



Research Articles

Kajian Sifat Fisik Tanah Ustifluvents Sekotong Terkait Kandungan Merkuri (Hg) Dalam Tanah

Assesment of Physical Properties of Ustifluvents Sekotong Releted to Mercury (Hg) Content in Soil

Puji Hapsari Hurum, Zaenal Arifin, Padusung, Suwardji

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, INDONESIA. Tel. +62-0370 621435, Fax. +62-0370 640189

**corresponding author, email: suwardj@unram.ac.id*

Manuscript received: 08-05-2022. Accepted: 20-09-2023

ABSTRACT

Pertambangan emas rakyat Sekotong atau disebut Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) menimbulkan masalah pencemaran lingkungan dikarenakan masyarakat sekitar mengolah emas dengan teknik amalgamasi dengan bantuan merkuri (Hg) dalam mengikat emas. Limbah merkuri yang dibuang langsung ke lingkungan berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat dan penurunan kualitas tanah dan air. Keberadaan merkuri dalam tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah salah satunya sifat fisik tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara karakteristik sifat fisik tanah Ustifluvents Entisol Sekotong dengan kandungan merkuri pada kedalaman tanah 0-20 cm. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif dengan teknik survei. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 titik lokasi dekat gelondongan dan puyak (tailling) pada kedalaman 0 - 10 cm dan 10-20 cm, setiap titik lokasi dilakukan ulangan sebanyak 3 kali. Pemilihan titik sampel tanah didasarkan pada perbedaan kontur yang mempengaruhi proporsi kandungan merkuri pada setiap kedalaman tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan merkuri tertinggi berada pada titik 3 dengan nilai rata-rata 0,3089 ppm dan terdapat hubungan yang kuat sampai sangat kuat antara sifat fisik tanah dengan kandungan Hg.

Kata kunci: Fisika; Tanah; Amalgamasi; Merkuri

ABSTRAK

People's gold mining in Sekotong, also known as Unlicensed Gold Mining (PETI), causes environmental pollution problems because located at the surrounding community processes gold using the amalgamation technique with the help of mercury (Hg) in binding gold. Mercury waste discharged directly into the environment could have adversely affects public health and degrades soil and water quality. The presence of mercury in the soil is strongly influenced by soil characteristics, one of which is soil physical properties. The purpose of this study was to determine the relationship between the physical characteristic ustifluvents Entisol soil of Sekotong soil and mercury content at 0-20 cm soil depth. This research was conducted using descriptive method with survey technique. Soil sampling was conducted at 3 location points near the logs and tailing at a depth of 0 - 10 cm and 10-20 cm, each location point was replicated 3 times. The selection of soil sample points was based on contour

differences that affect the proportion of mercury content at each soil depth. The results showed that the highest mercury content was at point 3 with an average value of 0.3089 ppm and there was a strong to very strong relationship between soil physical properties and Hg content.

Key words: Soil; Physics; Amalgamation; Mercury

PENDAHULUAN

Penambangan emas di Nusa Tenggara Barat sudah banyak dilakukan baik secara legal maupun ilegal. Pertambangan yang diakui dan terbesar yaitu PT. Newmont Nusa Tenggara (PT NNT) yang sekarang berubah nama menjadi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yang melakukan galian tambang emas di Pulau Sumbawa (Ino, 2019). Sedangkan penambangan emas ilegal atau Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) salah satunya berada di Dusun Kayu Putih, Desa Pelangan, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat (Lale bidesari, Alfina Taurida, 2018). Pertambangan emas rakyat Sekotong atau disebut Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) adalah pertambangan emas skala kecil yang pengelolannya dilakukan secara ilegal dan tradisional (Lale, 2018). Kandungan emas di Kecamatan Sekotong memiliki kadar emas yang tinggi namun hanya ekonomis untuk ditambang secara tradisional (Rahmawati, 2010). Penambangan emas sudah dilakukan sejak tahun 2008 menggunakan alat gelondongan dengan teknik amalgamasi yang menghasilkan emas sederhana (Iwan, 2018).

Pada proses pengolahan emas, masyarakat Dusun Kayu Putih melakukan kegiatan amalgamasi tanpa menggunakan pelindung diri dan takaran merkuri yang diukur hanya berdasarkan perkiraan semata (Rahmawati, 2010). Amalgamasi merupakan proses pencampuran batuan emas dengan merkuri dalam gelondongan sehingga akan membentuk campuran emas dan merkuri (amalgam). Kemudian campuran emas disaring sehingga terpisah antara emas dan merkuri (Iwan, 2018). Setelah itu, limbah merkuri dibuang ke dalam kolam *tailling* (puyak). Sebagian masyarakat juga membuang limbah hasil pengolahan emas ke sungai atau di halaman rumah (Rahmawati, 2010). Pada lokasi ini, terdapat 6 gelondongan dengan 9 sumur yang berjarak 1-20 meter dari gelondongan dan dimanfaatkan dalam proses amalgamasi. Selain itu juga, sumur dimanfaatkan untuk minum, masak, mandi dan mencuci oleh masyarakat yang ada disekitar lokasi gelondongan. Dari hasil survei perspektif masyarakat Dusun Kayu Putih yang dilakukan pada tanggal 1 September 2022, dari 26 kepala keluarga (total 90 kepala keluarga), 3 diantaranya menggunakan merkuri melebihi batas yang seharusnya yakni sekitar 500-1000 gr per proses pengolahan.

Hingga saat ini belum ada upaya preventif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Padahal aktivitas seperti ini secara terus-menerus dapat menurunkan kualitas lingkungan secara keseluruhan. Aktivitas ini dapat berdampak negatif terhadap makhluk hidup yang berada disekitarnya terutama kesehatan masyarakat dan menyebabkan penurunan kualitas tanah dan air. Dari hasil survei lapangan yang telah dilakukan di Dusun Kayu Putih, merkuri lebih banyak terdapat pada tanah. Hal ini karena merkuri memiliki massa jenis yang lebih berat dibandingkan air sehingga kelarutannya dalam air lebih rendah. Oleh sebab itu, merkuri dalam air sangat dinamis sehingga kebanyakan terendapkan dalam tanah atau sedimen (Rahmawati, 2010). Tanah merupakan bagian dari siklus pembuangan limbah logam berat, apabila tanah mengandung logam berat melebihi kemampuan dalam mengamilasi logam tersebut akan mengakibatkan pencemaran tanah (Mirdat *et al.*, 2013).

