

The Potential of Heavy Metal (Pb) Degradation Agents in Composted Raw Materials from Inked Paper Waste

Uji Potensi Bahan Penurun Kandungan Logam Berat Pb Pada Bahan Baku Kompos Dari Sampah Kertas Bertinta

Hesti Kurniahu (*), Annisa Rahmawati, Sriwulan, Riska Andriani

Prodi Biologi FMIPA Universitas PGRI Ronggolawe Tuban
Jl. Manunggal 61, 62319, Tuban Jawa Timur,

*Corresponding author: hestiku.hk@gmail.com

Diterima 30 Mei 2022 dan disetujui 30 Juni 2022

Abstrak

Proses pra pengomposan sampah kertas bertinta memiliki fungsi untuk menurunkan kadar Pb pada bahan baku kompos berupa sampah kertas bertinta dengan menggunakan bahan penurun kandungan Pb (timbal) yang terdiri dari arang hasil pembakaran tongkol jagung, arang aktif, PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan cairan yang diambil dari dalam rumen sapi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menguji kualitas bahan baku kompos berupa sampah kertas bertinta setelah diberikan bahan penurun Pb. Kualitas bahan kompos yang dikaji berupa logam berat timbal (Pb) dan jumlah bakteri selulolitik. Uji Pb menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) dan uji bakteri selulolitik menggunakan metode *pour plate*. Data diuji statistik dengan Anova dan uji lanjut LSD. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian bahan penurun kandungan Pb berupa arang aktif dan PGPR berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Pb dan telah memenuhi SNI 19-7030-2004. Sedangkan jumlah bakteri selulolitik paling tinggi terdapat pada perlakuan pemberian cairan rumen sapi diikuti dengan perlakuan PGPR

Kata Kunci: Bakteri Selulolitik, Kertas, Logam Berat, Pb

Abstract

The pre-composting process of inked waste paper serves to reduce Pb levels in compost raw materials in the form of inked waste paper by using Pb (lead) degradation agents in the form of corn cob charcoal, activated charcoal, PGPR and cow rumen liquor. This study intends to ensure the quality of waste compost materials in the form of inked waste paper after being given pb degradation agents. Pb test using AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometer) method and cellulolytic bacteria test using pour plate method. The data were statistically tested with Anova and LSD advanced tests. From the results of observations, it was known that the provision of Pb degradations agents in the form of activated charcoal and PGPR has a significant effect on Pb levels and has met SNI 19-7030-2004. Meanwhile, the highest number of cellulolytic bacteria was found in the treatment of giving cow rumen liquor followed by PGPR treatment

Keywords : Cellulolytic Bacteria, Paper, Heavy metal, Pb



Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus is Licensed Under a CC BY SA Creative Commons Attribution-Share a like 4.0 International License. [doi https://doi.org/10.36987/jpbm.v8i2.2799](https://doi.org/10.36987/jpbm.v8i2.2799)

PENDAHULUAN

Penguraian limbah organik kompleks menjadi komponen sederhana menghasilkan kompos, proses ini terjadi dibantu aktivitas bakteri pengurai (Wahyuni,

2021). Limbah organik bahan baku kompos mengandung lemak, karbohidrat, protein dan kadar air yang nantinya dimanfaatkan oleh mikroba pengurai sebagai sumber energinya (Fuadi, 2020; Jekti, 2018). Unsur hara makro dan mikro didapatkan dari hasil degradasi komponen organik kompleks oleh mikroba. Unsur-unsur hara tersebut seringkali digunakan sebagai tolok ukur keberhasilan proses pengomposan karena dalam bentuk unsur hara yang sederhana tersebut tumbuhan mampu menyerapnya untuk memenuhi kebutuhan nutrisi agar siklus hidup tumbuhan dapat berjalan optimal (Gani *et al.*, 2021).

Proses pengomposan diperlukan untuk mengatasi berbagai masalah lingkungan yang diakibatkan karena adanya timbunan limbah terutama limbah organik (Ibrahim *et al.*, 2021; Kurniahu *et al.*, 2022). Di Indonesia keberadaan limbah ini belum mendapatkan penanganan secara tepat diantaranya hanya mengandalkan pola kumpul angkut buang atau pemanfaatan yang menyalahi aturan (Sholihah & Hariyanto, 2020). Penggunaan kertas bertinta bekas secara sembarangan misalnya sebagai bungkus makanan atau dibakar dapat menimbulkan masalah kesehatan karena kandungan Pb pada tintanya (Cita *et al.*, 2020). Proses pengomposan kertas bertinta mampu mengurangi volume timbunan limbah (Rahmawati & Kurniahu, 2017).

