

## Soil Fertility Analysis with Soil Microorganism Indicators

Febrianti Rosalina <sup>1\*</sup>, Sukmawati Sukmawati <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

<sup>2</sup> Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

\*Correspondence author : [febriantirosalina@um-sorong.ac.id](mailto:febriantirosalina@um-sorong.ac.id)

**ABSTRACT.** Areca nut and sago are typical fruits of the Papuan Community which produce waste. Utilization of waste for the community itself has not been done optimally, especially in agriculture. One way to overcome the problem of soil fertility is by adding organic matter. Areca nut shell waste and sago stem waste are alternative uses of existing waste by processing it into liquid organic fertilizer (POC) and biochar. Adding organic matter to the soil can increase soil productivity and fertility and can affect soil biological properties by increasing the activity of soil biota which play a role in breaking down and decomposing organic matter so that soil biological properties increase. The purpose of this study was to compare the biological properties of the soil applied with biochar and liquid organic fertilizer (POC) derived from areca nut shell and sago bark waste. The research method consisted of a completely randomized design (CRD) which consisted of 7 treatment levels. The first treatment (SB0) was control (without adding biochar), the second treatment (SB1) was areca nut shell waste biochar, the third treatment (SB2) was sago stem waste biochar, the fourth treatment (SB3) was a combination of areca nut shell and stem biochar. sago, the fifth treatment (SB4) was POC of areca nut shell waste, the sixth treatment (SB5) was POC of sago stem waste, and the seventh treatment (SB6) was a combination of POC of areca nut shell waste and sago stems. The parameters of this study included determining the total bacterial population, total fungal population, soil respiration, organic matter activity, nitrogen fixing activity, pH, Organic-C, and Total-N. Based on the results of the research that has been done, it can be concluded that the treatment in the form of biochar and POC in general has a significant effect on increasing soil pH, Organic-C, Total-N, total bacterial population, total fungi population, soil respiration, Nitrogen fixing activity, and The activity of organic matter. Treatment with biochar (SB1, SB2, and SB3) gave the highest average microbial population which was directly proportional to the respiration rate.

**Keywords:** areca nut, microorganism activity, sago, soil fertility

**ABSTRAK.** Pinang dan sagu merupakan buah khas masyarakat Papua yang menghasilkan limbah. Pemanfaatan limbah bagi masyarakat itu sendiri belum dilkakukan secara optimal, terutama di bidang pertanian. Salah satu cara untuk mengatasi masalah kesuburan tanah adalah dengan pemberian bahan organik. Limbah kulit buah pinang dan limbah batang sagu menjadi alternatif pemanfaatan limbah yang ada dengan diolah menjadi pupuk organik cair (POC) dan biochar. Pemberian bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan produktivitas dan kesuburan tanah serta dapat mempengaruhi sifat biologi tanah dalam meningkatkan aktivitas biota tanah yang berperan dalam merombak serta mendekomposisi bahan organik sehingga sifat biologi tanah meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan sifat biologi tanah yang diaplikasikan dengan biochar dan pupuk organik cair (POC) yang berasal dari limbah kulit buah pinang dan kulit batang sagu. Adapun metode penelitian ini terdiri dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 7 taraf perlakuan. Perlakuan pertama (SB0) adalah control (tanpa pemberian biochar), perlakuan kedua (SB1) adalah biochar limbah kulit buah pinang, Perlakuan ketiga (SB2) adalah Biochar limbah batang sagu, Perlakuan keempat (SB3) adalah kombinasi Biochar limbah kulit buah pinang dan batang sagu, perlakuan kelima (SB4) adalah POC limbah kulit buah pinang, Perlakuan keenam (SB5) adalah POC limbah batang sagu, dan Perlakuan ketujuh (SB6) adalah kombinasi POC limbah kulit buah pinang dan batang sagu. Parameter dari penelitian ini meliputi penetapan total populasi bakteri, total populasi fungi,

respirasi tanah, Aktivitas perombak bahan organik, aktivitas penambat Nitrogen, pH, C-Organik, dan N-Total. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian perlakuan berupa biochar dan POC secara umum memberikan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan pH tanah, C-Organik, N-Total, total populasi bakteri, total populasi fungi, respirasi tanah, aktivitas penambat Nitrogen, dan Aktivitas perombak bahan organik. Perlakuan dengan pemberian biochar (SB1, SB2, dan SB3) memberikan rata-rata populasi mikroba tertinggi yang berbanding lurus dengan laju respirasinya.

