

Efektivitas Penyerapan Kombinasi Bentonit Dan Pasir Kuarsa Terhadap Penurunan Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Pencemaran Air Sungai Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.

Zia Ulhadi¹⁾, Jalius²⁾ dan Muhammad Naswir²⁾

- 1) Alumni Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Jambi; e-mail : zee.hadi01@gmail.com
- 2) Dosen Jurusan Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Jambi

ABSTRAK

Aktivitas penambangan emas tanpa izin dapat menyebabkan permasalahan yang diakibatkan oleh penggunaan merkuri. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektivitas penyerapan bentonit dan pasir kuarsa terhadap konsentrasi merkuri yang mencemari air sungai Batang Asai, Provinsi Jambi. Metodologi yang digunakan yaitu dengan metode observasi dan percobaan laboratorium. Parameter observasi adalah konsentrasi merkuri, pH air, Turbidity dan TDS. Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari B1=100% bentonit non aktivasi, B2=100% Bentonit Aktivasi + 0% Pasir kuarsa, B3=75% Bentonit Aktivasi + 25% Pasir kuarsa, B4=50% Bentonit Aktivasi + 50% Pasir kuarsa dan B5=25% Bentonit aktivasi + 75% Pasir kuarsa. Parameter yang diamati adalah konsentrasi merkuri. Hasil observasi kualitas air yaitu konsentrasi merkuri 0,648272 ppm, pH 6,4, Turbidity 9.572,35 NTU, dan TDS 36,25 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap penurunan konsentrasi logam merkuri. Uji lanjutan menunjukkan perlakuan B2 lebih optimal. Disimpulkan bahwa kualitas air dengan parameter konsentrasi merkuri, pH, Turbidity dan TDS sangat tinggi dan perlakuan B2 sangat efektif.

Kata kunci : Bentonit, Kualitas Air, Merkuri, Pasir Kuarsa.

ABSTRACT

Illegal gold mining will give an impact for environment caused by mercury. The aim of this study is to analyze the effect of bentonite and quartz to reduce mercury content in Batang Asai river, Jambi Province. The method used are observation and laboratory experimental. Parameters of observation were concentration of mercury, pH, Turbidity and TDS. Experimental design was a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The treatment consisted of B1 = 100% non-activated bentonite, B2 = 100% activated bentonite + 0% Quartz, B3 = 75% activated bentonite + 25% Quartz Sand, B4 = 50% activated bentonite + 50% Quartz Sand and B5 = 25 % activated bentonite + 75% quartz sand. Observed parameter is the concentration of mercury. Water quality observation results were concentration of mercury is 0.648272 ppm, pH 6.4, Turbidity of 9572.35 NTU, and TDS of 36.25 ppm. Results that the treatment had a significant effect ($p > 0.05$) a decrease in water quality. Next test to treatment B2 = 100% Bentonite Activation + 0% quartz sand more optimal. concluded is that water quality with parameters concentration of mercury, pH, Turbidity and TDS was very high and B2 treatment was very effective.

Keywords: Bentonite, Mercury, Quartz, Water Quality.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya alam (Wibowo *et al.*, 2019) khususnya sumberdaya batubara (Winarno *et al.*, 2019) dan mineral (BP Statistical, 2018). Eksploitasi sumberdaya alam sering menyebabkan permasalahan lingkungan (Karaca *et al.*, 2019) seperti pencemaran air, tanah dan udara (Naswir *et al.*, 2019; Wibowo *et al.*, 2019; Wibowo *et al.*, 2019; Wibowo & Sadikin, 2019). Aktivitas penambangan tanpa izin (PETI) merupakan salah satu permasalahan yang menyebabkan kerusakan lingkungan di Indonesia. Provinsi Jambi merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi emas cukup tinggi. Potensi sumberdaya emas yang besar menyebabkan aktivitas PETI di Provinsi Jambi sangat tinggi.