Limbah kertas bertinta mengandung komponen organik berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin sebagai komposisi bahan bakunya yaitu kayu. Kandungan organik pada limbah kertas bertinta dapat didegradasi melalui proses fermentasi (Rahmawati *et al.*, 2021). Proses penguraian materi organik pada limbah kertas bertinta dapat menggunakan kelompok bakteri selulolitik (Kurniahu *et al.*, 2022). Kelompok bakteri ini secara alami dapat ditemukan di alam diantaranya pada rumen hewan ruminansia dan pada daerah sekitar perakaran tumbuhan (PGPR atau *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) (Ariyani *et al.*, 2021; Tahun *et al.*, 2019). Namun, kandungan Pb yang berperan sebagai bahan pengikat warna tinta pada limbah kertas bertinta menyebabkan proses pengomposan tidak berjalan dengan optimal (Kurniahu *et al.*, 2022).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa proses pengomposan campuran limbah kertas bertinta dan limbah sayuran dengan bantuan bakteri selulolitik dalam cairan rumen sapi dapat dilakukan dengan hasil akhir kandungan hara dan kandungan Pb yang sudah sesuai dengan kualitas kompos yang tertuang dalam SNI 19-7030-2004. Meskipun demikian hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemberian cairan rumen tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan Pb kompos (Kurniahu *et al.*, 2022). Penelitian lanjutan juga diketahui bahwa perbedaan waktu pengomposan limbah kertas bertinta dengan *starter* cairan rumen sapi tidak menghasilkan kandungan Pb kompos yang berbeda signifikan (Rahmawati *et al.*, 2021). Kandungan Pb cenderung tidak dapat diuraikan secara alami namun akan mengalami akumulasi (Hardiani *et al.*, 2011). Meskipun kandungan Pb pada kompos kertas bertinta telah sesuai dengan kualitas kompos yang disyaratkan di Indonesia namun jika hasil kompos yang masih mengandung sedikit Pb dilepaskan ke lingkungan dikhawatirkan akan terjadi pencemaran pada setiap makhluk hidup dalam jaring-jaring makanan. Selain itu menurut Fahrudin *et al.* (2019) cemaran Pb juga bersifat toksik bagi beberapa kelompok bakteri, toksisitas Pb pada bakteri terlihat pada terhambatnya pertumbuhan koloni dan kematian pada kelompok bakteri yang tidak resisten. Bakteri dalam rumen sapi tidak toleran terhadap

cemaran Pb. Logam Pb dapat mengganggu respirasi sel bakteri rumen sehingga menyebabkan gangguan pertumbuhan bahkan dapat menyebabkan kematian pada bakteri rumen (Ekawardani, 2006).

Penggunaan bahan penurun kandungan Pb berupa arang aktif, arang tongkol jagung, PGPR dan cairan rumen sapi telah dilaporkan tidak mempengaruhi suhu dan pH bahan kompos berupa bubuk kertas dan masih dalam kisaran normal sehingga dapat ditolerir oleh mikroba pendegradasi kompos (Rahmawati *et al.*, 2021). Namun demikian pada penelitian tersebut belum diketahui efektivitas bahan penurun kandungan Pb terhadap kandungan Pb bahan kompos sekaligus mikroba pendegradasi kompos. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mencari bahan penurun kandungan timbal (Pb) pada bahan baku kompos berupa bubuk kertas bertinta pada proses pra pengomposan dengan tetap mempertahankan jumlah bakteri selulolitik yang optimal pada bahan baku agar proses pengomposan selanjutnya dapat berjalan dengan baik.