Sifat-sifat tanah sangat mempengaruhi perilaku merkuri dalam tanah khususnya sifat fisik tanah dan kimia tanah. Hal ini karena sifat fisik dan kimia tanah sangat menentukan pergerakan dan kandungan merkuri dalam setiap lapisan tanah. Sifat fisik menggambarkan pergerakan secara horizontal (*runoff*) maupun vertikal ke dalam setiap lapisan tanah. Menurut (Priyono *et al.*, 2019) jenis tanah yang ada di Sekotong Kabupaten Lombok Barat termasuk ordo Entisol dengan *greatgroups* ustifluvents artinya adalah tanah Entisol yang berada pada daerah pengendapan dengan regim kelembaban tanah ustik (kering) (Soil Survey Staff - NRCS/USDA, 2014). Sifat fisika Entisol antara lain mempunyai kadar lempung dan bahan organik rendah, sehingga daya menahan airnya rendah, struktur remah sampai butir tunggal dan sangat sarang, hal ini menyebabkan tanah tersebut mudah melewatkan air dan air mudah hilang karena perkolasi (Karnilawati *et al.*, 2015). Apabila merkuri dalam tanah mengalami pergerakan ke lapisan bawah, maka dapat mencemari air tanah yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk minum, masak, mandi dan mencuci. Selain itu juga, apabila terdapat merkuri pada tanah maka logam berat tersebut dapat diserap oleh tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung (Rahmawati, 2010). Oleh sebab itu, penting dilakukan penelitian tentang sifat fisik tanah di daerah pengolahan emas Desa pelangan Sekotong untuk mengetahui hubungan antara karakteristik sifat fisik tanah Ustifluvents Sekotong dengan kandungan merkuri pada kedalaman tanah 0-20 cm.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Kondisi Wilayah Penelitian

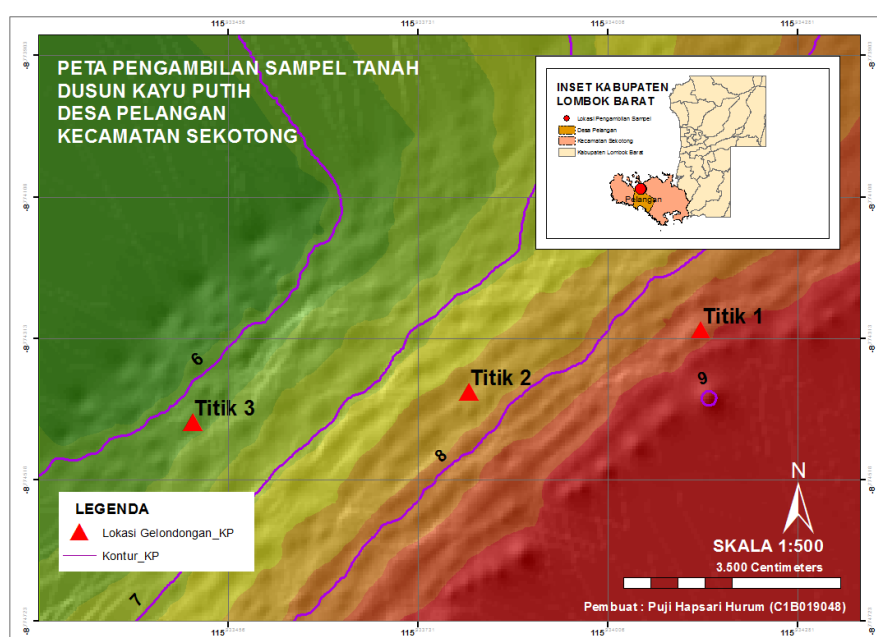
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2022 di Dusun Kayu Putih, Desa Pelangan, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Untuk keperluan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram dan Balai Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian dilakukan di Dusun Kayu Putih Desa Pelangan yang masuk dalam Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Desa Pelangan yang menjadi lokasi penelitian memiliki luas wilayah 73,28 km². Dilihat dari topografinya, wilayah penelitian sebagian besar merupakan wilayah perbukitan dengan kelerengan bervariasi antara 15 hingga di atas 40% dengan ketinggian 10-470 m dari permukaan laut. Sumber air yang dimanfaatkan oleh masyarakat Sekotong adalah sumur, embung, sungai dan PDAM (Rahmawati., *et.al*, 2010). Daerah penelitian merupakan pemukiman padat penduduk yang berbatasan dengan sungai Pelangan, dimana pada lokasi penelitian terdapat agroforestri jati, kebun dan sawah yang menjadi tempat masyarakat membudidayakan tanamannya. Selain itu juga di Selatan lokasi penelitian terdapat bukit yang menjadi tempat penambangan emas secara illegal.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, GPS, kertas label, pisau lapangan, ring sampel, cangkul, sekop, linggis, kantong plastik tebal, satu set ayakan dan alat-alat Laboratorium Fisika Tanah. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah berbagai sampel tanah, aquades dan bahan-bahan untuk analisis di laboratorium.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 titik lokasi dekat gelondongan dan puyak (tailing) pada kedalaman 0 - 10 cm dan 10-20 cm, setiap titik lokasi dilakukan ulangan sebanyak 3 kali (Dariah & Rachman, 2015). Pemilihan titik sampel tanah didasarkan pada perbedaan kontur yang mempengaruhi proporsi kandungan merkuri pada setiap kedalaman tanah. Contoh tanah yang diambil terdiri dari dua macam yaitu sampel tanah tidak terusik dan sampel tanah terusik. Sampel tanah tidak terusik diambil menggunakan ring sampel berukuran 10 cm dan 5 cm dengan diameter 5 cm. Contoh tanah tidak terusik tersebut digunakan untuk keperluan analisis berat volume tanah (BV) dan permeabilitas tanah. Contoh tanah terusik diambil menggunakan sekop yang digunakan untuk keperluan analisis tekstur tanah dan berat jenis tanah (BJ). Pengukuran infiltrasi langsung di lapangan menggunakan double ring infiltrometer. Adapun peta pengambilan sampel tanah disajikan pada gambar 1.



Gambar 1 Peta Pengambilan Sampel

Analisis Tanah

Analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Analisis sifat fisik tanah yang dilakukan yaitu Tekstur Tanah, Berat Volume Tanah (BV), Berat Jenis Tanah (BJ), Porositas Tanah, Permeabilitas Tanah dan Infiltrasi. Metode yang digunakan untuk analisis sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah ditetapkan dengan metode pipet, berat jenis tanah ditetapkan menggunakan metode piknometer, berat volume tanah ditetapkan menggunakan metode ring sampel, porositas tanah didapatkan dari hasil perhitungan berat jenis (BJ) dan berat volume (BV) tanah, permeabilitas tanah ditetapkan menggunakan metode ring dengan alat permeameter dan infiltrasi ditetapkan menggunakan metode double ring infiltrometer langsung di lapangan. Adapun analisis kandungan merkuri dilakukan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) SNI 6989-78-2019 dengan prinsip uap dingin. Reduktor yang digunakan di Lab LHK antara lain SnCl_2 dan NaBH_4 (natrium borohidrat). Semakin banyak uap yang terabsorpsi semakin banyak konsentrasi Hgnya. Konsentrasi Hg dalam contoh dapat ditentukan dengan membandingkan

antara sampel contoh Hg dengan kurva standar. Kurva standar yang digunakan yaitu 0-10 ppb (part of billions) untuk mendapatkan hasil ppm (mg/l) dikalikan 1000. Menurut PP 101/2014 Nilai ambang batas logam merkuri pada tanah adalah 0,3 mg/kg berat kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sifat Fisik Tanah Pada Daerah Penelitian

