

POTENSI SLUDGE INDUSTRI KERTAS SEBAGAI BAHAN PEMBENAH TANAH ORGANIK

The Potential of Paper Industry Sludge Potency as Organic Soil Amendment

Novalia Kusumarini^{1*}, Angky Wahyu Putranto², Christanti Agustina¹,
Andi Aryananda Wahab¹

¹Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No 1 Malang 65145

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No 1 Malang 65145

*Penulis korespondensi: novakusuma@ub.ac.id

Abstract

Sludge from the paper industry can affect soil fertility due to its organic content. However, sludge as waste has a contamination risk of polluting the soil. This research focused on the chemical properties content of sludge from the paper industry (pH, organic carbon (C), macro and micronutrients, heavy metals) and harmful microbes (*Escherichia coli* and *Salmonella* sp.) to evaluate the potency of sludge as a soil amendment. The sludge sample was taken in 0–20 cm from Sumengko Village, Wringinanom, Gresik. The chemical properties were measured in Soil Chemistry Laboratory, Soil Science Department, and the biological properties were measured in Pest and Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, Brawijaya University. The chemical and biological properties of sludge were compared to quality standards according to Indonesia Ministry of Agriculture Regulation No. 261/2019 (Kepmentan No. 261/2019). Sludge from the paper industry has the potency as a soil amendment because it meets Kepmentan No. 261/2019. The pH was neutral (6.9), the macro and micronutrient contents fit the requirement, and there was no harmful microbial contamination. However, the organic C was low and it has high mercury (Hg) concentration.

Keywords: heavy metal, organic fertilizer, soil amendment

Pendahuluan

Industri kertas menghasilkan limbah yang disebut sebagai *sludge*. *Sludge* dapat dikategorikan sebagai limbah organik karena berasal dari kayu dan bubur kertas (*pulp*) yang diolah untuk menjadi kertas. *Sludge* industri kertas berpotensi meningkatkan bahan organik karena mengandung serat selulosa, hemiselulosa, dan lignin dengan kadar air lebih dari 40% (Boshoff *et al.*, 2016; Donkor *et al.*, 2021; He *et al.*, 2021). Selain kandungan bahan organik, terdapat ikutan anorganik yang berasal dari bahan *additive* pada proses pembuatan kertas yang terdiri dari kalsit, kaolinit, muskovit, dan *talc* (de Azevedo *et al.*, 2019). Sebagai limbah organik, *sludge* memiliki potensi dalam meningkatkan kesuburan tanah. Simanungkalit *et al.* (2006)

menyatakan bahwa *sludge* pabrik kertas berbahan baku kertas bekas umumnya mengandung pH 7,5, C-organik 11,98%, kapasitas tukar kation (KTK) 15,47 me 100 g⁻¹, N-total 1,05%, P-tersedia 2,17 ppm, dan K-dd 0,15 me 100 g⁻¹. Kandungan C-organik yang tinggi, aplikasi *sludge* pada tanah pertanian dapat meningkatkan kelimpahan mikroorganisme tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas biologi tanah serta biomasa mikroorganisme tanah (Urta *et al.*, 2019).

Lebih lanjut, *sludge* dapat meningkatkan kelimpahan konsorsium bakteri pemfiksasi nitrogen (N) dan pelarut P (Sonkar *et al.*, 2020). *Sludge* pabrik farmasi juga memiliki kandungan unsur hara yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman semusim (Cucina *et al.*, 2019). *Sludge* kertas pada dasarnya adalah limbah

kategori B3. Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah B3 didefinisikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sebagai zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Sludge limbah industri kertas merupakan sumber logam berat polutan organik (Chandra *et al.*, 2017). *Sludge* limbah farmasi dilaporkan memiliki kandungan merkuri (Hg) sebesar 0,6-2 mg kg⁻¹, serta kandungan logam berat lain seperti kadmium (Cd) (Cucina *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2020). Manajemen *sludge* juga membutuhkan energi dan air yang intensif sehingga sulit untuk ditangani (Jian *et al.*, 2021). Pemanfaatan *sludge* kertas perlu diikuti oleh pengetahuan tentang potensi keuntungan dan kerugiannya sehingga dapat mengelolanya dengan baik. Memahami potensi baik potensi kesuburan tanah maupun

potensi kontaminasi tanah penting agar pengelolaan *sludge* kertas untuk pertanian tidak menyebabkan masalah baru.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar untuk memahami potensi *sludge* kertas dari pabrik kertas swasta yang ada di Kota Gresik. Hal tersebut diharapkan mendapat rekomendasi untuk menemukan cara terbaik memanfaatkan *sludge* kertas tersebut untuk pertanian karena mengingat pemanfaatan *sludge* kertas tersebut telah dilakukan oleh petani di sekitar pabrik namun tanpa didampingi oleh hasil penelitian yang mencukupi.