**Kata kunci:** aktivitas mikroorganisme, kesuburan tanah, pinang, sagu



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. ©2022 by author.

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan lapisan atas bumi yang terjadi akibat pengaruh cuaca, jasad makhluk hidup yang melapuk dan menyebabkan mineral-mineralnya terurai. Salah satu cara untuk menangani masalah rendahnya unsur hara yang ada dalam tanah adalah dengan pengaplikasian bahan organik. Bahan organik dapat diperoleh dari berbagai limbah hasil produksi pertanian, salah satunya adalah limbah sagu dan pinang. Limbah kulit buah pinang dan limbah dari kulit batang sagu dalam jumlah yang melimpah belum dimanfaatkan oleh masyarakat papua secara optimal dan akan menjadi masalah lingkungan yang serius apabila tidak ditangani dengan benar, sehingga perlu adanya suatu upaya untuk memanfaatkan limbah tersebut. Mengingat kondisi lahan di papua, khususnya papua barat sebagian besar adalah lahan kering yang tingkat kesuburannya rendah, maka untuk meningkatkannya perlu ada pengolahan serta penambahan unsur hara ke dalam tanah agar dapat dimanfaatkan. Alternatif pemanfaatan limbah kulit buah pinang dan limbah batang sagu (Rosalina dan Febriadi, 2019) dapat diolah menjadi pupuk organik cair (POC) dan biochar sebagai bahan pembenah tanah.

Pemberian bahan organik selain mampu meningkatkan produktivitas tanaman, juga mampu meningkatkan kesuburan tanah salahsatunya dari sifat biologi tanah, yaitu melalui peran biota tanah dalam merombak dan mendekomposisi bahan organik sehingga menyebabkan peningkatan sifat biologi dalam tanah. Menurut Sagita *et al.* (2014) bahwa semakin tinggi serasah yang dimasukkan kedalam tanah maka semakin tinggi pula aktivitas mikroba dalam tanah, hal ini dipengaruhi karena serasah menjadi sumber energi dan nutrisi bagi mikroba khususnya bakteri yang berperan sebagai perombak bahan organik.

Tanah selain sebagai media tanam juga sebagai habitat berbagai organisme yang hidup didalamnya. Keberadaan organisme tanah sangat penting dalam membantu pertumbuhan serta produktivitas tanaman. Salahsatu peran organisme tanah selain dekomposisi bahan organik, juga berperan dalam distribusi dan pencampuran bahan organik dalam tanah, selain itu menjadi musuh terhadap pathogen yang menyerang tanaman (Widyati, 2013).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Suriadikanta dan Simanungkalit (2012) menunjukkan bahwa penurunan produktivitas sebagian besar lahan pertanian intensif dan degradasi lahan disebabkan karena rendahnya bahan organik yang terdapat dalam tanah, yaitu hanya sekitar <2%. Bahan organik yang terdapat dalam tanah secara bertahap akan mengalami proses dekomposisi, dalam proses tersebut mikroorganisme akan mendapatkan energi melalui proses respirasi dengan memanfaatkan unsur hara karbon. Menurut Anas (1989) total mikroba dalam tanah dapat digunakan sebagai indeks kesuburan tanah. Tanah yang subur mempunyai jumlah mikroba (populasi) yang tinggi yang menggambarkan adanya sumber energi atau suplai makanan yang cukup.