Fisika tanah berhubungan erat dengan kondisi dan pergerakan benda dengan aliran dan transportasi energi tanah (Hillel, 1980)

Table 1 Sifat Fisik Tanah Pada Daerah Penelitian

No	Titik	Ke- dalam- an (cm)	Sifat Fisik Tanah							
			Pasir	Tekstur (%)			BV	BJ	Porositas	Permea- bilitas
				Debu	Liat	g/cm ³	g/cm ³	%	cm/jam	cm/menit
1.	Titik 1	0-10	53.07	28.99	17.94	1.297	2.353	44.873	3.281	0,15
		0-20	51.87	42.93	5.20	1.272	2.704	52.956	6.192	
2.	Titik 2	0-10	48.80	38.85	12.35	1.317	2.645	50.206	0.123	0,223
		0-20	50.93	39.84	9.23	1.252	2.753	54.537	4.159	
3.	Titik 3	0-10	53.87	31.83	14.30	1.325	2.448	45.866	1.001	0,226
		0-20	57.20	19.92	22.88	1.232	2.505	50.828	1.525	

Tekstur Tanah. Pada titik 1 sebagian besar tekstur tanah didominasi oleh fraksi pasir namun proporsi fraksi liat dan debu sangat bervariasi. Pada kedalaman 0-10 cm, fraksi liat lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi debu, namun pada kedalaman 10-20 cm fraksi liat menurun drastis dan fraksi debu meningkat secara signifikan. Sehingga kelas tekstur tanah yang dominan pada titik 1 tergolong kedalam pasir berlempung (*sandy loam*). Pada titik 2, tekstur tanah didominasi oleh fraksi pasir dan fraksi debu yang meningkat semakin bertambahnya kedalaman tanah, namun semakin bertambahnya kedalaman tanah proporsi liat semakin menurun. Sehingga kelas tekstur tanah yang dominan pada lokasi 2 tergolong kedalam lempung (*loam*) sampai lempung berdebu (*silty loam*). Adapun pada titik 3, sebagian besar tekstur tanah didominasi oleh fraksi pasir dan proporsi liat yang cukup tinggi dari biasanya. Dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kedalaman tanah, proporsi liat semakin tinggi. Sehingga kelas tekstur tanah yang dominan pada lokasi 3 tergolong kedalam lempung liat berpasir (*sandy clay loam*). Menurut (Hardjowigeno, 2003) bahwa tekstur tanah dipengaruhi oleh faktor pembentukan tanah yang penting yaitu bahan induk tanah. Bahan induk bertekstur kasar cenderung menghasilkan tanah bertekstur kasar dan sebaliknya. Hardjowigeno, S., 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta

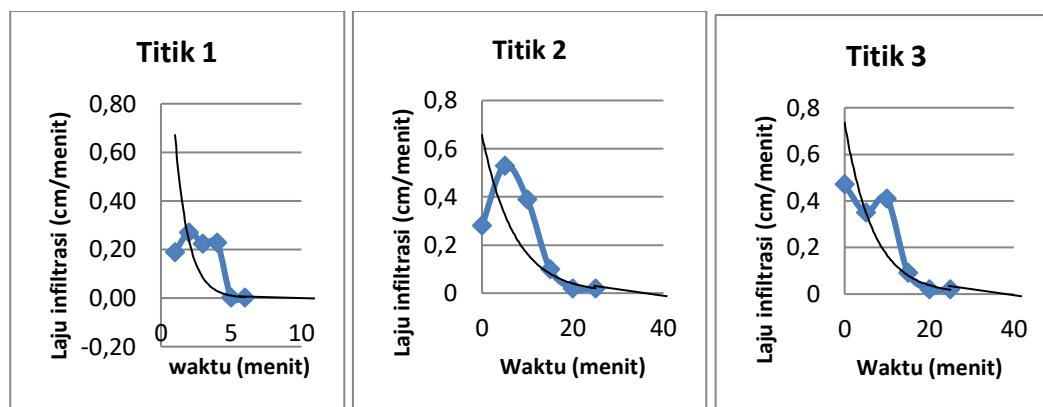
Berat Volume Tanah. Berdasarkan tabel 1, berat volume tanah menurun seiring bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini menandakan bahwa terjadi kepadatan pada tanah tersebut yang diakibatkan oleh tempat pengambilan sampel yang merupakan pemukiman penduduk. Menurut (Rosyidah & Wirosedarmo, 2013) pemadatan tanah terjadi akibat aktivitas manusia atau penduduk yang intensif dipergunakan untuk kegiatan manusia sehari-hari dimana nilai berat isi sangat terpengaruh dari pengolahan tanah termasuk aktivitas manusia yang intensif. Pada titik 1, 2 dan 3 di lapisan 0-10 cm, memiliki nilai berat volume tanah yang cukup tinggi, karena lokasi pengambilan sampel merupakan pemukiman yang aktivitas

manusianya masih tinggi, artinya kegiatan tersebut dapat menimbulkan kepadatan tanah. Hal ini disebabkan pada daerah permukiman, umumnya tanah dipadatkan melalui tanah timbunan, pencampuran tanah, dan lalu lintas alat (Batey & McKenzie, 2006). Hal ini sejalan dengan (Andayono & Mera, 2019) bahwa kepadatan tanah pada lahan permukiman, menyebabkan tanah menjadi lebih padat dan porositas tanah menjadi kecil. Adapun menurut Sudrajad (2007) tingginya nilai berat volume ini kemungkinan karena tanah tersebut mengandung bahan organik yang rendah sehingga memiliki nilai berat volume tanah yang tinggi.

Berat Jenis Tanah. Berdasarkan tabel 1, bahwa pada masing-masing titik lokasi memiliki berat jenis yang meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. Pada titik 1, berat jenis tanah mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari kedalaman 0-10 cm ke kedalaman 10-20 cm, tidak seperti titik 2 dan 3 mengalami peningkatan secara berangsur-angsur. Menurut Hardjowigeno (2003), kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan tanah mempunyai berat jenis butiran yang rendah. Menurut (Rosyidah & Wirosodarmo, 2013) bahwa tanah yang diambil di pemukiman penduduk tidak menunjukkan perbedaan yang besar, hal tersebut disebabkan oleh pengaruh dari bahan induk. Berat jenis tanah (bulk density) adalah massa tanah kering yang mengisi ruang lapisan tanah. Oleh karena itu, berat jenis tanah adalah massa per satuan tanah kering (Asdak, 2007).

