

Total Mikroba pada Tanah yang Dicemari Sludge Limbah Pabrik Kertas dengan Perlakuan Pupuk Guano

Total Microbes In Contaminated Soil with Sludge of Paper Factory Waste Using Guano Fertilizer Treatment

Dwi Erwin Kusbianto^{1*}, Laura Yohana Sitompul², Ayu Puspita Sari³ dan Bimantara S. Oetama⁴

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Jember

^{2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jember

⁴Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

*corresponding author: dwierwin@unej.ac.id

ABSTRACT

There are 83 paper mills in Indonesia recorded by the Indonesian Pulp and Paper Association (APKI) spread throughout the archipelago. These paper companies produce products in the form of tissues, various types of paper, and other fiber-based products. Efforts to meet the needs of this raw material produce innovations in the form of using waste paper by separating the ink from the fibers contained in the paper, this separation process is known as the deinking process. Paper mill solid waste can be in the form of sludge, pith, and biosludge. Sludge is a factory solid waste originating from the settling of WWTP which consists of 90% solid and 10% liquid. Paper mill waste in the form of solid waste from sludge contains heavy metals such as Cd, Cr, Pb, Ni, Cu, and Zn. These metals can be overcome by bioremediation using guano fertilizer which is an organic material derived from bat droppings which is rich in phosphate. The purpose of this study was to determine the microbial population in soil contaminated with paper mill sludge waste treated with guano fertilizer. The parameters observed in this study were the total number of bacteria and fungi that survive in soil contaminated with paper mill waste as an indication that the land can still be planted with certain plants. This research was conducted at the Laboratory of Soil Biology, Laboratory of Soil and Land Fertility Agrotechnopark – Faculty of Agriculture – University of Jember. This study used a 3x3 two factorial experimental design with the basic pattern of Randomized Block Design (RAK), namely between the concentration of paper mill effluent and the dose of guano fertilizer, each treatment was repeated three times. The microbial population can be determined by analyzing total bacteria, total fungi. Soil that had been contaminated with paper mill waste was incubated with guano fertilizer, each combination was analyzed at 15 hst and 30 hst for total bacterial and total fungal populations. During the incubation period, irrigation was carried out using a sprayer to maintain moisture in the incubation media. The results showed that the total population of bacteria and fungi in the growing media contaminated with paper mill sludge waste by administering different doses of guano showed results that were not significantly different, but the total population tended to increase with increasing incubation period. Pollution of sludge waste in the planting medium has a significant effect on increasing the total Fungi Population when compared to the control. The relationship between paper mill effluent pollution and guano fertilization is very low with a coefficient of determination of less than 0.5.