METODE

Prosedur Penelitian

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan kompos sampah kertas bertinta, aquades, cairan rumen sapi dan larutan penyangga fosfat pH 7.0, arang tongkol jagung, arang aktif, PGPR. Jirigen tertutup digunakan untuk inkubasi cairan rumen sapi. Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan pada penelitian ini dengan perlakuan penambahan cairan rumen sapi berbagai konsentrasi yang diberikan sebagai bioaktivator proses pengomposan campuran limbah kertas bertinta dan sisa sayuran. Berikut adalah prosedur penelitian yang digunakan:

Arang tongkol jagung didapatkan dengan cara membakar tongkol jagung sampai menjadi arang. Sedangkan arang aktif yang digunakan adalah arang aktif komersial dengan merk Norit. Inkubasi cairan rumen sapi melalui penambahan cairan rumen sapi yang didapatkan langsung dari RPH di daerah Jenu Tuban dengan larutan penyangga fosfat pH 7.0. Perbandingan volume cairan rumen sapi dan larutan penyangga fosfat pH 7.0 yang ditambahkan yaitu 1:1. Selanjutnya disimpan dalam jirigen tertutup selama satu minggu pada suhu ruang dan di tempat dimana sinar matahari tidak mengenai langsung. PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) didapatkan dari tanah di sekitar sistem perakaran tumbuhan lahan karst di Desa Leran Wetan Kecamatan Palang Kabupaten Tuban Jawa Timur yaitu *Tridax procumbens*, *Crotalaria juncea*, *Mimosa pudica*, *Imperata cylindrica*, dan *Polypodium vulgare* sebanyak masing-masing 50 g. Selanjutnya bahan PGPR tersebut dimaserasi dan disimpan dalam wadah tertutup dengan penambahan larutan fosfat sebanyak 800 ml yang berfungsi sebagai penyangga. Inkubasi PGPR dilakukan dalam suhu ruang selama satu minggu.

Pembuatan bahan kompos berupa bubuk kertas dilakukan dengan memotong sampah kertas bertinta menjadi ukuran yang sangat kecil. Potongan kertas dibasahi dengan aquades sampai jenuh air. Sebanyak 100 g bubuk kertas dimasukkan ke dalam wadah tertutup. Perlakuan yang diberikan berupa penambahan bahan penurun kandungan Pb yaitu arang tongkol jagung sebanyak 825 mg; arang aktif merk Norit sebanyak 825 mg; PGPR sebanyak 10 ml dan cairan rumen sapi sebanyak 10 ml. Sedangkan pada kontrol, bahan kompos berupa bubuk kertas ditambahkan aquades steril

sebanyak 10 ml. Lama perlakuan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 7 hari dengan cara menyimpan dalam keadaan wadah selalu tertutup dan terlindung dari sinar matahari.

Kandungan timbal (Pb) dalam bahan kompos diuji dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Sedangkan jumlah bakteri selulolitiknya diuji menggunakan metode *pour plate*. Uji statistik Anova digunakan untuk menguji data yang diperoleh berupa kadar Pb yang terkandung pada sampah kertas bertinta. Sedangkan jumlah bakteri selulolitik dianalisis secara deskriptif. Untuk hasil yang signifikan kemudian dilakukan uji lanjut dengan uji LSD untuk mengetahui perlakuan pemberian bahan penurun kandungan Pb (arang tongkol jagung, arang aktif, PGPR dan cairan rumen sapi) yang paling optimal terhadap kadar Pb dan bakteri selulolitik dalam sampah kertas bertinta sebagai bahan baku kompos.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data pengaruh pemberian pemberian bahan penurun kandungan Pb (arang tongkol jagung, arang aktif, PGPR dan cairan rumen sapi) yang paling optimal terhadap kadar Pb dan bakteri selulolitik dalam sampah kertas bertinta sebagai bahan baku kompos. setelah pengamatan selama 7 hari tertera pada tabel 1.

Tabel. 1 Rerata kandungan Pb dan Bakteri Selulitik Bubur Kertas bertinta Pra Pengomposan Setelah 7 Hari Perlakuan

Perlakuan	Pb (ppm)	Bakteri selulitik (cfu/g)
Kontrol	1.760 ^a	1.53 x 10 ⁷
Arang Jagung	1.386 ^a	1.33 x 10 ⁷
Arang Aktif	0.376 ^b	1.52 x 10 ⁷
PGPR	0.498 ^b	3.25 x 10 ⁷
Cairan Rumen	0.790 ^a	6.36 x 10 ⁷

Keterangan: penotasian huruf yang berbeda pada kolom kandungan Pb diartikan memiliki perbedaan yang signifikan pada uji lanjut LSD.