Porositas Tanah. Porositas tanah adalah bagian tanah yang tidak terisi bahan tanah padat (terisi udara dan air), porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, tekstur tanah dan struktur tanah (Yusanto, 2009). Porositas terdiri dari ruang antara partikel pasir, debu dan tanah liat dan ruang antara agregat tanah (Tolaka et al., 2013). Porositas tanah tinggi ketika ada banyak bahan organik di dalam tanah. Tanah dengan struktur remah lebih berpori daripada tanah dengan struktur masif. Pada tabel 1, terlihat bahwa porositas pada masing-masing titik dan kedalaman termasuk dalam kategori yang cukup ideal, namun titik 1 dan 3 memiliki nilai dibawah 50%, ini menandakan bahwa ruang pori pada titik-titik tersebut sangat rendah. Sebagaimana yang dijelaskan oleh (Soediono, 1989) jika makin banyak ruang pori-pori diantara partikel tanah maka semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air, begitupun sebaliknya jika ruang pori rendah maka semakin sulit mengalirnya gerakan air dan udara.

Permeabilitas Tanah. Berdasarkan tabel 1, setiap titik memiliki perbedaan kemampuan tanah dalam meloloskan air atau biasa disebut dengan permeabilitas Permeabilitas merupakan kemampuan tanah dalam meloloskan air (zat cair). Tingkat permeabilitas tanah (cm/jam) tergantung pada sifat fisik tanah yang berbeda (Rohmat & Soekarno, 2006). Selain itu (Julianto et al., 2021) menjelaskan bahwa permeabilitas dapat digambarkan sebagai kemampuan tanah untuk melewatkan air. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas tanah meliputi struktur, tekstur dan porositas tanah (Suryani et al., 2012). Pada titik 1 kedalaman 0-10 cm memiliki rata-rata permeabilitas 3,280 cm/jam dan masuk harkat agak cepat, namun pada kedalaman 10-20 cm termasuk harkat lambat dengan kecepatan 6,191 cm/jam. Ini menandakan tanah lapisan atas memiliki kemampuan mengalirkan air lebih cepat dibandingkan pada ke dalaman di bawahnya. Sedangkan pada titik 2, harkat permeabilitas termasuk dalam kategori sangat lambat pada kedalaman 0-10 cm, namun saat masuk ke lapisan 10-20 cm tanah dapat mengalirkan air mulai meningkat yaitu 4.158 cm/jam. Adapun pada titik 3, kemampuan tanah meloloskan air agak lamabar pada setiap kedalaman tanah dengan nilai 1-1,5 cm/jam. Hal ini menyebabkan tanah sangat sulit dalam meloloskan air.



Gambar 2 Kurva Infiltrasi Pada Berbagai Titik Lokasi

Infiltrasi. Pada gambar 2, bahwa pada titik1 dan 2, air sangat sulit untuk masuk kedalam lapisan tanah pada menit-menit awal, hal ini karena tingkat kepadatan tanah sangat tinggi, sehingga sulit untuk jenuh. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Andayono & Mera (2019) bahwa besarnya infiltrasi dipengaruhi oleh intensitas hujan, kemiringan permukaan tanah, kondisi penutupan permukaan tanah (vegetasi), kelembaban tanah dan permeabilitas tanah. Sementara ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi permeabilitas tanah, dan faktor yang paling dominan adalah pemadatan tanah. Namun pada lapisan selanjutnya laju infiltrasi berjalan dengan baik. Sebagaimana pendapat (Widianto et al., 2003) menyatakan bahwa jumlah pori makro dan kemantapan agregat pada gilirannya akan meningkatkan kapasitas infiltrasi (masuknya air ke dalam tanah) dan sifat aerasi tanah. Adapun pada titik 3, air masuk ke dalam tanah sangat cepat, hal ini karena kepadatan tanah rendah dan ruang pori besar selain itu juga fraksi pasircukup tinggi. Sehingga air dapat masuk lebih cepat, namun pada pertengahan masa infiltrasi, kecepatannya melambat karena pada titik ini jumlah batu krakal dan krikil begitu banyak. (Nave et al., 2017) mengemukakan bahwa laju infiltrasi akan berkurang seiring bertambahnya waktu hingga laju infiltrasi mendekati konstan.

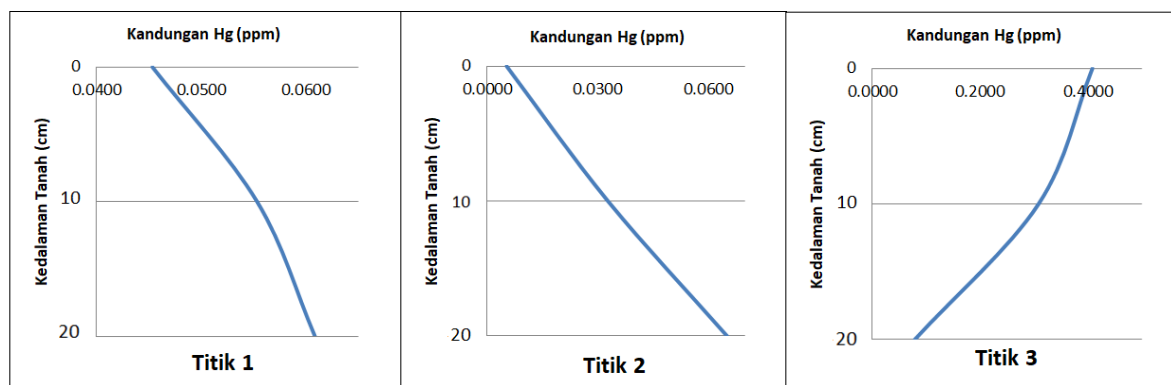
Kandungan Merkuri Pada Setiap Lapisan Tanah

Secara umum, kandungan merkuri dalam tanah berbeda-beda setiap titik dan kedalaman lapisan tanah. Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium BLHP (Tabel 2) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri (Hg) dalam tanah melebihi batas ambang baku mutu. Seperti batasan yang ditetapkan oleh WHO (World Health Organization) yaitu 0,0001 mg/l (ppm). Adapun menurut PP 101/2014 nilai ambang batas logam merkuri pada tanah adalah 0,3 mg/kg berat kering. Titik lokasi yang memiliki rata-rata kandungan Hg tertinggi yakni titik 3 dengan nilai 0,3089 ppm, namun pada sampel ulangan 1 memiliki kadar merkuri mencapai 0,6105 ppm. Tingginya kandungan merkuri pada titik pengamatan ini disebabkan karena sangat dekat dengan pengolahan emas secara amalgamasi yang secara khusus dekat dengan tailing (kolam pembuangan limbah yang mengandung merkuri).

Table 2 Hasil Rata-rata Kandungan Hg (ppm) Pada Setiap Lapisan Tanah

No.	Titik Sampel	Kedalaman	Kandungan Hg (ppm)	Ambang baku mutu merkuri menurut PP 101/2014 (ppm)
1	Titik 1	0-10 cm	0.0554	0,3
2.		0-20 cm	0.0609	
3.	Titik 2	0-10 cm	0.0329	
4.		0-20 cm	0.0652	
5.	Titik 3	0-10 cm	0.3089	
6.		0-20 cm	0.0790	

Jika digambarkan dalam bentuk grafik, masing-masing titik pengamatan memiliki pola yang berbeda antara satu dengan yang lainnya.