Keywords: Total Microbes, Sludge, Guano

ABSTRAK

Pabrik kertas di Indonesia tercatat oleh Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) berjumlah 83 yang tersebar diseluruh nusantara. Perusahaan-perusahaan kertas tersebut menghasilkan produk berupa tisu, berbagai macam kertas, serta produk-produk dari serat lainnya. Upaya memenuhi kebutuhan bahan baku ini menghasilkan inovasi berupa pemanfaatan kertas bekas dengan cara pemisahan antara tinta dengan serat yang terkandung dalam kertas, proses pemisahan ini dikenal dengan proses deinking. Limbah padat pabrik kertas dapat berupa sludge, pith, dan biosludge. Sludge merupakan limbah padat pabrik berasal dari pengendapan IPAL yang terdiri dari 90% padatan dan 10% cair. Limbah pabrik kertas yang berupa limbah padat dari lumpur (Sludge) mengandung logam-logam berat seperti Cd, Cr, Pb, Ni, Cu, dan Zn. Logam-logam ini dapat diatasi dengan bioremediasi memanfaatkan pupuk guano yang merupakan bahan organik berasal dari kotoran kelelawar kaya akan fosfat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui populasi mikroba yang ada pada tanah tercemar limbah sludge pabrik kertas yang diberi perlakuan pupuk guano. Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu jumlah total bakteri dan fungi yang bertahan hidup pada tanah yang tercemar limbah pabrik kertas sebagai indikasi bahwa lahan tersebut masih dapat ditanami oleh tanaman tertentu. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kesuburan Tanah dan lahan Agrotechnopark – Fakultas Pertanian – Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan dua faktorial 3x3 dengan pola dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu antara konsentrasi limbah pabrik kertas dan dosis pupuk guano, masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali ulangan. Populasi mikroba dapat diketahui dengan melakukan analisis total bakteri total fungi. Tanah yang telah dicemari dengan limbah pabrik kertas diinkubasi dengan pemberian pupuk guano, masing-masing kombinasi di analisis pada 15 hst dan 30 hst untuk populasi total bakteri dan total fungi. Selama masa inkubasi dilakukan irigasi dengan menggunakan sprayer untuk mempertahankan kelembaban didalam media inkubasi. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa total populasi bakteri dan fungi pada media tanam yang dicemari limbah sludge pabrik kertas dengan pemberian dosis guano yang berbeda menunjukkan hasil yang tidak berbedanya, namun total populasi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan masa inkubasi. Pencemaran limbah sludge pada media tanam berpengaruh nyata pada peningkatan total Populasi Fungi bila dibandingkan dengan kontrol. Keeratan hubungan antara pencemaran limbah pabrik kertas dengan pemupukan guano sangat rendah dengan nilai koefisien determinasi kurang dari 0,5.

Keywords: Total Mikroba, Sludge, Guano

PENDAHULUAN

Pabrik kertas di Indonesia memiliki jumlah yang tidak sedikit, tercatat oleh Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) terdapat 84 pabrik kertas yang tersebar diseluruh nusantara (Ramadani, 2021). Wilayah terbanyak ditemukan pabrik kertas berada di pulau Jawa yaitu mencapai 68 yang sebagian besar berada di Jawa Timur, Jawa Barat, dan DKI Jakarta (Fia Atindu et al., 2021).



Sumber: Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia

Gambar 1. Peta Persebaran Perusahaan Industri Kertas Indonesia

Perusahaan-perusahaan kertas tersebut menghasilkan produk berupa tisu, berbagai macam kertas, serta produk-produk dari serat lainnya. Selain menghasilkan produk yang berguna, tentunya pabrik kertas juga menghasilkan limbah. Limbah dapat berupa cair, padat serta gas. Limbah cair berwarna pekat berasal dari lignin dan pewarna kertas serta bahan anorganik seperti NaOH, Na₂SO₄ dan klorin. Limbah padat pabrik kertas dapat berupa sludge, biosludge, dan pith. Terhitung oleh Litbang PT Kertas Leces produksi sludge mencapai 400ton/hari, biosludge 80 ton/hari, dan pith 120 ton/hari (Fauzia, dkk., 2017). Limbah yang dihasilkan dari proses produksi ini secara lingkungan kurang baik karena mempengaruhi kualitas air, udara serta kesuburan tanah setempat (Naslilmuna, 2017).

Apabila kesuburan tanah menurun, tentunya secara biologi akan berpengaruh pada mikroba tanah. Setelah tanah tercemar populasi mikroba tanah akan berkurang, aktivitas mikroba akan terganggu, serta biodiversitas mikroba akan menurun. Dampak limbah padat pabrik kertas terhadap mikroba tanah ini perlu diperbaiki atau diminimalkan salah satunya dengan menggunakan pupuk guano. Pemberian pupuk guano merupakan salah satu teknik remediasi dengan cara mengkelat logam-logam berat yang terdapat pada tanah yang tercemar limbah pabrik kertas (Tropik & 2015, 2015). Pupuk guano merupakan pupuk organik kaya akan fosfat yang berasal dari kotoran kelelawar. Bahan organik dari pupuk guano ini yang diharapkan dapat meningkatkan populasi, aktivitas, dan biodiversitas dari mikrobia pada tanah yang tercemar limbah padat pabrik kertas (Pertanian et al., 2013).