Metode Penelitian

Sampel *sludge* diambil dari lahan di desa Sumengko, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik yang bersebelahan dengan pabrik kertas pada kedalaman 0–20 cm. Sampel *sludge* kemudian dikering-udarkan dan diayak dengan ayakan 0,5 mm untuk dianalisis di Laboratorium. Parameter pengukuran disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pengukuran.

Pengukuran	Indikator	Variabel yang diukur
Potensi kesuburan	Sifat kimia	% C organik, pH, KTK
	Kandungan unsur hara	N total, fosfor (P) total, kalium (K) total, kalsium (Ca) total, magnesium (Mg) total, belerang (S) total
	Populasi mikroorganisme	Total populasi mikroba, spesies mikroba
Risiko pencemaran	Kandungan logam berat	Hg, timbal (Pb), Cd, arsenic (As), kromium (Cr), nikel (Ni)

Hasil dan Pembahasan

Potensi *sludge*

Sludge merupakan limbah organik yang dihasilkan oleh suatu industri. *Sludge* yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah pabrik kertas yang berasal dari bahan baku kayu karena berasal dari bahan organik, *sludge* memiliki potensi dalam memperbaiki kesuburan tanah. *Sludge* pada penelitian ini dimaksudkan untuk dijadikan bahan pembenah tanah organik. Menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 01 tahun 2019, bahan pembenah

tanah adalah bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan atau biologi tanah. Aplikasi bahan pembenah tanah diharapkan dapat menurunkan dampak negatif pengolahan lahan intensif serta penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan. Topani *et al.*, 2015 menyebutkan bahwa aplikasi bahan pembenah tanah organik dapat memperbaiki sifat kimia tanah (N, P, K, pH, C-Organik, KTK) serta mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tebu di Kabupaten Bone. Pembenah tanah organik juga

menyatakan bahwa bahan pembenah tanah dapat mempercepat pemulihan kualitas tanah (Dariah *et al.*, 2015). Parameter pembenah tanah yang diukur pada *sludge* disesuaikan dengan Keputusan Menteri Pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Potensi *sludge* sebagai pembenah tanah disajikan dalam Tabel 2.

Hasil analisis *sludge* terhadap potensinya sebagai bahan pembenah tanah terdapat beberapa parameter yang telah memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian, diantaranya adalah kandungan hara mikro besi (Fe) total dengan nilai 2,89 ppm. Besi merupakan unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah rendah. Kelebihan Fe di

dalam tanah justru dapat menyebabkan keracunan untuk tanaman. Kandungan natrium (Na) dan klor (Cl) pada *sludge* masing-masing adalah 2,45 dan 1700 ppm dan masih berada di bawah ambang yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian. Meskipun berasal dari limbah pabrik kertas, *sludge* tidak mengandung mikroba kontaminan baik *Escherichia coli* maupun *Salmonella* sp. *Sludge* memiliki pH yang masuk dalam kategori netral yaitu 6,5. Aplikasi bahan pembenah tanah diharapkan dapat meningkatkan pH tanah sehingga meningkatkan kesuburan tanah khususnya pada tanah masam. pH tanah berpengaruh pada kelarutan unsur hara yang berperan dalam penyediaan unsur hara untuk tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa *sludge* memiliki potensi untuk menjadi bahan pembenah tanah organik.

Tabel 2. Potensi *sludge*.

Parameter	Hasil Analisis	Standar Mutu Menurut Jenis Bahan Pembawa Standar Mutu Kepmentan 261/2019
C-organik	7,13	15
C/N	5	<25
pH	6,5	4-9
N-total (%)	1,32	
P (%)	0,04	Minimal 2
K (%)	0,02	
Ca (%)	12,08	-
Mg (%)	0,43	-
SO ₄ (%)	Tak terukur	-
Fe (ppm)	2,89	Maksimal 15.000
Cu (ppm)	37,8	-
Zn (ppm)	175,1	Maksimal 5000
Mn (ppm)	183,1	-
B (ppm)	572,0	-
Co (ppm)	11,0	-
Mo (ppm)	-	-
Cl (ppm)	2,45	Maks. 2000
Na (ppm)	1700	Maks. 2000
<i>E. coli</i> (CFU g ⁻¹)	0	< 1 x 10 ²
<i>Salmonella</i> sp. (CFU g ⁻¹)	0	< 1 x 10 ²
Kadar air (%)	2	8-20