Pembahasan

Timbal (Pb) merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengikat warna pada tinta yang mana kandungan tersebut akan terserap pada kertas sampai kertas tersebut menjadi sampah (Rinanti, 2020). Proses pengolahan sampah kertas yang terkontaminasi Pb ini perlu perlakuan khusus agar Pb yang terkandung di dalamnya tidak masuk dan terakumulasi dalam jaring-jaring makanan. Menurut (Rahmawati & Kurniah, 2017). Selain itu kandungan Pb dalam bahan kompos dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan mikroba pendegradasi kompos yang dalam hal ini adalah bakteri selulolitik (Ekawardani, 2006). Oleh karena itu penggunaan bahan penurun kandungan Pb pada bahan kompos menjadi alternatif yang tepat untuk mengoptimalkan proses pengomposan dan meningkatkan kualitas keamanan kompos bagi lingkungan dengan menurunkan kadar Pb.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui kandungan Pb yang paling rendah pasca perlakuan selama 7 hari adalah pada perlakuan arang aktif yaitu sebesar 0.376 ppm sedangkan

kandungan Pb paling tinggi pada kontrol sebesar 1.760 ppm. Berdasarkan uji statistik Anova dan uji lanjut LSD yang dilakukan kemudian diketahui bahwa diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan Pb yang signifikan antara kontrol dengan perlakuan penambahan arang aktif dan PGPR. Hal ini disebabkan karena kemampuan arang aktif dan PGPR menyerap Pb pada bubuk kertas bertinta. Bahan penyerap materi kimia seringkali digunakan dalam menurunkan kadar kimia tertentu dalam bubuk kertas bertinta. Menurut [Maris \(2019\)](#) bahan penyerap dibedakan menjadi dua jenis yaitu adsorben dan biosorben. Adsorben berasal dari benda mati yang dimanfaatkan untuk menyerap zat kimia yang menyebabkan pencemaran ([Siregar et al., 2019](#)). Arang organik dan arang aktif merupakan adsorben yang lazim digunakan. Hasil pembakaran dari bahan-bahan organik menghasilkan arang yang disebut dengan arang organik. Arang aktif lebih baik dalam mengikat zat kimia pencemar karena unsur karbon penyusunnya telah diaktifkan sehingga luas permukaan dan kemampuan dalam menyerap dan mengikat zat pencemar menjadi lebih besar dibandingkan dengan arang organik. Namun demikian karena keberadaannya yang melimpah, proses pembuatan yang mudah serta harganya yang murah menyebabkan arang organik sangat potensial digunakan sebagai adsorben ([Rahmawati et al., 2021](#)). Arang tongkol jagung merupakan salah satu arang organik yang memiliki potensi baik untuk digunakan sebagai adsorben Pb pada bahan kompos karena tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang miskin nutrisi sehingga sangat jarang dimanfaatkan untuk hal lain selain untuk bahan bakar ([Bete et al., 2019](#)). Rerata timbal (Pb) dalam kompos pada seluruh perlakuan (Tabel 1.) sesuai dengan SNI 19-7030-2004 yaitu kurang dari 150 ppm.

PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) adalah sekelompok bakteri yang hidup di sekitar perakaran tumbuhan yang memiliki berbagai macam kemampuan diantaranya kemampuan dalam mengubah suatu senyawa kimia kompleks menjadi ion yang dapat diserap oleh tumbuhan dan membentuk fitohormon ([Kurniahu et al., 2018](#)). Kemampuan lain yang seringkali dimiliki oleh PGPR adalah kemampuan untuk memproteksi tumbuhan dari dampak negatif lingkungan berupa zat pencemar maupun keberadaan penyakit tumbuhan ([Patel et al., 2016](#); [Sriwulan et al., 2019](#)). Pada upaya proteksi tumbuhan dari zat pencemar, PGPR mampu menyerap dan mengikat zat kimia pencemar yang tidak diperlukan oleh tumbuhan dengan cara membentuk lapisan biofilm ([Meliani & Bensoltane, 2016](#)). Potensi ini selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk logam Pb pada bubuk kertas bertinta. Menurut [Bijang et al. \(2018\)](#) biosorben adalah material hidup yang dapat dimanfaatkan untuk menyerap zat kimia yang mencemari lingkungan.