Limbah pabrik kertas yang berupa limbah padat dari lumpur (Sludge) mengandung logam-logam berat seperti Cd, Cr, Pb, Ni, Cu, dan Zn. Logam-logam ini dapat diatasi dengan bioremediasi memanfaatkan pupuk guano yang merupakan bahan organik berasal dari kotoran kelelawar kaya akan fosfat. Pupuk guano dianggap mampu mengkelat logam berat dengan asam organiknya (Firda et al., 2016). Penambahan pupuk guano ini diharapkan akan meningkatkan populasi, aktivitas dan biodiversitas mikroba dalam tanah yang tercemar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui populasi mikroba yang ada pada tanah tercemar limbah sludge pabrik

kertas yang diberi perlakuan pupuk guano. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan informasi bagi penanganan limbah sludge pabrik kertas.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu: Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kesuburan Tanah dan lahan Agrotechnopark – Fakultas Pertanian – Universitas Jember pada bulan Oktober 2013- Maret 2014.

Bahan: tanah, Tanah Inceptisol, Limbah Sludge pabrik pada proses deinking, Pupuk guano, Air (aquadest), Bahan analisis laboratorium.

Alat: cangkul, sabit, penggarris, timba, alat tulis, kamera, pH meter, tabung reaksi, erlenmeyer, penggojog, botol gojog, kertas saring, pipet, destilator, alat titrasi, labu ukur, eksikator, spektrofotometer, AAS, ayakan, timbangan analitik, dan oven.

Rancangan percobaan: Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan dua faktorial 3x3 dengan pola dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu antara konsentrasi limbah pabrik kertas dan dosis pupuk guano, masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali ulangan, yaitu:

Faktor pertama adalah dosis limbah pabrik kertas (L), terdiri atas 3 taraf yaitu:

- L1 : Dosis 0 mg/kg
- L2 : Dosis 1 mg/kg
- L3 : Dosis 2 mg/kg

Faktor kedua adalah dosis pupuk guano (G), terdiri atas 3 taraf yaitu :

- G1 : Dosis 0 gram/pot
- G2 : Dosis 100 gram/pot
- G3 : Dosis 200 gram/pot

Populasi mikroba dapat diketahui dengan melakukan analisis total bakteri total fungi (Ginting et al., 2017). Tanah yang telah dicemari dengan limbah pabrik kertas diinkubasi dengan pemberian pupuk guano, masing-masing kombinasi di analisis pada 15 hst dan 30 hst untuk populasi total bakteri dan total fungi. Selama masa inkubasi dilakukan irigasi dengan menggunakan sprayer untuk mempertahankan kelembaban didalam media inkubasi.

PARAMETER	METODE
Total Bakteri	Medium NA
Total Fungi	Medium PDA

Prosedur Penelitian sebagai berikut:

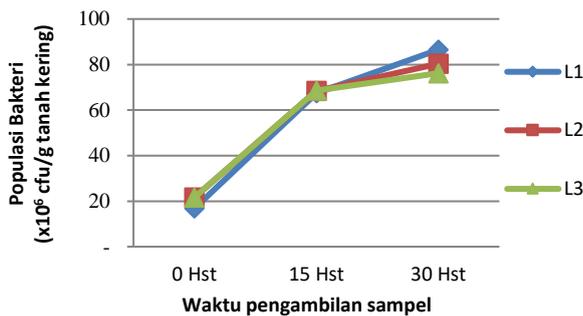
Enumerasi Total Bakteri (Medium Nutrient Agar). Memanaskan aquades sebanyak 600 ml hingga mendidih. Menimbang 20 g nutrient agar lalu menuangkannya ke dalam enlemeyer steril. Menambahkan aquades hingga volume 1 L. Mensterilisasi medium dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 0,1 Mpa selama ±2 jam. Inokulasi sampel menggunakan metode pourplate dan diamati setelah 2-3 hari masa inkubasi. Enumerasi total bakteri dilakukan dengan cara menghitung jumlah koloni yang tumbuh pada media NA.