Aktivitas PETI di Provinsi Jambi masih memanfaatkan merkuri sebagai pengikat bijih emas sehingga menjadi butiran emas bernilai ekonomis. Pemanfaatan merkuri pada aktivitas PETI memberikan dampak negatif bagi lingkungan (Kahhat *et al.*, 2019) dan kesehatan manusia (Bernhoft, 2012). Merkuri yang diakibatkan oleh PETI dapat menyebabkan keracunan, alergi pada kulit, kanker hingga kematian (Egmann *et al.*, 2018; Smith, 2019) sementara kandungan merkuri PETI pada lingkungan dapat menyebabkan pencemaran logam berat merkuri pada tanah (Huang *et al.*, 2019) dan air (Matlock *et al.*, 2002; Wibowo *et al.*, 2019)

Kandungan merkuri pada aktivitas PETI dapat di minimalisir dengan menggunakan bentonit (Fu & Wang, 2011). Bentonit merupakan bahan alam yang sangat potensial sebagai adsorben (Naswir *et al.*, 2018; Naswir *et al.*, 2014). Bentonit memiliki luas permukaan dan ukuran pori yang baik sehingga dapat menyerap merkuri yang terdapat pada air tercemar limbah PETI (Naswir *et al.*, 2011). Bentonit dapat di kombinasikan bersama silika gel sebagai adsorben untuk menyerap kandungan logam berat pada air tercemar. Silika gel dapat di temui pada pasir kuarsa, kandungan silika gel pada pasir kuarsa dapat dimanfaatkan pada air tercemar (Online *et al.*, 2014). Artikel ini akan menjelaskan pemanfaatan bentonit teraktivasi dan pasir kuarsa dalam mereduksi kandungan merkuri pada air tercemar yang di akibatkan oleh PETI di Sungai Batang Asai, Sarolangun, Provinsi Jambi, Indonesia.

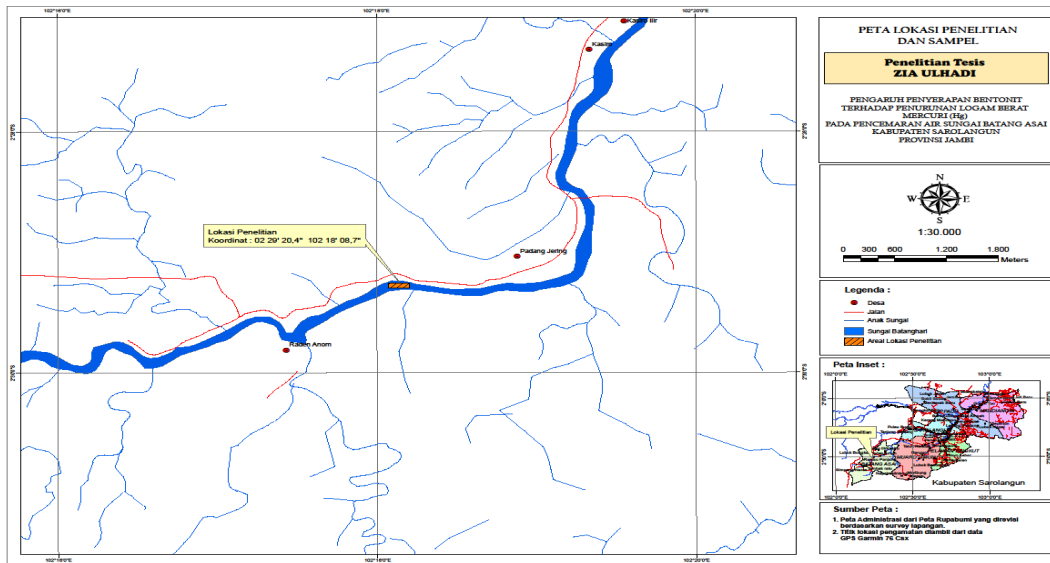
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yaitu metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Hanafiah, 1991). Metode ini digunakan untuk mengetahui kemampuan adsorben bentonit yang dikombinasikan dengan pasir kuarsa dalam menurunkan konsentrasi merkuri pada air sungai Batang Asai, Sarolangun, Jambi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2018 sampai Juni 2018. Penelitian skala laboratorium dilakukan di laboratorium kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Penentuan konsentrasi logam merkuri akan dilakukan pada laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Jambi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel pada daerah sungai Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, dimana lokasi ini masih banyak aktivitas PETI yang sangat merusak ekologi lingkungan daerah aliran sungai. Peneliti melakukan pengambilan sampel air sungai di 6 titik yang berdekatan dengan kegiatan PETI. Perkiraan letak lokasi pengambilan sampel berada pada koordinat 02 29' 20,4" 102 18' 08,7". Titik pengambilan sampel tidak terlalu jauh dari satu sampel ke sampel yang lain diperkirakan \pm 30 meter. Hal ini dapat dilihat pada peta dibawah ini :