Gambar 3 Kandungan Hg (ppm) Pada Berbagai Titik dan Kedalaman Tanah

Pada gambar 3, pada titik 1 dan 2 kandungan merkuri dalam tanah memiliki pola yang sama dari kedalaman 0-10 cm sampai 10-20 cm, kandungan merkuri semakin meningkat artinya semakin dalam suatu lapisan tanah maka kadar merkuri akan semakin tinggi. Namun, jika dilihat lebih teliti terdapat perbedaan antara titik 1 dan 2, yaitu pada titik satu kandungan merkuri meningkat secara berangsur-angsur sedangkan pada titik 2 kandungan merkuri pada kedalaman 0-20 cm meningkat secara signifikan dengan pola melebar. Sebaliknya pada titik 3 semakin dalam lapisan tanah, kandungan merkurnya semakin menurun. Menurut (Gobeil & Cossa, 1993) bahwa tingkat merkuri terlarut rendah di dekat permukaan sedimen, meningkat hingga maksimum pada kedalaman sekitar 5 cm, dan kemudian menurun dengan semakin dalam. Kedalaman di mana merkuri meningkat secara nyata di dalam air pori adalah sekitar 2 cm. Penyebab lain dari perbedaan kandungan adalah salah satunya jarak pengambilan sampel tanah dengan tailing (kolam pembuangan merkuri) dan intensitas pengolahan emasnya. Sebagaimana yang diungkapkan oleh (Amonoo-Neizer et al., 1996) bahwa konsentrasi merkuri di suatu lokasi tertentu sangat bergantung pada intensitas kegiatan penambangan ilegal dan semakin dekat jaraknya maka semakin tinggi kandungan merkuri yang dihasilkan. Selain itu juga, penyebab terjadinya perbedaan sebaran kandungan merkuri dalam tanah adalah berbagai sifat fisik tanah mulai dari tekstur, berat volume tanah, berat jenis tanah, porositas tanah, permeabilitas tanah, dan infiltrasi. Semua sifat fisik tersebut sangat mempengaruhi pergerakan, kandungan dan sebarannya merkuri di dalam tanah.

Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Kandungan Merkuri

Berbagai sifat fisik tanah mulai dari tekstur tanah, berat volume tanah, berat jenis tanah, porositas tanah, permeabilitas tanah dan infiltrasi memiliki kaitan yang erat dengan kandungan merkuri pada kedalaman lapisan tanah.

Table 3 Hubungan Tekstur Tanah dengan Kandungan Merkuri

No.	Titik	Kedalaman (cm)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur	Kandungan Hg (ppm)
			Pasir	Debu	Liat		
1	Titik 1	0-10	53.07	28.99	17.94	sandy loam	0.0554
2		0-20	51.87	42.93	5.20	loam	0.0609
3	Titik 2	0-10	48.80	38.85	12.35	loam	0.0329
4		0-20	50.93	39.84	9.23	loam	0.0652
5	Titik 3	0-10	53.87	31.83	14.30	sandy loam	0.3089
6		0-20	57.20	19.92	22.88	sandy clay loam	0.0790

Berdasarkan tabel 3, kandungan merkuri paling tinggi terdapat pada titik 3 kedalaman 0-10 cm yaitu 0,3089 dengan tekstur tanah yang masuk dalam kelas tekstur sandy loam. Walaupun termasuk kelas *sandy loam* yang proporsi pasirnya lebih tinggi, namun posisi tempat pengambilan sampel lebih datar dan lebih dekat dengan tailing sehingga kadar merkurnya lebih tinggi. Sebab wilayah yang datar akan menjadi tempat mengendapnya suatu partikel maupun logam berat. Sebagaimana yang diungkapkan oleh (Nst et al., 2012) bahwa merkuri mudah terikat pada padatan tersuspensi dan mengendap ke dasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Selain itu juga menurut (Gworek et al., 2016) pada lempung berpasir, pencucian merkuri dan senyawanya ke lapisan tanah yang lebih dalam terjadi lebih cepat, yang dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi merkuri di lapisan permukaan dibawahnya.

Terjadi penurunan kandungan merkuri di lapisan 10-20 cm, walapun menurun namun tetap lebih tinggi dibandingkan titik yang lain pada kedalaman yang sama. Hal ini karena titik 3 pada kedalaman 10-20 cm memiliki fraksi liat yang cukup tinggi dibandingkan titik yang lainnya yaitu 22,88% yang masuk dalam kelas tekstur *sandy clay loam* namun memiliki fraksi pasir juga yang lebih tinggi sehingga lebih porus dibandingkan lapisan diatasnya. Oleh sebab itu kandungan merkurnya tidak setinggi kedalaman 0-10 cm. Fraksi liat memiliki korelasi positif dengan kadar merkuri yakni dapat mengikat merkuri sangat tinggi, sebagaimana yang diungkapkan oleh (Palmieri et al., 2006) bahwa ukuran butir mempengaruhi kandungan merkuri di dalam tanah dimana tanah liat, lumpur, dan pasir memiliki perilaku distribusi yang serupa dengan merkuri. Hal ini sesuai yang dijelaskan oleh (Nst et al., 2012) bahwa fraksi halus (liat dan debu) yang tinggi akan mengikat merkuri lebih tinggi. Selain itu juga, (Qu et al., 2019) menyatakan ukuran butir yang lebih kecil dapat adsorbsi merkuri lebih besar.

Tabel 4. Analisis Regresi dan Korelasi Berat Volume Tanah dengan Kandungan Hg

Regression Statistics		
Multiple R	0,443839	
R Square	0,196993	
Correlation Statistics		
	Column 1	Column 2
Column 1	1	
Column 2	-0,27225	1

Dari tabel 4, bahwa berat volume tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,443. Hubungan antara berat volume tanah dengan kandungan Hg sebesar 19% sisanya dipengaruhi oleh sifat fisik tanah yang lainnya. Terdapat korelasi negatif antara berat volume tanah dengan kandungan Hg, artinya mempunyai hubungan terbalik, dimana jika nilai berat volume tanah, maka nilai kandungan Hg akan menjadi rendah. Nilai berat volume tanah tertinggi memiliki kandungan merkuri paling tinggi seperti pada titik 3. Menurut (Saribun, 2007), hal ini karena bobot isi merupakan petunjuk kepadatan tanah, semakin padat suatu tanah semakin tinggi pula nilai bobot isinya, yang berarti semakin sulit meneruskan air. Sehingga akan sulit juga terjadinya mobilitas merkuri di dalam tanah tersebut dan mengakibatkan merkuri terperap pada lapisan tersebut dan sulit untuk mengalirkannya ke lapisan dibawahnya. Artinya BV tanah mempengaruhi pergerakan merkuri dalam setiap lapisan tanah. Namun tidak semua BV yang tinggi mengandung merkuri yang tinggi seperti pada titik 2 kedalaman 10-20 cm memiliki kandungan merkuri yang cukup rendah, dimana pada kasus seperti ini kandungan merkuri dipengaruhi oleh jarak pengambilan sampel dan ukuran fraksi tanah yang mempengaruhi distribusi merkuri pada profil tanah.