Enumerasi Total Fungi (Medium Potatoes Dextrose Agar). Memotong kentang kecil-kecil berbentuk dadu sebanyak 300 gram Memanaskan aquades sebanyak 800 ml hingga mendidih Memasukkan potongan kentang ke dalam air yang telah dipanaskan, merebus kentang hingga kentang mulai lunak Mengambil air rebusan kentang yang sebelumnya kentang telah ditiriskan terlebih dahulu Memasukkan agar kedalam air rebusan kentang Menambahkan air hingga 100 ml, menggaduk hingga tercampur rata dan merebus hingga mendidih Mensterilisasi medium dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 0,1 Mpa selama ±2 jam. Inokulasi sampel menggunakan metode

pourplate dan diamati setelah 2-3 hari masa inkubasi. Enumerasi total fungi dilakukan dengan cara menghitung jumlah koloni yang tumbuh pada media PDA.

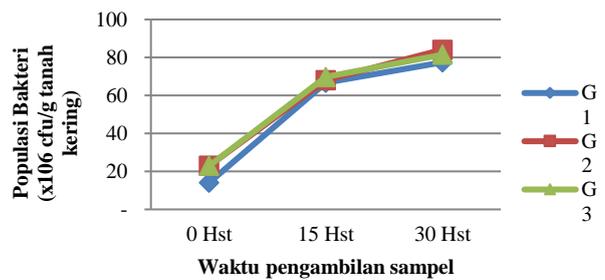
Pengaruh pemberian guano pada tanah tercemar limbah pabrik kertas terhadap populasi mikroba tanah

Bakteri merupakan mikroorganisme yang paling banyak jumlahnya ditemukan didalam tanah. Golongan bakteri ini pengaruhnya sangat besar bagi tanah. Bila dihubungkan dengan kesuburan tanah sebagai pertumbuhan tanaman, terdapat bakteri yang bersifat sebagai patogen maupun mikroorganisme yang mendukung pertumbuhan tanaman (Wungo et al., 2021).



Gambar 1. Grafik peningkatan populasi bakteri pada 0Hst, 15 Hst dan 30 Hst dengan konsentrasi limbah yang berbeda

Pengaruh perlakuan konsentrasi limbah pada tanah Inceptisol yang ditanami dengan tanaman sawi (*Brassica Juncea*) sebagai tanaman indikator menghasilkan data populasi bakteri pada 0 Hst, 15 Hst, dan 30 Hst yang ditunjukkan oleh gambar 1. Gambar 1 menggambarkan peningkatan total populasi bakteri pada saat 0 Hst yaitu sebelum dilakukannya penanaman tanaman sawi hingga tanaman sawi berumur 30 Hst. Peningkatan total populasi bakteri secara signifikan terjadi pada 0 Hst ke 15 Hst, kemudian populasi bakteri terus meningkat hingga 30 Hst. Perlakuan pencemaran limbah dengan 3 taraf pencemaran terlihat pengaruhnya pada peningkatan jumlah total populasi bakteri pada 15 Hst menuju 30 Hst. Perlakuan tanpa limbah (L1) memiliki peningkatan jumlah populasi tertinggi kemudian diikuti dengan konsentrasi limbah 1 mg/kg (L2), dan yang terakhir limbah dengan konsentrasi 2 mg/kg (L3).