Sifat biologi tanah terutama pada bagian populasi mikroorganisme menjadi salah satu parameter penting dalam menduga produktivitas suatu lahan, hal ini disebabkan karena mikroorganisme tanah merupakan pemecah primer sehingga untuk mengetahui perbedaan sifat biologi tanah yang ada didekati dengan populasi total bakteri, populasi total jamur, dan pengukuran respirasi tanah. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian dengan tujuan untuk membandingkan sifat biologi tanah yang diaplikasikan dengan biochar dan pupuk organik cair (POC) yang berasal dari limbah kulit buah pinang dan kulit batang sagu.

## **2. METODE**

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 7 taraf perlakuan. Perlakuan pertama (SB0) adalah control (tanpa pemberian biochar), perlakuan kedua (SB1) adalah biochar limbah kulit buah pinang, Perlakuan ketiga (SB2) adalah Biochar limbah batang sagu, Perlakuan keempat (SB3) adalah kombinasi Biochar limbah kulit buah pinang dan batang sagu, perlakuan kelima (SB4) adalah POC limbah kulit buah pinang, Perlakuan keenam (SB5) adalah POC limbah batang sagu, dan Perlakuan ketujuh (SB6) adalah kombinasi POC limbah kulit buah pinang dan batang sagu.

### **2.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)**

Pembuatan pupuk organik cair (POC) dilakukan berdasarkan Marjenah *et al.* (2017) dengan tambahan modifikasi berupa terasi. Proses fermentasi dibiarkan berlangsung selama kurang lebih 7 hari. Suhu bahan di dalam komposter diukur sebelum komposter ditutup rapat. Setelah 14 hari hasil produksi pupuk organik cair (POC) sudah dapat diambil.

## **2.2 Pembuatan Biochar**

Pembuatan biochar dilakukan berdasarkan Balitbangtan (2017). Bahan baku biochar yang terdiri dari kulit buah pinang dan kulit batang sagu dijemur sampai kering untuk mengurangi kadar airnya. Setelah itu, tungku tanah dibuat dengan cara menggali tanah menyerupai setengah bola dengan diameter 1,5 m dan kedalaman kurang lebih 50 cm. Bahan baku kemudian dimasukkan dalam lubang dengan menaruh cerobong asap di tengah bahan dengan mulai pembakaran dari dalam cerobong menggunakan material mudah terbakar. Biochar dihasilkan setelah melalui proses pembakaran. Setelah itu, biochar ditimbang sesuai dengan dosis pada masing-masing perlakuan.

## **2.3 Persiapan Inkubasi Tanah**

Pengambilan bahan tanah dilakukan pada kedalaman 0-20 cm dari permukaan dengan membersihkannya terlebih dahulu dari serasah daun. Pengambilan bahan tanah dilakukan dengan metode purposive sampling dengan 5 titik pengambilan sampel yang kemudian dihomogenkan. Tanah kemudian dikeringudarkan, dihaluskan, dan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 5 mm. Selanjutnya, tanah ditimbang sebanyak 5 kg berat kering mutlak (BKM) untuk setiap polybag. Tanah kemudian dicampurkan dengan Biochar dan pupuk organik cair sesuai dengan dosis yang diberikan pada masing-masing perlakuan. Selanjutnya tanah disiram dengan air sampai kadar air kapasitas lapang dan diinkubasi selama 4 minggu.