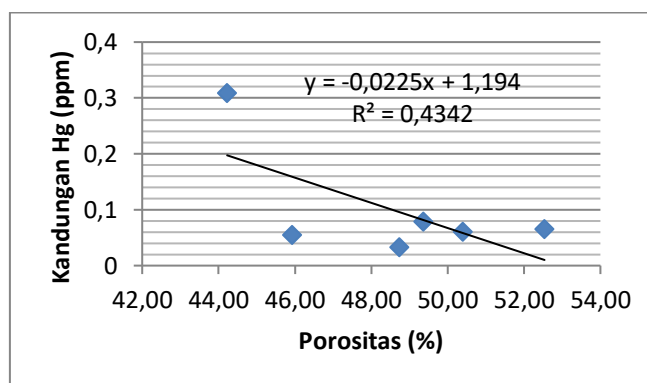
Tabel 5. Analisis Regresi dan Korelasi Berat Jenis Tanah dengan Kandungan Hg

<i>Regression Statistics</i>		
Multiple R	0,383413122	
R Square	0,147005622	
<i>Correlation Statistics</i>		
	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>
Column 1	1	
Column 2	0,514821	1

Berdasarkan tabel 5, bahwa berat jenis tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,383. Hubungan antara berat jenis tanah dengan kandungan Hg sebesar 14% sisanya dipengaruhi oleh sifat fisik tanah yang lainnya. Terdapat korelasi positif antara berat jenis tanah dengan kandungan Hg, artinya mempunyai hubungan searah, dimana jika nilai berat jenis tanah tinggi, maka nilai kandungan Hg akan menjadi tinggi pula. Berat jenis tanah meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Sebagaimana yang diungkapkan oleh (Sari et al., 2017) bahwa berat jenis tanah meningkat secara nyata dengan meningkatnya kedalaman tanah. Dapat dilihat titik 2 kedalaman 10-20 cm memiliki berat jenis tanah tertinggi yakni 2,753 gr/cm³, dengan nilai ini seharusnya dapat mempengaruhi kadar merkuri menjadi lebih tinggi, seperti pendapat (Fastawa et al., 2018) bahwa apabila tanah memiliki berat jenis yang lebih besar dari air maka akan terjadi kontaminasi logam berat (merkuri) yang lebih besar. Adapun kandungan merkuri tertinggi terdapat pada titik 3 dengan nilai 0,3089 ppm dengan berat jenis tanah 2,44 g/cm³, walaupun nilai BJ nya tidak setinggi titik 2 namun memiliki proporsi fraksi halus (debu dan liat) yang cukup tinggi. Hal ini didukung oleh Surya et al. (2017) bahwa berat jenis tanah dipengaruhi oleh bahan induk tanah dan tekstur tanah. Dengan persentase tekstur liat yang lebih dominan sehingga kerapatan partikel tanahnya rendah, sehingga kemampuan untuk menyerap air sangat besar.

Tabel 6. Analisis Regresi dan Korelasi Porositas dengan Kandungan Hg

Regression Statistics		
Multiple R	0,658963125	
R Square	0,4342324	
Correlation Statistics	Column 1	Column 2
Column 1	1	
Column 2	-0,65896	1

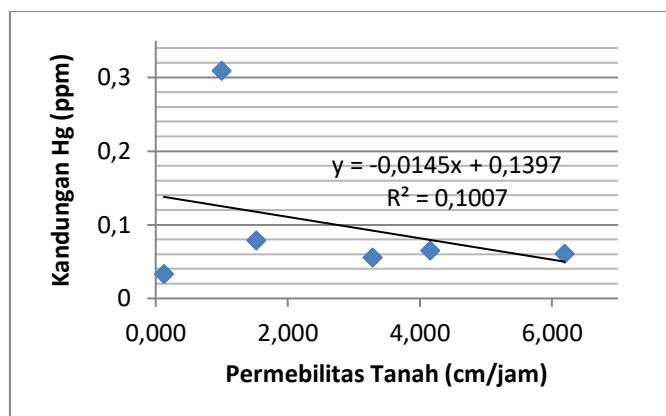


Gambar 4 Hubungan Porositas Tanah (%) dengan Kandungan Hg (ppm)

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 4 menunjukkan bahwa porositas tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang sangat kuat yaitu sebesar 0,6589. Hubungan antara porositas tanah dengan kandungan Hg sebesar 43% sisanya dipengaruhi oleh sifat fisik tanah yang lainnya. Terdapat korelasi positif antara berat volume tanah, berat jenis tanah dengan porositas, dimana semakin tinggi BV dan BJ maka porositasnya juga akan semakin tinggi. Sebaliknya terdapat korelasi negatif antara porositas tanah dengan kandungan Hg, artinya mempunyai hubungan terbalik, dimana jika nilai porositas tinggi, maka nilai kandungan Hg akan menjadi rendah. Sebagaimana yang dijelaskan (Hanafiah, 2012) bahwa makin besar porus tanah maka makin mudah air dan udara untuk bersirkulasi (drainase dan aerasi baik) yang akan membawa merkuri. Dengan kata lain kondisi pori yang ideal sampai rendah menyebabkan merkuri mengendap pada lapisan tersebut yakni pada kedalaman yang lebih dalam. Sebagaimana yang dijelaskan (Hanafiah, 2012) bahwa tanah yang bertekstur lempung berpasir lebih baik jika dibandingkan dengan tanah yang bertekstur lempung, karena didominasi pasir maka banyak terdapat pori- pori makro disebut lebih porus, makin besar porus tanah maka makin mudah air dan udara untuk bersirkulasi (drainase dan aerasi baik). Pernyataan ini didukung oleh pendapat (Soediono, 1989) (Setyowati, 2007) jika semakin tinggi persentase pasir dalam tanah, makin banyak ruang pori-pori diantara partikel tanah semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air.