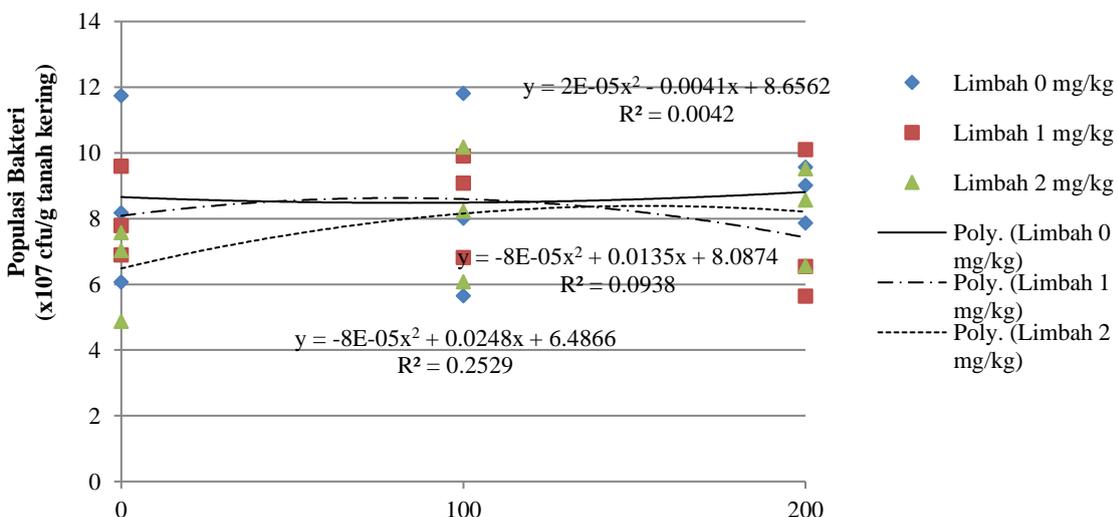
Gambar 2. Grafik peningkatan populasi bakteri pada 0 Hst, 15 Hst dan 30 Hst dengan dosis guano yang berbeda

Pemberian dosis guano dengan dosis yang berbeda pada tanah Inseptisol yang tercemar limbah pabrik kertas memberikan pengaruh tidak berbeda nyata untuk parameter total populasi bakteri (30 Hst) dalam analisis sidik ragam. Gambar 2 menunjukkan laju peningkatan populasi bakteri pada 0 Hst, 15 Hst dan 30 Hst. Peningkatan drastis pada 0 hingga 15 Hst disebabkan oleh perubahan lingkungan tanah yang mulanya non rhizosfer menjadi rhizosfer tanaman sawi.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa tidak adanya interaksi antara pemberian pupuk guano dengan pencemaran limbah. Pemberian pupuk guano dengan tiga taraf berbeda juga belum mampu menunjukkan perbedaan yang nyata pada parameter total populasi bakteri tanah. Perlakuan pencemaran limbah dengan 3 konsentrasi juga menghasilkan total populasi mikroba yang tidak berbeda nyata. Persamaan grafik pada Gambar 3 memiliki nilai koefisien determinasi yang sangat kecil sehingga sebaran datanya terlalu bias. Pernyataan ini dapat diperjelas setelah dilakukan uji lanjut dengan DMRT pada taraf kepercayaan 5% berikut:

Tabel 1 Hasil Uji DMRT pada Parameter Total Populasi Bakteri

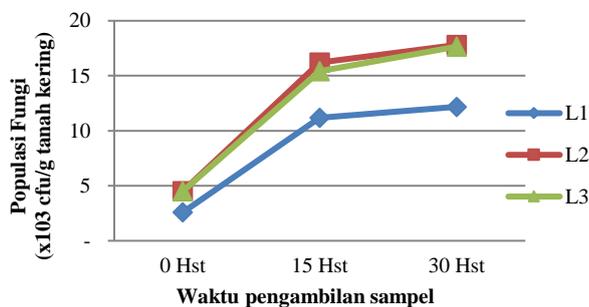
Dosis Guano	Dosis Limbah		
	L1	L2	L3
G1	8,66/a	8,09/a	6,49/a
G2	8,49/a	8,60/a	8,16/a
G3	8,81/a	7,42/a	8,21/a



Gambar 3 Hubungan pemberian guano dengan pencemaran limbah terhadap total bakteri dalam tanah