## **2.4 Parameter Pengamatan**

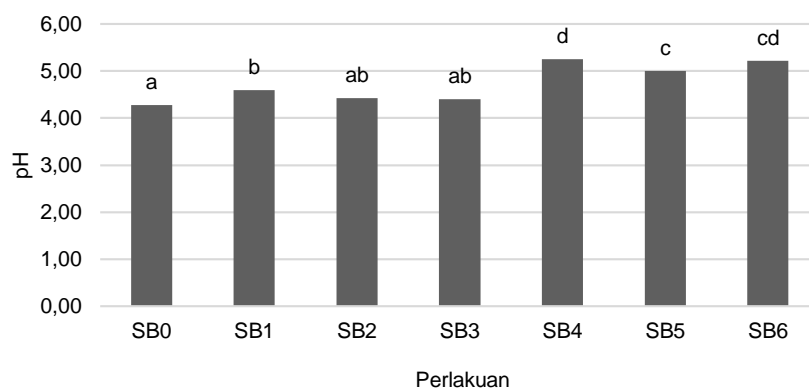
Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah penetapan total populasi bakteri (CFU/g), total populasi fungi (CFU/g), respirasi tanah ( $\text{Mg CO}_2\text{Kg}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ), Aktivitas perombak bahan organik, aktivitas penambat Nitrogen, pH, C-Organik (%), dan N-Total (%).

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, dapat dijelaskan dari hasil pengujian statistik diperoleh bahwa pemberian limbah kulit buah pinang dan batang sagu (dalam bentuk biochar dan POC) memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan pH tanah. Dari hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan SB4 tidak berbeda nyata dengan perlakuan SB6, dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan tren dari Gambar 1 menunjukkan bahwa tanah yang diberi perlakuan (SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, dan SB6) mengalami peningkatan pH tanah dibandingkan kontrol (SB0). Dimana rata-rata peningkatan pH yang terjadi berada pada kisaran 4,34 hingga 5,26 dari pH tanah awal sebesar 4,10. Menurut Hardjowigeno (2007),

mikroorganisme yang bisa bertahan pada kondisi pH tanah masam adalah bakteri pada pH 5,5 sementara fungi dan aktinomisetes hidup pada pH diatas 5 (Hanafiah *et al.*, 2009).

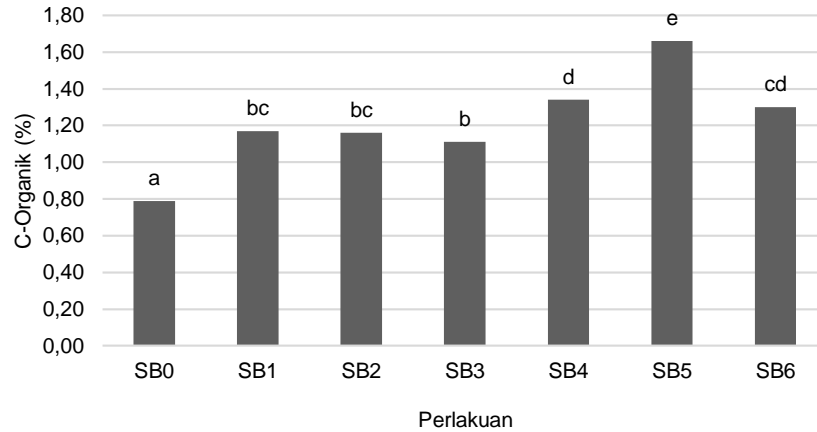
Menurut Syahputra (2007) dan Hanafiah *et al.* (2009), bahan organik sebagai sumber energi atau suplai makanan apabila jumlahnya dalam tanah sedikit maka akan menurunkan aktivitas mikroorganisme. Adapun peningkatan pH tanah terjadi karena pemberian bahan organik berupa biochar dan POC yang menyebabkan pelepasan mineral berupa kation-kation basa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) dalam proses dekomposisi sehingga menyebabkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  dalam tanah meningkat (Atmojo, 2013; Arifin *et al.*, 2022).