Tabel 7. Analisis Regresi dan Korelasi Permeabilitas dengan Kandungan Hg

Regression Statistics		
Multiple R	0,317399597	
R Square	0,100742504	
Correlation Statistics	Column 1	Column 2
Column 1	1	
Column 2	-0,3174	1



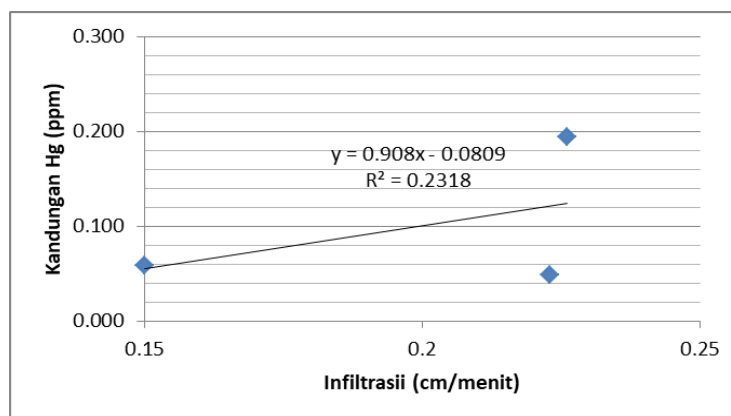
Gambar 5 Hubungan Permeabilitas Tanah (cm/jam) dengan Kandungan Hg (ppm)

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan bahwa permeabilitas tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,3174. Hubungan antara permeabilitas tanah dengan kandungan Hg sebesar 10% sisanya dipengaruhi oleh sifat fisik tanah yang lainnya. Terdapat korelasi negatif antara porositas tanah dengan kandungan Hg, artinya mempunyai hubungan terbalik, dimana jika nilai permeabilitas tinggi, maka nilai kandungan Hg akan menjadi rendah. Berdasarkan gambar 10, kandungan merkuri tertinggi terdapat kedalaman 0-10 cm dengan permeabilitas 1.001 cm/jam yang tergolong dalam kelas permeabilitas agak lambat dimana kandungan merkuri mencapai sebesar 0,3089 ppm. Permeabilitas tanah memiliki andil yang cukup signifikan terhadap perilaku merkuri dalam tanah. Hal ini karena masa jenis merkuri lebih besar dari pada air sehingga ketika merkuri terlarutkan bersama air, maka merkuri akan lebih mudah terakumulasi dalam tanah. Pernyataan ini ditegaskan oleh (Gobeil & Cossa, 1993) bahwa konsentrasi merkuri maksimum menurun ke arah laut sedangkan konsentrasi merkuri hampir konstan di sedimen bawah permukaan tetapi meningkat ke arah permukaan sedimen di mana konsentrasi merkuri dua kali lipat dari sedimen bawah permukaan.

Sedangkan kadar merkuri terendah terdapat kedalaman 0-10 cm yang tergolong dalam kelas permeabilitas sangat lambat. Artinya semakin tinggi porositasnya (ruang antar pori) maka kandungan merkurnya semakin rendah. Semakin rapat konfigurasi dari butiran pada suatu volume tertentu, maka semakin tinggi kerapatannya sehingga menyebabkan semakin rendah nilai permeabilitasnya. Sebagaimana pendapat (Widianto et al., 2003) menyatakan bahwa jumlah pori makro dan kemandapan agregat pada gilirannya akan meningkatkan kapasitas infiltrasi (masuknya air dan merkuri ke dalam tanah) dan sifat aerasi tanah.

Tabel 8. Analisis Regresi dan Korelasi Infiltrasi dengan Kandungan Hg

<i>Regression Statistics</i>		
Multiple R	0,481500366	
R Square	0,231842603	
<i>Correlation Statistics</i>	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>
Column 1	1	
Column 2	0,4815	1



Gambar 6 Hubungan Infiltrasi (cm/jam) dengan Kandungan Hg (ppm)

Berdasarkan tabel 8 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa infiltrasi dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,4815. Hubungan antara infiltrasi tanah dengan kandungan Hg sebesar 48% sisanya dipengaruhi oleh sifat fisik tanah yang lainnya. Terdapat korelasi positif antara infiltrasi dengan kandungan Hg, artinya mempunyai hubungan searah, dimana jika nilai infiltrasi tinggi, maka nilai kandungan Hg akan menjadi tinggi pula. Berdasarkan gambar 10 menunjukkan bahwa semakin cepat laju infiltrasi maka semakin tinggi kandungan merkuri di dalam tanah. Hal ini terjadi karena laju infiltrasi yang cepat bukan menjadi salah satunya faktor terkait kandungan merkuri dalam tanah melainkan ada pengaruh dari permeabilitas, porositas (berat volume tanah dan berat jenis tanah) serta jarak pengambilan sampel. Sebagaimana yang diungkapkan oleh (Andayono & Mera, 2019) pengaruh pergerakan logam berat terhadap laju infiltrasi sebesar 8,7 % sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti porositas, jenis tanah, dan permeabilitas tanah. Sebagaimana pendapat (Widianto et al., 2003) menyatakan bahwa jumlah pori makro dan kemantapan agregat pada gilirannya akan meningkatkan kapasitas infiltrasi (masuknya air dan merkuri ke dalam tanah) dan sifat aerasi tanah. Tingginya infiltrasi menyebabkan air mudah hilang. Tekstur tanah ikut berperan dalam menentukan laju permeabilitas, tanah yang memiliki lebih banyak fraksi pasir akan meningkatkan laju infiltrasi, dibanding tanah yang memiliki lebih banyak fraksi liat. Dimana ketika air mudah masuk maka merkuri dalam tanah yang terbawa air juga akan mengikuti lingkungannya (air dan tanah) seperti ungkapan (Wang, 2003) bahwa merkuri itu mengikuti lingkungannya.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa hubungan sifat fisik tanah dengan kandungan Hg sangat erat, dimana tekstur tanah memiliki hubungan yang kuat dengan kandungan Hg dalam tanah yaitu berkorelasi negatif dengan fraksi pasir sebesar -0,85724 dan berkorelasi negatif dengan fraksi halus (debu dan liat) sebesar 0,712692 dan 0,331706. Berat volume tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,443. Berat jenis tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,383. Porositas tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang sangat kuat yaitu sebesar 0,6589. Permeabilitas tanah dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,3174. Infiltrasi dengan kandungan Hg memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,4815.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Nexus dan mitra kerja sama yang telah memberikan pendanaan bagi penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Ir. Suwardji, M.App.Sc., Ph.D. dan bapak Zaenal Arifin, SP., M. Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA^[BBS1]