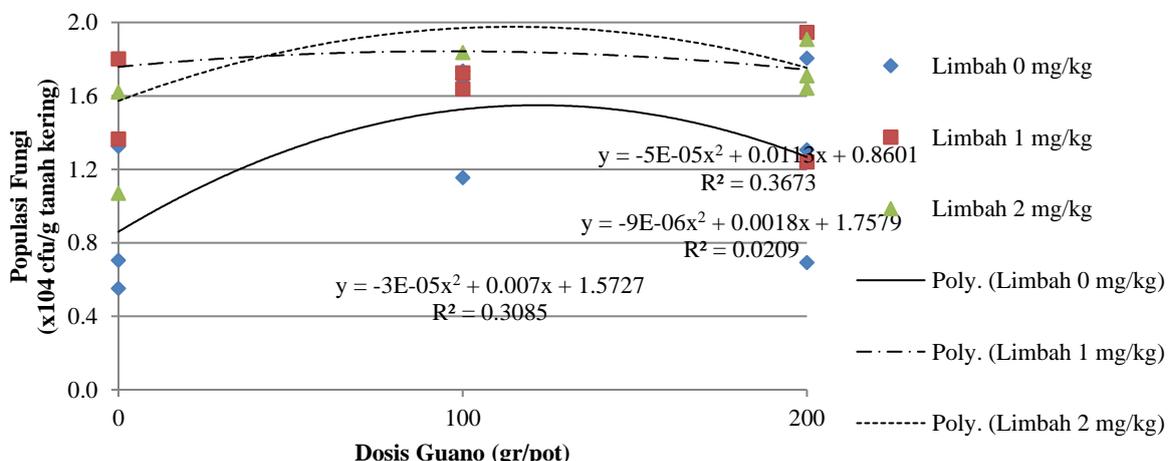
Hasil yang tidak berbeda nyata untuk parameter total populasi bakteri disebabkan oleh media yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari satu lokasi serta tanaman yang digunakan masing-masing sama yaitu menggunakan tanaman sawi sebagai tanaman indikator. Jumlah populasi mikroba pada rhizosfer tanaman yang sama memungkinkan sebaran mikroba tidak jauh beda antara satu dengan lainnya. Jumlah populasi bakteri yang beragam dan fluktuatif disebabkan karena adanya pengaruh faktor eksternal, hal ini sesuai dengan pendapat Setiadi (1989) dalam Widawati dan Suliasih (2006) yang menyatakan bahwa mikroba disekitar tanah jumlah populasinya tergantung kepada kepekaan mikroba itu sendiri, kesuburan tanah, kelembaban, dan intensitas cahaya, serta temperatur tanah.

Fungi merupakan mikroorganisme heterotrof yang membutuhkan substrat sebagai makanan (Fifendy, 2017). Selain bakteri, secara umum fungi merupakan mikroba terbanyak kedua didalam tanah. Analisis populasi total fungi dalam penelitian ini menggunakan metode total *plate count* dan *pour plate* dengan menggunakan medium PDA.

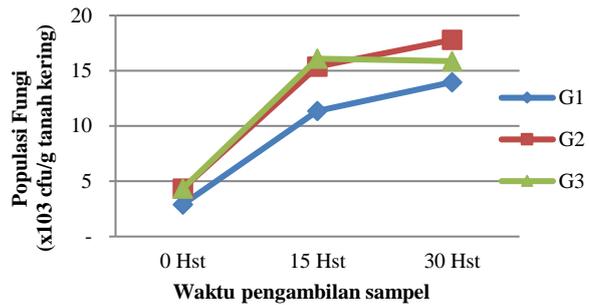


Gambar 4 Grafik peningkatan populasi fungi pada konsentrasi limbah yang berbeda

Hasil penelitian pada perlakuan pencemaran limbah pada konsentrasi 0 mg/kg, 1 mg/kg dan 2 mg/kg terhadap total populasi fungi cenderung meningkat dengan semakin bertambahnya waktu penanaman tanaman sawi (*brassica juncea*). Gambar 4 dapat diketahui bahwa pencemaran limbah dengan konsentrasi 1 mg/kg (L2) memiliki peningkatan populasi yang lebih besar dibandingkan taraf perlakuan yang lain diikuti dengan konsentrasi limbah 2 mg/kg (L3) dan peningkatan terendah pada taraf perlakuan tanpa pemberian limbah (L1). Besarnya jumlah populasi fungi pada perlakuan konsentrasi limbah 1 mg/kg dan 2 mg/kg diduga karena bahan limbah yang digunakan sebagai bahan penelitian sudah ditumbuhi oleh fungi yang dapat terlihat secara visual di lapang.