Angka-angka pada diagram batang yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% dengan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Gambar 1. Grafik pengaruh pemberian biochar terhadap pH tanah

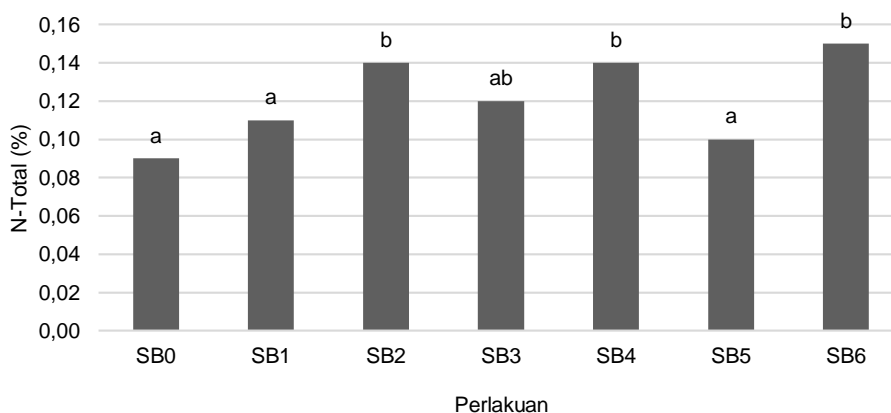
Kemampuan tanah dalam mempertahankan kesuburan serta produktivitas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik (C-organik) melalui aktivitas organisme tanah. Selain itu, bahan organik juga berperan dalam pembentukan agregat tanah Munandar (2013); Prabowo dan Subantoro (2018). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian limbah kulit buah pinang dan batang sagu (dalam bentuk biochar dan POC) berpengaruh nyata terhadap kadar C-organik dalam tanah (Gambar 2). Adapun hasil penetapan kadar C-organik yang dihasilkan tergolong rendah. Berdasarkan analisis lanjutan diketahui bahwa perlakuan SB5 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.



Angka-angka pada diagram batang yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% dengan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Gambar 2. Grafik pengaruh pemberian biochar terhadap C-organik dalam tanah

Gambar 3 menunjukkan bahwa kandungan N-total dalam tanah pada perlakuan SB2 (Biochar limbah batang sagu) tidak berbeda nyata dengan perlakuan SB4 (POC limbah kulit buah pinang), dan SB6 (kombinasi POC limbah kulit buah pinang dan batang sagu). Sementara kandungan N-total untuk perlakuan SB5 (POC limbah batang sagu) berbanding terbalik dengan kandungan C-Organiknya. Hubungan antara N-total dan C-organik didalam tanah sangat penting dalam menunjang aktivitas mikroorganisme. Jika ketersediaan C-Organik (sebagai sumber energi) berlebihan dalam tanah dibanding kandungan N-total maka akan menghambat perkembangan mikroorganisme. Oleh karena itu menurut Bachtiar (2006), kandugan C-Organik dan N-Total dalam tanah digunakan untuk mengetahui tingkat pelapukan dan kecepatan penguraian bahan organic serta ketersediaan nutrisi dalam tanah.



Angka-angka pada diagram batang yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% dengan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Gambar 3. Grafik pengaruh pemberian biochar terhadap N-total dalam tanah

Tabel 1. Hasil Analisis Biologi Tanah setelah diberikan perlakuan

Perlakuan	Total Bakteri (CFU/g)	Total Fungi (CFU/g)	Respirasi (mg CO <sub>2</sub> kg. <sup>-1</sup> hari <sup>-1</sup> )	Aktivitas penambat N	Aktivitas Perombak Bahan Organik
SB0	4.55 x 10 <sup>6</sup>	1.00 x 10 <sup>4</sup>	8.27	Positif	Positif
SB1	8.80 x 10 <sup>7</sup>	3.06 x 10 <sup>4</sup>	23.66	Positif	Positif
SB2	6.95 x 10 <sup>7</sup>	3.00 x 10 <sup>4</sup>	21.31	Positif	Positif
SB3	4.89 x 10 <sup>7</sup>	3.00 x 10 <sup>4</sup>	26.99	Positif	Positif
SB4	4.61 x 10 <sup>7</sup>	1.17 x 10 <sup>4</sup>	14.71	Positif	Negative
SB5	4.55 x 10 <sup>7</sup>	3.00 x 10 <sup>4</sup>	11.15	Positif	Negative
SB6	4.94 x 10 <sup>7</sup>	3.00 x 10 <sup>4</sup>	15.48	Positif	Negative