Beberapa parameter masih belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian diantaranya adalah kandungan C-organik tanah. Kandungan C-organik tanah *sludge* adalah 7,13% sedangkan standar yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian, bahan

pembenah tanah organik setidaknya memiliki kandungan C-organik 15%. Perlu upaya meningkatkan kandungan C-organik tanah *sludge* agar sesuai dengan standar Kementerian Pertanian. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mencampur dengan bahan

organik lain, seperti kotoran hewan atau sisa tanaman. Meskipun belum sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian, namun kandungan C-organik pada *sludge* dapat dikategorikan tinggi. Tingginya kandungan C-organik tersebut berpotensi mampu meningkatkan kadar C-organik tanah melalui aplikasi *sludge*. Bahan organik merupakan salah satu indikator kesuburan tanah karena berperan dalam perbaikan sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah. Utomo *et al.* (2016) menyebutkan bahwa bahan organik berperan dalam perbaikan sifat biologi tanah melalui penyediaan karbon yang secara perlahan tersedia, energi untuk aktivitas mikroba tanah, serta sumber dari senyawa tertentu yang berperan dalam merangsang pertumbuhan tanaman. Secara kimia, bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, *buffer* pH dan sumber hara. Secara fisik, bahan organik berkontribusi meningkatkan struktur dan agregasi tanah, menurunkan berat isi tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air, serta meningkatkan absorpsi panas.

Kandungan N *sludge* paling tinggi diantara unsur hara lainnya yaitu 1,32%. Nitrogen yang terkandung di dalam *sludge* berpotensi menurunkan kebutuhan pupuk anorganik. Aplikasi *sludge* mampu menghasilkan penurunan penggunaan pupuk N sebanyak 40% hingga tergantikan sepenuhnya dengan adanya aplikasi pupuk organik (kompos) *sludge* (Gwenzi *et al.*, 2016). Peningkatan kadar N secara signifikan tersebut disebabkan karena adanya pelepasan N dari pupuk organik (kompos) *sludge* yang mengandung kadar N yang tinggi dan didukung oleh aktivitas mikroba. Aplikasi *sludge* pada tanaman tidak menyebabkan keracunan meskipun pada *sludge* terdapat kandungan logam berat (Seleiman *et al.*, 2020). Hal ini karena kandungan logam di bawah ambang toleransi tanaman.

Risiko *sludge*

Sludge yang merupakan limbah industri juga memiliki resiko kontaminan, untuk memahami resiko kontaminasi *sludge* terhadap tanah, maka dilakukan pengukuran logam berat. Adapun kandungan logam berat *sludge* disajikan dalam Tabel 3. Kandungan logam berat yang diukur, kandungan Hg melebihi batas yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian. Kadar Hg yang

diperbolehkan adalah 1 ppm namun kadar Hg pada *sludge* adalah 2,4 ppm. Penelitian terdahulu juga menyebutkan bahwa *sludge* mengandung logam berat dan ditemukan pada akar tanaman, batang dan daun tanaman (Chandra *et al.*, 2017). Logam berat dapat menyebabkan keracunan pada tanaman yang berdampak pada menurunnya pertumbuhan dan produksi tanaman (Chandra *et al.*, 2017; Chakraborty *et al.*, 2021). Gejala yang ditimbulkan oleh tanaman apabila keracunan logam; berat yaitu klorosis, akar tanaman berwarna coklat, ukuran akar mengecil dan rusak (Patra dan Sharma, 2000).

Tabel 3. Kandungan logam berat *sludge*.

Parameter	Hasil Analisis	Standar Mutu Kepmentan 261/2019
Pb (%)	10,32	Maksimal 50
Hg (ppm)	2,4	Maksimal 1
Ca (ppm)	2,0	Maksimal 2
As (ppm)	0,08	Maksimal 10
Cr (ppm)	139,1	Maksimal 180
Ni (ppm)	4,8	Maksimal 50

Kesimpulan

Sludge memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan pembenah tanah organik karena memiliki pH netral, kandungan hara mikro sesuai standar yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian, serta tidak memiliki kandungan mikroorganisme berbahaya. *Sludge* memiliki resiko cemaran logam berat karena memiliki kandungan Hg di atas ambang yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian yaitu 2,4 ppm.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Penelitian ini didanai oleh Fakultas Pertanian dan LPPM Universitas Brawijaya yang telah menyediakan dana penelitian ini melalui PNPB tahun anggaran 2020.

Daftar Pustaka

Boshoff, S., Gottumukkala, L.D., van Rensburg, E. and Görgens, J. 2016. Paper sludge (PS) to bioethanol: Evaluation of virgin and recycle mill sludge for low enzyme, high-solids fermentation.