Gambar 6 Hubungan pemberian guano dengan pencemaran limbah terhadap total fungi dalam tanah



Gambar 5 Grafik peningkatan populasi fungi pada dosis guano yang berbeda

Total populasi fungi pada faktor dosis guano mengalami peningkatan mulai 0 Hst hingga 15 Hst, populasi tertinggi pada pemberian guano 200 gr/pot. Pengamatan pada 30 Hst terjadi penurunan pada perlakuan pemberian dosis guano 200 gram/pot (G3). Namun, hal ini tidak terjadi pada taraf perlakuan lainnya yang cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu penanaman sawi (*brassica juncea*). Nilai total populasi fungi tertinggi didapat pada taraf perlakuan pemberian dosis guano 100 gram/pot (G2) yang diikuti oleh taraf perlakuan pemberian dosis guano 200 gram/pot (G3) dan selanjutnya selanjutnya oleh taraf perlakuan tanpa pemberian guano (G1) (Gambar 5).

Garis kuadratik yang terdapat pada Gambar 6 masih belum dapat menggambarkan dikatakan mewakili data dikarenakan nilai koefisien determinasi masing-masing persamaan garis tidak lebih dari 0,5, artinya masih terdapat lebih dari 50% data tidak terwakili dengan keberadaan dari garis tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa pengaruh pemberian guano dan limbah pada parameter populasi fungi mampu meningkatkan jumlah koloni fungi bila dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, juga pada hasil uji lanjut DMRT pemberian limbah berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Hal ini berbeda dengan pengaruh pemberian pupuk guano, pengaruh pemberian pupuk guano dengan dosis 200 gr/pot berbeda tidak nyata terhadap kontrol, serta pemberian dengan dosis 100 gr/pot berbeda nyata terhadap kontrol namun berbeda tidak nyata terhadap pemberian dosis guano 200 gr/pot (Tabel 2). Hal ini disebabkan pupuk guano dan limbah merupakan bahan dengan kandungan C-organik yang tinggi, sedangkan fungi merupakan mikroorganisme heterotrof yang membutuhkan substrat sebagai kebutuhan utama untuk hidup (Hidayat, 2018).

Tabel 2. Hasil Uji DMRT pada Parameter Total Populasi Fungi

Dosis Guano	Dosis Limbah		
	L1	L2	L3
G1	0,86/a	1,76/bc	1,57/bc
G2	1,53/bc	1,84/bc	1,97/c
G3	1,27/ab	1,74/bc	1,75/bc

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari tanah sawah di Desa Kencong Kecamatan Kencong. Pembentukan tanah di lokasi penelitian termasuk landform aluvial, karena topografi masih tergolong datar ataupun cekung. Berdasarkan kunci taksonomi tanah diklasifikasikan dalam ordo Inceptisols (Soil Survey Staff, 2014).