Berdasarkan hasil analisis biologi yang telah dilakukan (Tabel 1) diperoleh bahwa Total Bakteri dan Fungi dari perlakuan biochar (SB1, SB2 dan SB3) lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan menggunakan POC (SB4, SB5, dan SB6). Hal ini mengindikasikan juga bahwa semakin tinggi total mikroorganisme (bakteri dan fungi) maka nilai respirasi mikroorganisme dalam tanah juga akan semakin tinggi. hal ini dibuktikan dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan biochar (SB1, SB2, dan SB3) memiliki jumlah populasi mikroba dan fungi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan POC (SB4, SB5, dan SB6) berbanding lurus dengan total respirasi tanah yang dihasilkan. Hal ini didukung dari pernyataan Hanafiah et al., (2009) bahwa aktivitas mikroorganisme yang tinggi dalam tanah berhubungan dengan banyaknya populasi suatu mikroorganisme dan sumber bahan organiknya sebagai sumber energi.

Selain itu, tingginya hasil perhitungan total mikroba dan fungi pada perlakuan dengan menggunakan Biochar (SB1, SB2, dan SB3) disebabkan karena biochar menyimpan karbon untuk jangka Panjang dan secara tidak langsung juga tidak akan mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen. Sebagaimana yang diketahui bahwa karbon menjadi sumber energi bagi mikroba sehingga menyebabkan populasi total mikroba pada perlakuan yang menggunakan biochar menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Komarayati dan Indrawati, 2003; Haryanti *et al.*, 2018; Gani, 2009) bahwa biochar menyediakan habitat yang disukai oleh mikrob, selain itu pH yang dimiliki biochar sangat sesuai sebagai tempat berkembang biak mikrob sehingga mikrob mampu tumbuh dengan optimal. Sementara rendahnya perhitungan total mikroba dan fungi pada perlakuan dengan menggunakan POC (SB4, SB5, dan SB6) disebabkan karena POC yang menjadi sumber karbon dan sumber energi bagi mikroorganisme tersedia dalam jangka waktu cepat karena lebih mudah mengalami dekomposisi. Sementara biochar menjadi sumber bahan organik yang tersimpan dalam tanah karena proses dekomposisinya berlangsung lebih lambat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purakayastha *et al.*, (2015) yang menyatakan bahwa biochar mengandung senyawa karbon yang stabil dengan didominasi oleh struktur karbon aromatic, sehingga hanya sebagian kecil

dari biochar yang dapat termineralisasi dalam waktu singkat setelah diberikan perlakuan (setelah aplikasi).

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan pada keenam sampel perlakuan (Tabel 1) menunjukkan bahwa isolate bakteri penambat nitrogen bersifat positif. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat organisme tanah yang mampu menambat N<sub>2</sub>-udara baik pada perlakuan dengan menggunakan biochar maupun POC. Sehingga keberadaan organisme ini mampu meningkatkan hara tanah untuk menunjang kesuburan dan produktivitas tanah.

Adapun aktivitas perombak bahan organik dari hasil pengujian menunjukkan bahwa hanya perlakuan dengan menggunakan biochar yang positif dalam menunjukkan adanya aktivitas perombak bahan organik didalamnya. Mikroba perombak bahan organik berperan dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik yang terdiri dari selulosa dan lignin atau yang dikenal sebagai lignoselulosa. Adapun mikroba yang berperan berasal dari kelompok bakteri, cendawan, dan aktinomisetes dengan hasil akhir berupa humus. Menurut [8] bahwa mikroorganisme akan berkembang biak dengan baik jika kandungan bahan organik sebagai sumber makanan tersedia di lingkungannya.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian perlakuan berupa biochar dan POC secara umum memberikan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan pH tanah, C-Organik, N-Total, total populasi bakteri, total populasi fungi, respirasi tanah, aktivitas penambat Nitrogen, dan Aktivitas perombak bahan organik. Perlakuan dengan pemberian biochar (SB1, SB2, dan SB3) memberikan rata-rata populasi mikroba tertinggi yang berbanding lurus dengan laju respirasinya.