Cairan rumen sapi dapat digunakan sebagai aktivator proses pengomposan limbah kertas bertinta. Isi rumen sapi yang berbentuk cair merupakan bagian buangan rumah pemotongan hewan dan biasanya dibuang langsung sehingga mencemari lingkungan dan menyebabkan eutrofikasi badan air, bau tidak enak serta mengundang lalat ([Gading et al., 2021](#)). Hal ini disebabkan isi rumen tersebut terdapat unsur hara dan mikroba seperti protozoa, bakteri dan fungi ([Hudha, 2020](#)).

Mikroba dalam rumen pada dasarnya bertujuan untuk membantu hewan ruminansia untuk mencerna makanannya dengan mendegradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terkandung dalam pakan ternak menjadi komponen yang lebih sederhana sehingga mudah tercerna ternak dengan baik. Oleh karena itu mikroba dalam rumen

memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap zat kimia termasuk Pb. Menurut [Ekawardani \(2006\)](#) bakteri dalam rumen sapi tidak toleran terhadap kandungan logam berat termasuk Pb yang terkandung dalam pakan sapi. Namun demikian menurut [Kurniahu *et al.* \(2022\)](#) cairan rumen sapi dapat membantu proses pengomposan kertas bertinta dan limbah sayuran sebagai biostarter karena didalamnya mengandung bakteri selulolitik. Bakteri tersebut memiliki kemampuan dasar dalam merombak kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin menjadi komponen yang lebih sederhana. Hal ini terbukti dengan hasil uji kompos yang diperoleh mengandung unsur hara N, P, K sesuai dengan ketentuan SNI 19-7030-2004 tentang kandungan unsur hara dan Pb pada kompos. Sehingga cairan rumen sapi memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai biostarter limbah kertas bertinta dan bahan yang mengandung selulosa.

Karbon yang terkandung dalam arang aktif diperluas permukaannya untuk meningkatkan penyerapan zat pencemar berupa kation, anion dan molekul-molekul anorganik, organik, gas dan larutan. Kemudian zat pencemar tersebut dikumpulkan dan disimpan dalam rongga-rongga pada karbon aktif karena ukuran zat pencemar tersebut lebih kecil ([Syauqiah *et al.*, 2011](#)). Sementara itu kemampuan penyerapan zat pencemar oleh arang organik lebih kecil dibandingkan dengan arang aktif karena unsur karbon dalam arang organik belum diaktifkan sehingga luas permukaannya lebih kecil. Walaupun demikian cara penyerapan zat pencemar oleh arang organik hampir sama dengan arang aktif ([Haywardini & Mulyani, 2022](#); [Lestari *et al.*, 2019](#)). Hal ini terbukti karena kandungan Pb bubuk kertas pasca perlakuan arang tongkol jagung masih mendekati kontrol yaitu sebesar 1.386 ppm. Sedangkan pada PGPR, sekelompok bakteri *Pseudomonas sp.* dan *Alcaligenes sp.* menempel pada zat pencemar dan mengeluarkan senyawa ekskresi berupa karbohidrat pekat yang akan menyelubungi zat pencemar tersebut. Bentuk ini disebut dengan biofilm yang perannya dapat menurunkan tingkat toksisitas zat pencemar ([Meliani & Bensoltane, 2016](#); [Patel *et al.*, 2016](#)).

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa jumlah bakteri selulolitik bubuk kertas pada aplikasi cairan rumen sapi pasca perlakuan merupakan yang terbanyak yaitu sebesar 6.26×10^7 cfu/g. Cairan rumen adalah habitat yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri, fungi dan protozoa. Mikroorganisme rumen yang dominan adalah bakteri. Konsentrasi bakteri pada rumen sapi dalam kondisi alami terdiri dari sekitar 21×10^9 sel per ml cairan rumen ([Kahar *et al.*, 2017](#); [Rahmawati *et al.*, 2021](#)). Pakan ternak ruminansia dan hubungan langsung dengan bahan yang terdapat bakteri memberikan andil terhadap keberadaan bakteri dalam rumen ternak. Bakteri yang ditemukan pada rumen ternak ruminansia berdasarkan perannya dibagi menjadi (1) bakteri yang membantu mencerna selulosa, (2) bakteri yang berperan dalam mencerna hemiselulosa, (3) bakteri yang terlibat dalam proses pencernaan pati, (4) bakteri yang berperan dalam mencerna gula, (5) bakteri yang terlibat dalam pemakaian laktat, (6) bakteri yang memproduksi metan, dan (7) bakteri proteolitik. Enzim alfa amylase, galaktosidase, hemiselulase dan selulase diproduksi bakteri rumen untuk membantu proses pencernaan pakan dari hijauan yang berkualitas rendah. Bakteri yang hidup dalam rumen ternak adalah bakteri yang seringkali ditemukan di dalam usus dan feses ternak yaitu termasuk dalam famili *Bacteriodes*, *Fusobacterium*, *Streptococcus*, *Eubacterium*, *Ruminococcus*, dan *Lactobacillus* ([Yasin *et al.*, 2021](#)).