- Amonoo-Neizer, E. H., Nyamah, D., & Bakiamoh, S. B. (1996). Mercury and arsenic pollution in soil and biological samples around the mining town of Obuasi, Ghana. *Water, Air, and Soil Pollution*, 91(3–4), 363–373. <https://doi.org/10.1007/BF00666270>
- Andayono, T., & Mera, M. (2019). Hubungan Laju Infiltrasi Terhadap Kepadatan Tanah di Kawasan Pemukiman. *Junal Teknik*, 0, 593–602.
- Asdak, 2. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gaja Mada.
- Batey, T., & McKenzie, D. C. (2006). Soil compaction: Identification directly in the field. *Soil Use and Management*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00017.x>
- Dariah, A., & Rachman, A. (2015). Pengukuran Infiltrasi. *Sifat Fisik Tanah*, 239–250. http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/buku_sifat_fisik_tanah/
- Fastawa, Agustina, E., & Kamal, S. (2018). Keanekaragaman makrozoobenthos sebagai bioindikator pencemaran di kawasan payau krueng Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2018*, 390–396.
- Gobeil, C., & Cossa, D. (1993). Mercury in sediments and sediment pore water in the Laurentian Trough. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(8), 1794–1800. <https://doi.org/10.1139/f93-201>
- Gworek, B., Dmuchowski, W., Koda, E., Marecka, M., Baczewska, A. H., Bragoszewska, P., Siczka, A., & Osiński, P. (2016). Impact of the municipal solid waste landfills on environmental pollution by heavy metals. *Water (Switzerland)*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/w8100470>
- Hanafiah. (2012). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hillel, D. (1980). *Introduction to Soil Physics*. San Diego: Academic Press.
- Ino. (2019). *Desa Batu Putih Kecamatan Taliwang Kabupaten*. 2, 174–177.
- Iwan. (2018). Hubungan Pertambangan Emas Dengan Kadarmerkuri Dalam Rambut Penambang Di Desa Kedaro Sekotong Lombok Barat. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 4(1), 56–59.
- Julianto, A., Afriani, L., Iswan, & Putra, A. D. (2021). Pengujian Permeabilitas Tanah yang Dipadatkan dengan Metode Modified Proctor Cubir Permeameter. *Jrsdd*, 9(4), 910–920.
- Karnilawati, Yusnizar, & Zuraida. (2015). Pengaruh Jenis dan Dosis Bahan Organik pada Entisol terhadap pH Tanah dan P- Tersedia Tanah. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 313–318.
- Lale bidesari, Alfina Taurida, K. A. H. (2018). *Identifikasi Sebaran Limbah Merkuri Di Desa Pelangan Kecamatan Sekotong Menggunakan Metode Geolistrik*. 1.

- Mirdat, Patadungan, Yosep, S., & Isrun. (2013). Status Logam Berat merkuri (Hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *J. Agrotekbis*, 1(2), 127–134.
- Nave, L. E., Drevnick, P. E., Heckman, K. A., Hofmeister, K. L., Veverica, T. J., & Swanston, C. W. (2017). Soil hydrology, physical and chemical properties and the distribution of carbon and mercury in a postglacial lake-plain wetland. *Geoderma*, 305(November 2016), 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.05.035>
- Nst, H., Yoga, G. P., & Darusman, L. K. (2012). Hubungan Karakteristik Sedimen Dasar Terhadap Kandungan Merkuri Akibat Pertambangan Emas Tanpa Ijin (Peti) Pongkor - Kab. Bogor. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 2(2), 19–23. <https://doi.org/10.37859/jp.v2i2.134>
- Palmieri, H. E. L., Nalini, H. A., Leonel, L. V., Windmöller, C. C., Santos, R. C., & de Brito, W. (2006). Quantification and speciation of mercury in soils from the Tripuí Ecological Station, Minas Gerais, Brazil. *Science of the Total Environment*, 368(1), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.085>
- Priyono, J., Yasin, I., & Dahlan, M. (2019). Preliminary Research Identifikasi Sifat , Ciri , dan Jenis Tanah Utama di Pulau Lombok Identification of The Properties , Characteristics , and Type of Main Soils in Lombok Island. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 5(1), 19–24.
- Qu, R., Han, G., Liu, M., & Li, X. (2019). The mercury behavior and contamination in soil profiles in mun river basin, Northeast Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph16214131>
- RAHMAWATI, Diah, Dr. M. Pramono Hadi, M. S. (2010). Dampak proses amalgamasi pada kegiatan pertambangan emas tanpa ijin (PETI) terhadap kandungan pada beberapa muara sungai di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Perpustakaan Universitas Gadjah Mada*. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/47755>
- Rohmat, D., & Soekarno, I. (2006). Formulasi efek sifat fisik tanah terhadap permeabilitas dan suction head tanah (kajian empirik untuk meningkatkan laju infiltrasi). *Jurnal Bionatural*, 8(1), 1–9.
- Rosyidah, E., & Wirosodarmo, R. (2013). Effect of Soil Physical Properties on Saturated Hydraulic Conductivity in The 5 Land Use (A Case Study in Summersari Malang). *Agritech*, 33(3), 340–345.
- Sari, T., Linda, R., Biologi, P. S., Mipa, F., Tanjungpura, U., Prof, J., & Nawawi, H. H. (2017). 22492-63887-1-Pb. 6, 263–269.
- Saribun, D. S. (2007). Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi, Porositas Total, dan Kadar Air Tanah pada Sub-DAS Cikapundung Hulu. *Pustaka Unpad*, 66.
- Soediono, B. (1989). Sifat Fisik Tanah Dan Kemampuan Tanah Meresapkan Air Pada Lahan Hutan, Sawah, Dan Permukiman. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(2), 160. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JG/article/view/103>
- Soil Survey Staff - NRCS/USDA. (2014). Keys to soil taxonomy. *Soil Conservation Service*, 12, 360. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf

- Sudrajad, J. (2007). Metadata, citation and similar papers at core.ac.u 1. *Pembagian Harta Waris Dalam Adat Tionghoa Di Kecamatan Ilir Timur I Kota Palembang, 1*(14 June 2007), 1–13. <https://core.ac.uk/download/pdf/11715904.pdf>
- Surya, J. A., Nuraini, Y., & Widiyanto. (2017). Study of Soil Porosity in Providing Several Types of Organic Materials in Robusta Coffee Plantation. *Journal of Soil and Land Resources*, 4(1), 463–471.
- Suryani, I., Lopulisa, C., Nurkin, B., Pairunan, A., & Unhas, K. (2012). Dinamika Sifat Fisik Tanah Pada Areal Pertanaman Kakao Akibat Alih Guna Lahan Hutan Di Kecamatan Papalang Kabupaten Mamuju. *Jurnal Kehutanan*, 3(1), 21–32.
- Tolaka, W., Wardah, & Rahmawati. (2013). Physical Properties of Soil in Primary Forest, Agroforestry and Cocoa Gardens in Wera Saluopa Subbasin, Leboni Village, Puselemba District, Poso Regency. *Warta Rimba*, 1(2004), 1–8.
- Wang, S. Z. (2003). Fractionation of heavy metal in different particle size sediments and its relationship with heavy metal pollution. *Environ. Toxicol, J*, 71:873-880.
- Widiyanto, Hairiah, K., Suharjito, D., & Sardjono, M. a. (2003). Fungsi dan peran agroforestri. *World Agroforestry Centre (ICRAF)*, 3(Bagian 1), 1–49. http://www.worldagroforestrycentre.org/southernafrica/regions/southeast_asia/publications?do=dl&pub_id=77&file=http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/lecturenote/LN0003-04.PDF&first_last=ok
- Yusanto, N. (2009). Analisis Sifat Fisik-Kimia Dan Kesuburan Tanah Pada Lokasi Rencana Hutan Tanaman Industri Pt Prima Multibuwana. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 10(27), 222–229.