Gambar 1. Lokasi Sungai Batang Asai, Kab. Sarolangun, Jambi

Kualitas Air Sungai Batang Asai

Hasil analisis kandungan merkuri pada air sungai Batang Asai, Sarolangun Jambi, pada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jambi di beberapa titik sampel A s.d F dengan konsentrasi yang bervariasi. Lokasi pengambilan sampel pada radius 30 meter dari aktivitas PETI. Dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Konsentrasi logam berat merkuri di beberapa titik pada sungai Batang Asai

No	Lokasi Sampel	Konsentrasi Merkuri (mg/L)
1	Lokasi A	0,001533
2	Lokasi B	0,001674
3	Lokasi C	0,002866
4	Lokasi D	0,648272
5	Lokasi E	0,105776
6	Lokasi F	0,007231

Hasil data pada tabel tersebut menunjukkan bahwa lokasi A dan B kandungan Merkuri pada air sungai masih dapat di toleransi, karena dibawah standart baku mutu Merkuri pada air sungai sesuai Pergub Jambi No. 27 tahun 2007 sebesar 0,0020 mg/L. Rendahnya kandungan Merkuri pada lokasi A dan B, dikarenakan lokasi tersebut berada di hulu sungai dari aktivitas PETI dan disekitar pinggiran sungai masih banyak hutan alam, sehingga akumulasi pencemaran logam Merkuri masih kecil.

Hasil analisa sampel air sungai pada lokasi C s/d lokasi F, menunjukkan bahwa kandungan Merkuri pada lokasi-lokasi tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub Jambi No. 27 tahun 2007 sebesar 0,002 mg/L. Tingginya konsentrasi Merkuri dimulai dari beberapa lokasi yaitu :

1. Pada lokasi C konsentrasi Merkuri yaitu 0,002866 mg/L, hal ini disebabkan lokasi masih di hulu sungai dan masih terlalu jauh dengan aktivitas PETI. Pada lokasi C juga sepanjang tepi sungai masih tersedianya pohon-pohon dari hutan alam yang dapat mengurangi pencemaran air sungai tersebut.

2. Pada lokasi D konsentrasi Merkuri yaitu 0,648272 mg/L. Konsentrasi Merkuri pada daerah ini lebih tinggi dibandingkan lokasi yang lain. Hal ini disebabkan air tersebut berasal dari pembuangan langsung sebelum dialirkan ke sungai. Dan juga tepi sungai sudah tidak ada lagi pepohonan, sehingga daya dukung daerah pinggiran sungai menjadi berkurang.
3. Pada lokasi E konsentrasi Merkuri juga tinggi yaitu 0,105776 mg/L, tetapi masih dibawah lokasi D. Hal ini dikarenakan air buangan yang telah masuk ke badan air, sehingga konsentrasi dari logam merkuri tersebut mampu di encerkan oleh banyaknya debit air sungai. Artinya masih ada daya dukung lingkungan terhadap pencemaran logam merkuri.
4. Pada lokasi F konsentrasi Merkuri mulai menurun yaitu 0,007231 mg/L. Hal ini dikarenakan masih adanya daya dukung sungai terhadap pencemaran yang terjadi. Banyaknya debit air juga mampu menurunkan konsentrasi Merkuri tersebut.