Jumlah bakteri selulolitik pada bubur kertas dengan perlakuan PGPR pada Tabel 1 terbanyak kedua setelah perlakuan cairan rumen sapi yaitu 6.26×10^7 cfu/g. Hal ini disebabkan karena secara alami PGPR terdiri dari berbagai macam kelompok bakteri yang memiliki berbagai peran salah satunya adalah kelompok bakteri yang berperan dalam menguraikan materi organik dari sisa-sisa tumbuhan yang sebagian besar komponennya berupa selulosa menjadi unsur hara tersedia bagi tumbuhan. Menurut Ariyani *et al.* (2021) PGPR mengandung bakteri selulolitik jenis *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Lactobacillus* sp.

Jumlah bakteri selulolitik pada perlakuan penambahan arang aktif dan arang tongkol jagung lebih sedikit dibandingkan dengan kontrol, dengan jumlah bakteri paling sedikit pada perlakuan arang tongkol jagung seperti yang tertera pada Tabel 1. Hal ini disebabkan karena arang aktif maupun arang organik memiliki pori-pori yang besar. Jumlah dan ukuran pori menentukan luasan permukaan arang. Arang dapat menyerap sel bakteri selulolitik serta mempertahankannya di dalam permukaannya sehingga menurunkan jumlah sel bakteri pada bahan baku kompos berupa bubur kertas bertinta. Menurut Rahmayanti & Hamidah (2019) terdapat hubungan muatan serta hubungan hidrofobik antara dinding sel bakteri dan permukaan arang. Gugus amino pada sel bakteri memiliki muatan negatif sementara arang memiliki muatan positif, perbedaan muatan ini menyebabkan daya tarik menarik dan ikatan yang kuat antara sel bakteri dengan permukaan arang (Syarifudin, 2017).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pra pengomposan menggunakan bahan penurun kandungan Pb pada bubur kertas bertinta menggunakan biosorben dari PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) menunjukkan hasil yang paling optimal karena masih efektif dalam menurunkan kandungan Pb secara signifikan namun tetap menjaga jumlah bakteri selulolitik dalam bahan baku kompos yaitu bubur kertas bertinta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Lemlit Universitas PGRI Ronggolawe Tuban yang telah menyediakan dana penelitian, kepala Lab dan Laboran Biologi Universitas PGRI Ronggolawe Tuban dan bantuan dari berbagai pihak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, M. D., Dewi, T. K., Pujiyanto, S., & Supriyadi, A. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria dari Perakaran Kelapa Sawit pada Lahan Gambut. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 23(2), 159–171. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/bioma.23.2.159-171>
- Bete, Y. I., Bukit, M., Johannes, A. Z., & Pingak, R. K. (2019). Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Tongkol Jagung yang Disintesis dengan Metode *Liquid Phase Exfoliation* (LPE). *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 4(2), 114–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.35508/fisa.v4i2.1832>
- Bijang, C. M., Latupeirissa, J., & Ratuhanrasa, M. (2018). Biosorpsi Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) pada Biosorben Rumpun Laut Coklat (*Padina australis*). *Indonesian Journal of Chemical*