#### **5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sorong melalui Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3M) atas dana yang diberikan melalui Skema Hibah Penelitian Internal Tahun Anggaran 2021.

#### **6. REFERENSI**

- Arifin, Z., Ma'shum, M., Susilowati, L.E., dan Bustan. (2022). Aplikasi biochar dalam mempengaruhi aktivitas mikroba tanah pada pertanaman jagung yang menerapkan pola pemupukan terpadu. *Prosiding SAINTEK LPPM Universitas Mataram*, 4, 207-217.
- Atmojo, S. W. (2006). Degradasi lahan & ancaman bagi pertanian. Solo Pos, 7.
- Balitbangtan. (2017). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. *Teknologi Pembuatan Biochar Sederhana*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta. Kementerian Pertanian.



- Bachtiar, E. (2006). *Ilmu Tanah*. Meda : Fakultas Pertanian USU
- Gani, A. (2009). Arang hayati biochar sebagai komponen perbaikan produktivitas lahan. *Iptek Tanaman Pangan*, 4, 33-48.
- Rosalina, F., & Febriadi, I. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang dan Batang Sagu dalam Pembuatan Pupuk Organik Cair. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 11(3), 13-18.
- Hanafiah, A. S., T. Sabrina dan H. Guchi. (2009). *Biologi dan Ekologi Tanah*. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian. Medan.
- Hardjowigeno, H. S. (2007). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Haryanti., Anas, I., Santosa, D.A., dan Sasmita, K.N. (2018). Penggunaan biochar dan decomposer dalam pengomposan limbah kulit buah kakao serta pengkayaan mikrob pelarut fosfat (MPF) untuk meningkatkan kualitas pupuk organik. *J. Il. Tan. Ling.*, 20 (1), 25-32.
- Komarayati, S. dan I. Indrawati. (2003). Isolasi dan identifikasi mikroorganisme dalam arang kompos. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 21, 251-258.
- Marjenah, Kustiawan W, Nurhifitiani I, Sembiring KHM, dan Ediyono RP. (2017). Pemanfaatan limbah kulit buah-buahan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. *J Hut Trop* 1(2), 120-127.
- Munandar, A. (2013). Sifat Fisik Tanah Pada Berbagai tipe penggunaan lahan di subDAS Olojonge Parigi Moutong. [Skripsi]. Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan UNTAD.
- Prabowo, R dan Subantoro, R. (2018). Analisis tanah sebagai indicator tingkat kesuburan lahan budidaya pertanian di kota semarang. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*: 59-64.
- Purakayastha, T. J., Kumari, S., & Pathak, H. (2015). Characterisation, stability, and microbial effects of four biochars produced from crop residues. *Geoderma*, 239, 293–303.
- Sagita, L., Siswanto. B., dan Hairiah. K. (2014). Studi Keragaman dan Kerapatan Nematoda pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Sub Das Konto. *J. Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 23-63.
- Suriadikarta, D, A. and Simanungkalit, R. D. M. 2012. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Susilawati., Mustoyo., E. Budhisurya., R. C. W. Anggono dan B. H. Simanjuntak. (2013). Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateau di Dieng. *Jurnal Agric* 25 (1), 64- 72.
- Syahputra, M. D. 2007. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah di Hutan Mangrove. [Skripsi]. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian. Medan.
- Widyati, E. (2013). Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah Terhadap Produktivitas Lahan, *Tekno Hutan Tanaman*, 6(1), 29–37.