- Bioresource Technology 203:103–111, doi:10.1016/j.biortech.2015.12.028.
- Chakraborty, S., Das, S., Banerjee, S., Mukherjee, S., Ganguli, A. and Mondal, S. 2021. Heavy metals bio-removal potential of the isolated *Klebsiella* sp TIU20 strain which improves growth of economic crop plant (*Vigna radiata* L.) under heavy metals stress by exhibiting plant growth promoting and protecting traits. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 38:102204, doi:10.1016/j.bcab.2021.102204.
- Chandra, R., Yadav, S. and Yadav, S. 2017. Phytoextraction potential of heavy metals by native wetland plants growing on chlorolignin containing sludge of pulp and paper industry. *Ecological Engineering* 98:134–145, doi:10.1016/j.ecoleng.2016.10.017.
- Cucina, M., Ricci, A., Zadra, C., Pezzolla, D., Tacconi, C., Sordi, S. and Gigliotti, G. 2019. Benefits and risks of long-term recycling of pharmaceutical sewage sludge on agricultural soil. *Science of the Total Environment*, 695:133762, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133762.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W. dan Pratiwi, E. 2015. pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2):67–84, doi:10.2018/jsdl.v9i2.6571.
- de Azevedo, A.R.G., Alexandre, J., Pessanha, L.S.P., da Manhães, R.S.T., de Brito, J. and Marvila, M.T. 2019. Characterizing the paper industry sludge for environmentally-safe disposal. *Waste Management* 95:43–52, doi:10.1016/j.wasman.2019.06.001.
- Donkor, K.O., Gottumukkala, L.D., Diedericks, D. and Görgens, J.F. 2021. An advanced approach towards sustainable paper industries through simultaneous recovery of energy and trapped water from paper sludge. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(4), doi:10.1016/j.jece.2021.105471.
- Gwenzi, W., Muzava, M., Mapanda, F. and Tauro, T.P. 2016. Comparative short-term effects of sewage sludge and its biochar on soil properties, maize growth and uptake of nutrients on a tropical clay soil in Zimbabwe. *Journal of Integrative Agriculture* 15(6):1395–1406, doi:10.1016/S2095-3119(15)61154-6.
- He, S., Bijl, A., Rohrbach, L., Yuan, Q., Santosa, D.S., Wang, Z., Heeres, H.J. and Brem, G. 2021. Catalytic upcycling paper sludge for the recovery of minerals and production of renewable high-grade biofuels and bio-based chemicals. *Chemical Engineering Journal* 420(P1):129714, doi:10.1016/j.cej.2021.129714.
- Jian, Z., Yuan-Fang, P., Wan-Li, W., Qin, W., Gong-Nan, X., Hong-Fei, L., Tian, X., and Shuang-Fei, W. 2021. Black liquor increases methane production from excess pulp and paper industry sludge. *Chemosphere* 280:130665, doi:10.1016/j.chemosphere.2021.130665.
- Li, F. li, Qiu, Y., Xu, X., Yang, F., Wang, Z., Feng, J. and Wang, J. 2020. EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metals from sludge soil by Italian ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 191:110185, doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110185.
- Seleiman, M.F., Santanen, A. and Mäkelä, P.S.A. 2020. Recycling sludge on cropland as fertilizer – Advantages and risks. *Resources, Conservation and Recycling* 155:104647, doi:10.1016/j.resconrec.2019.104647.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D. dan Hartatik, W. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. Balai Penelitian Tanah Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Sonkar, M., Kumar, V and Dutt, D. 2020. Use of paper mill sludge and sewage sludge powder as nitrogen and phosphorus sources with bacterial consortium for the treatment of paper industry wastewater. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 30:101843, doi:10.1016/j.bcab.2020.101843.
- Topani, K., Siswanto, B. dan Suntari, R. 2015. Pengaruh aplikasi bahan organik pembenah tanah terhadap sifat kimia tanah, pertumbuhan dan produksi tanaman tebu di kebun percobaan pabrik gula bone, kabupaten bone. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(1): 155–162.
- Urra, J., Alkorta, I., Mijangos, I., Epelde, L. and Garbisu, C. 2019. Application of sewage sludge to agricultural soil increases the abundance of antibiotic resistance genes without altering the composition of prokaryotic communities. *Science of the Total Environment* 647:1410–1420, doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.092.
- Utomo, M., Sudarsono, Rusman, B., Sabrina, T., Lumbradja, J. dan Wawan, 2016. Ilmu Tanah: Dasar-Dasar dan Pengelolaan. Penerbit Kencana, Jakarta, 434 hal.

halaman ini sengaja dikosongkan