KESIMPULAN

1. Total populasi bakteri dan fungi pada media tanam yang dicemari limbah sludge pabrik kertas dengan pemberian dosis guano yang berbeda menunjukkan hasil yang tidak berbedanya, namun total populasi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan masa inkubasi.
2. Pencemaran limbah sludge pada media tanam berpengaruh nyata pada peningkatan total Populasi Fungi bila dibandingkan dengan kontrol.
3. Keeratan hubungan antara pencemaran limbah pabrik kertas dengan pemupukan guano sangat rendah dengan nilai koefisien determinasi kurang dari 0,5.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzia Hatta, Sugeng Firmansyah, Putranty Widha Nugraheni. 2017. Sadarkan Mahasiswa Untuk Menggunakan Kertas Seperlunya. <https://id.scribd.com/document/526008693/Sadarkan-Mahasiswa-Untuk-Menggunakan-Ker>
- Fia Atindu, N., Yerizam, M., Dewi, E., Program, S., Teknologi, K., Industri, J., Teknik, K., Politeknik, N., & Sriwijaya, I. (2021). Rancang Bangun Digester Untuk Proses Pulping dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang dengan Pelarut NaOH. *Jpti.Journals.Id*, 1(9), 365–374. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.88>
- Fifendy, M. (2017). *Mikrobiologi*. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=A-VNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Fungi+merupakan+mikroorganisme+heterotrof+yang+membutuhkan+substrat+sebagai+makanan&ots=qHu0sqL3zd&sig=Ko8_OAv4BsVsfNlk60xPELoYSE
- Firda, F., Mulyani, O., & -, A. Y. (2016). Pembentukan, Karakterisasi Serta Manfaat Asam Humat Terhadap Adsorpsi Logam Berat. *Soilrens*, 14(2), 1–36. <http://journal.unpad.ac.id/soilrens/article/view/11032>
- Ginting, R., ... S. E. Y.-M. A., & 2022, U. (2017). ENUMERASI BAKTERI, CENDAWAN, DAN AKTINOMISETES. *Researchgate.Net*. https://www.researchgate.net/profile/Etty-Pratiwi-3/publication/368818055_Metode_Analisis_Biologi_Tanah/links/63fb22e90cf1030a56519b46/Metode-Analisis-Biologi-Tanah.pdf#page=22
- Hidayat, N. (2018). *Mikroorganisme dan pemanfaatannya*. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2VRjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Fungi+merupakan+mikroorganisme+heterotrof+yang+membutuhkan+substrat+sebagai+makanan&ots=l6bq23AI8N&sig=oSWCqCcasC_W1uQ3allzCqDAjbl
- Naslilmuna, M. (2017). *Analisis Kualitas Air Tanah Dan Pola Konsumsi Air Masyarakat Sekitar Industri Kertas Pt Jaya Kertas Kecamatan Kertosono Kabupaten Nganjuk (Implementasi Bahan*. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/66517/Analisis-Kualitas-Air-Tanah-Dan-Pola-Konsumsi-Air-Masyarakat-Sekitar-Industri-Kertas-Pt-Jaya-Kertas-Kecamatan-Kertosono-Kabupaten-Nganjuk-Implementasi-Bahan-Ajar-Kelas-XI-Materi-Lingkungan-Hidup>
- Pertanian, P., Penyuluhan, B., Ketahanan, D., Kabupaten, P., Tengah, A., Fakultas,), Unsyiah, P., Tgk, J., Krueng, H., No, K., & Aceh, D. B. (2013). Aplikasi Pupuk Guano dan Mulsa Organik Serta Pengaturan Jarak Tanam Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah dan Hasil Tanaman Bawang Merah (Allium. *Jurnal.Unsyiah.Ac.Id*. <https://jurnal.unsyiah.ac.id/MSDL/article/view/7086/0>
- Ramadani, M. P. (2021). *Produksi Benih Durian (Durio zibethinus Murr.) melalui Sambung Pucuk dan Okulasi di IP2TP Subang Jawa Barat*. <http://ereport.ipb.ac.id/id/eprint/6314/1/3G118032-01-Maghfira-Cover.pdf>
- Setiadi, Y. 1989. Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Kehutanan. Bogor: IPB
- Tropik, B. H.-J. P., & 2015, undefined. (2015). Remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan biochar. *Talenta.Usu.Ac.Id*, 2(1), 51–61. <https://talenta.usu.ac.id/jpt/article/view/2878>
- Widawati, S., dan Suliasih. 2006. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat. *Biodiversitas* 7(2): 100-113
- Wungo, P., Sutoyo, S., & Sumiati, A. (2021). *Eksplorasi Bakteri Penghasil Iaa (Indole Acetic Acid) Pada Tanah Hutan Dan Sawah*. <http://rinjani.unitri.ac.id/handle/071061/935>
- Yani. R. 2011. Karakterisasi Kemampuan Melarutkan Fosfat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Tithonia diversifolia Pada Media Agar Ekstrak Tanah. Skripsi. Padang: Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Yafizham. 2003. Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat Dan Pupuk P Terhadap Produksi Kacang Tanah Pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *J. Agrotrop* 8(1): 18-22