- Research*, 6(1), 26–37. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/ijcr/article/view/561>
- Cita, H. M., Asterina, A., & Aliska, G. (2020). Kandungan Timbal pada Sala Lauak yang Dijual di Pasar Raya Padang Akibat Penggunaan Kertas Ketikan sebagai Pembungkus. *Jurnal Ilmu Kesehatan Indonesia*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jikesi.v1i1.17>.
- Ekawardani, P. (2006). *Evaluasi Pakan Tercemar Timbal (Pb) pada Sistem Fermentasi Rumen In Vitro*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/3282>.
- Fahrudin, F., Haedar, N. H. N., Santoso, S., & Wahyuni, S. (2019). Uji Kemampuan Tumbuh Isolat Bakteri dari Air dan Sedimen Sungai Tallo terhadap Logam Timbal (Pb). *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 10(2), 58–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.20956/jal.v10i2.7662>.
- Fuadi, N. (2020). Optimalisasi Pengolahan Limbah Organik Pasar Tradisional dengan Pemanfaatan *Effective Microorganism 4* (EM4). *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 14(1), 73–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.24252/teknosains.v14i1.13329>.
- Gading, B. M. W. T., Respati, A. N., & Suryanto, E. (2021). Studi Kasus: Permasalahan Limbah di Tempat Pemotongan Hewan (TPH) Amessangeng, Kota Sengkang. *Jurnal Triton*, 12(1), 68–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.47687/jt.v12i1.164>.
- Gani, A., Widiyanti, S., & Sulastri, S. (2021). Analisis Kandungan Unsur Hara Makro dan Mikro pada Pupuk Kompos Campuran Kulit Pisang dan Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 8–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.20473/jkr.v6i1.22984>.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2011). Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah *Sludge* Industri Kertas Proses *Deinking*. *Jurnal Selulosa*, 1(1), 31–41. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58594038/Jurnal_Remidiasi_Logam_Pb_yang_tercemar_dalam_tanah-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653950030&Signature=f23tQNiYlcszVL28ru9JZyGVNHb40kU4YPPWBgHyfctnKJIWxnIiHGSjKQC15xA52iZEMqdFsGe6jxm8ZOaIq8hUtl2t5-to3LMPNA87.
- Haywardini, A., & Mulyani, B. (2022). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu (*Bagasse*) sebagai Adsorben Larutan Campuran Ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} . *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia (SN-KPK)*, 13(1), 110–120. <https://jurnal.uns.ac.id/snkpk/article/view/58107/34174>.
- Hudha, M. I. (2020). Pemanfaatan Limbah Isi Rumen Sapi sebagai Mikroorganisme Lokal (MOL). *Jurnal ATMOSPHERE*, 1(1), 30–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.36040/atmosphere.v1i1.2958>.
- Ibrahim, H., Yanti, R., Dharma, S., & Harmailis, H. (2021). Analisis Kualitas Kompos Pertanian dari Limbah Rumah Tangga. *Partner*, 26(2), 1639–1649. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35726/jp.v26i2.529>.
- Jekti, D. S. D. (2018). Peranan Mikroba dalam Pengelolaan Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 1(1), 1–9. <https://jurnalkip.unram.ac.id/index.php/SemnasBIO/article/view/585>.
- Kahar, A., Heryadi, E., Malik, L., Widarti, B. N., & Cahayanti, I. M. (2017). The Study of Seeding and Acclimatization from Leachate Treatment in Anaerobic Bioreactor. *ARPN Journal Of Engineering and Applied Sciences*. ISSN, 12(8), 18196–18608. http://www.arnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0417_5948.pdf.

