri. Selain itu, aplikasi bahan humat memacu aktivitas biologi dan meningkatkan biomassa mikrobiologi tanah yang lebih besar secara bersamaan membuka jalan untuk meningkatkan kandungan C-organik (Bama *et al*, 2003). Bahan humat merupakan fraksi utama dari bahan organik. Kandungan bahan organik yang penting ialah C dan N. Kadar bahan organik dapat diduga dari kadar karbon organiknya, selanjutnya ditentukan secara tidak langsung yaitu dengan mengalikan kadar C dengan suatu faktor yang umumnya sebagai berikut: kandungan bahan organik = C x 1,724. Tan (2003) menyatakan bahan humat berperan aktif dalam fiksasi dan pelepasan C-organik. Semakin tingginya penambahan bahan humat diduga dapat menyumbangkan bahan organik yang lebih banyak, dan besarnya kandungan bahan organik tersebut ditunjukkan oleh persentase kadar karbon organiknya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pemberian pupuk kompos Azolla dan bahan humat pada tanah pasir memberikan pengaruh terhadap kadar produksi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada proses respirasi mikroorganisme tanah, dimana konsentrasi pupuk kompos Azolla dan bahan humat yang paling berpengaruh terhadap peningkatan produksi gas CO<sub>2</sub> pada tanah pasir adalah perlakuan dengan konsentrasi paling tinggi yaitu 6 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kompos azolla + 30 liter ha<sup>-1</sup> H (T8).

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Badriyah, K. 2007. Pengaruh Penambahan Pupuk Hijau dan Masa Inkubasi Terhadap Jumlah Mikroba Tanah. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Bama, S.K., Selvakumari, G., Santhi, R and Singaram, P. 2003. Effect of humic acid on nutrient release pattern in an alfisol (Typic Haplustalf). *The Madras Agriculture Journal*, 9(10): 665.
- Handayanto dan Hairiah. 2009. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Malang.
- Rao, S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Edisi Kedua. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rosalina, F., Tjahyandari, D., & Darmawan, D. (2018). The Potential Of Nickel Slag with Humic Substance Addition as Ameliorating Materials on Gajrug Red-Yellow Podzolic. *SAINS TANAH-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 15(1), 61-68.
- Sismiyanti, Hermansah, dan Yulnafatmawati. 2018. Klasifikasi beberapa sumber bahan organik dan optimalisasi pemanfaatannya sebagai biochar. *J. Solum*, 15(1): 8-16



- Subowo, G. 2010. Strategi Efisiensi Penggunaan Bahan Organik Untuk Kesuburan dan Produktivitas Tanah Melalui Pemberdayaan Sumberdaya Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(1).
- Sutedjo., Mulyani, M., dan Kartasapoetra, A.G. 2010. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in Soil Environmet, Principles and Controversies*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Violita. 2017. Efisiensi Penggunaan Nitrogen (Nue) dan Resorpsi Nitrogen pada Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas dan Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Jurnal Bioscience*, 1(1); 8-17
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Yuwono, T. 2008. *Bioteknologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.