- Kurniahu, H., Sriwulan, S., & Andriani, R. (2018). Pemberian PGPR Indigen untuk Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Varietas Lokal Tuban pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 11(1), 52–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/agrovigor.v11i1.4305>.
- Kurniahu, H., Sriwulan, S., Rahmawati, A., & Andriani, R. (2022). Elements Content in Inked Paper and Vegetable Waste Mixture Compost Using Rumen Liquor Bioactivator. *Jurnal Biota*, 8(1), 19–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.19109/Biota.v8i1.8457>.
- Lestari, E. S., Hadi, Y. S., & Pari, G. (2019). Pemanfaatan Campuran Arang Aktif Kayu *Muntingia calabura* L. dan Bakteri *Escherichia coli* pada Pengolahan Limbah Kromium Industri Elektroplating. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 37(2), 105–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jphh.2019.37.2.105-122> Refbacks.
- Maris, G. Y. (2019). *Perbandingan Daya Serap Biosorben dan Karbon Aktif dari Batang Pisang Kepok (Musa paradisica) sebagai Adsorben Logam Pb*. Uin Raden Fatah. <http://repository.radenfatah.ac.id/16829/>
- Meliani, A., & Bensoltane, A. (2016). Biofilm-mediated Heavy Metals Bioremediation in PGPR *Pseudomonas*. *J Bioremediat Biodegrad*, 7(2). <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000370>.
- Patel, P. R., Shaikh, S. S., & Sayyed, R. Z. (2016). *Dynamism of PGPR in Bioremediation and Plant Growth Promotion in Heavy Metal Contaminated Soil*. 54(4), 286–290. [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/34070/1/IJEB 54%284%29 286-290.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/34070/1/IJEB%2054%284%29%20286-290.pdf).
- Rahmawati, Annisa, Kurniahu, H., & Sriwulan, S. (2021). Penggunaan Arang Aktif, Arang Tongkol Jagung, PGPR dan Cairan Rumen Sapi pada Proses Pra Pengomposan Kertas Bekas Bertinta. *Biosel: Biology Science and Education*, 3(1), 17–24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33477/bs.v10i1.1305>.
- Rahmawati, Annisa, & Kurniahu, H. (2017). Efek Pemberian Cairan Rumen Sapi terhadap Massa Kompos Limbah Kertas dan Limbah Organik Rumah Tangga. *Prosiding SNasPPM*, 2(1), 31–34. <http://prosiding.unirow.ac.id/index.php/SNasPPM/article/view/77/77>.
- Rahmawati, Annisa, Kurniahu, H., Sriwulan, S., & Andriani, R. (2021). Komparasi Kandungan Timbal (Pb) Kertas Bekas Mengandung Tinta Pasca Aplikasi Cairan Rumen Sapi Berdasarkan Lama Inkubasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 477–482. <https://doi.org/https://doi.org/10.33394/bioscientist.v9i2.3770>.
- Rahmayanti, A., & Hamidah, L. N. (2019). Efisiensi Removal Bakteri pada Filter Air Payau dengan Media Karbon Aktif. *Journal of Research and Technology*, 5(1), 80–87. <https://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/279/232>.
- Rinanti, A. L. (2020). *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Gorengan Berdasarkan Kemasan Kertas dan Waktu Kontak*. Diponegoro University. http://eprints.undip.ac.id/82236/1/REPO_AJENG_LINGGAR.pdf.
- Sholihah, K. K. A., & Hariyanto, B. (2020). Kajian Tentang Pengelolaan Sampah di Indonesia. *Swara Bhumi*, 3(3), 1–9. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/35038>.
- Siregar, A., Syam, A., & Mustafa, M. (2019). Rancangan Media Adsorpsi Zeolit Alam sebagai Adsorben Emisi Gas Mesin Otomotif. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 3 (1), 64–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2499>.
- Sriwulan, S., Kurniahu, H., & Andriani, R. (2019). Appropriate Dose of PGPR Antifungal to

- Inhibit Fungi that Cause Rotten on The Rhizome of Red Ginger (*Zingiber officinale* var. Rubra). *Jurnal Pena Sains*, 6(2), 109–115.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21107/jps.v6i2.6019>.
- Syarifudin, A. (2017). Penurunan Bakteri Coli pada Air Sungai Martapura Menggunakan Saringan Arang Sekam Padi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 391–398.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31964/jkl.v14i1.52>.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info-Teknik*, 12(1), 11–20. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/infotek.v12i1.1773>.
- Tahun, E. N. C., Kleden, M. M., & Nenobais, M. (2019). Pengaruh Fermentasi Menggunakan Mikroba Cairan Rumen Sapi terhadap Komposisi Kimia Dedak Padi (Influence of Microbial Fermentation Using Rumen Liquid Of Cow On Chemical Composition Of Rice Bran). *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 1(4), 562–569.
<http://publikasi.undana.ac.id/index.php/JPLK/article/view/k449/332>.
- Wahyuni, S. (2021). Pengaruh Mikroorganisme Lokal (MOL) Limbah Nanas terhadap Pengolahan Sampah Organik Menjadi Kompos di Gampong Birem Puntong. *Jurnal EDUKES: Jurnal Penelitian Edukasi Kesehatan*, 4(2), 177–185.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52136/edukes.v4i2.263>.
- Yasin, M. Y., Khomarudin, M., Hadiarto, A. F., & Lestariningsih, L. (2021). Peran Penting Mikroba Rumen pada Ternak Ruminansia. *International Journal of Animal Science*, 4(01), 33–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.30736/ijasc.v4i01.32>.

Sitasi APA style :

Kurniahu H., Rahmawati,A., Sriwulan., Andriani R. (2022). The Potential of Heavy Metal Pb Degradation Agents in Composed Raw Materials from Inked Paper Waste. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 8(2), 345-354.
<https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i2.2799>