Kualitas air sungai dengan konsentrasi merkuri dari beberapa lokasi melebihi baku mutu yang ditetapkan, terutama pada lokasi D sebesar 0,648272 mg/L. Adapun parameter yang lain berupa pH air sungai sebesar 6,4, Keekeruhan (Turbidity) sebesar 9.572, 35 NTU, dan TDS (Padatan terlarut) sebesar 36,25 ppm. Kemudian air sungai pada lokasi D tersebut yang akan di kontak dengan kombinasi bentonit dan pasir kuarsa.

Apabila hal ini dibiarkan secara terus menerus, maka daya dukung lingkungan sungai akan menurun, sehingga tingkat pencemaran logam Merkuri pada air sungai Batang Asai menjadi lebih tinggi. Aktivitas ini sudah menjadi rutinitas masyarakat dari beberapa tahun yang lalu, sehingga akumulasi kandungan Merkuri sangat tinggi.

Kunjungan yang dilakukan pada daerah aliran sungai tersebut, membuktikan bahwa aktivitas PETI masih terus berlangsung. Sulitnya penangan PETI ini membuat aktivitas ini menjadi semakin menjamur di daerah aliran sungai tersebut. Bertambahnya para penambang-penambang baru membuat zona aktivitas PETI ini menjadi semakin meluas. Daerah aktivitas PETI pun sekarang telah menyebar luas, bukan hanya pada daerah aliran sungai, tetapi sekarang justru telah merambah hutan-hutan yang berada didekat aliran sungai.

Apabila hal ini dibiarkan secara terus menerus, maka daya dukung lingkungan sungai akan menurun, sehingga tingkat pencemaran logam Merkuri pada air sungai Batang Asai menjadi lebih tinggi. Aktivitas ini sudah menjadi rutinitas masyarakat dari beberapa tahun yang lalu, sehingga akumulasi kandungan Merkuri sangat tinggi

Daya Adsorpsi Kombinasi Bentonit dan Pasir Kuarsa terhadap Penurunan Konsentrasi Logam Berat Merkuri Penggunaan logam berat Merkuri tanpa disadari oleh penambang selalu terbuang ke aliran sungai dan akan terus terakumulasi pada ekologi sungai, khususnya air sungai. Sedangkan air sungai pada daerah tersebut merupakan sumber kehidupan bagi sebagian masyarakat daerah tersebut. Ketersediaan air untuk kebutuhan sehari hari tanpa disadari akan menyebabkan penurunan kualitas kesehatan masyarakat pada daerah aktivitas PETI. Penyakit yang disebabkan logam berat Merkuri telah banyak terjadi di berbagai daerah, seperti di Jepang (kasus Teluk Minamata), di Minahasa, Sulut (kasus Teluk Buyat PT.Newmont) dan berbagai daerah lainnya.

Fenomena ini akan terus terjadi apabila tidak ditangani secara intensif dan berkelanjutan. Sebagai civitas akademik, peneliti menawarkan alternatif dalam penanggulangan dampak pencemaran logam berat Merkuri pada daerah aktivitas PETI yaitu dengan menurunkan tingkat pencemaran logam berat Merkuri yang terjadi di sungai Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.

Setelah dikontakan dengan variasi kombinasi antara bentonit dan pasir kuarsa dengan beberapa variasi kombinasi maka dapat diketahui kombinasi mana yang memiliki kemampuan yang berbeda dari kombinasi lainnya. Adapaun Kemampuan adsorpsi kombinasi bentonit dan pasir kuarsa dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Efektivitas Penyerapan kombinasi bentonit dan pasir kuarsa

No.	Bentonit + Pasir Kuarsa	Konsentrasi Awal Logam Hg (mg/L)	Konsentrasi Akhir Logam Hg (mg/L)			Konsentrasi Rata-Rata Logam Hg (mg/L)	Efektivitas Penyerapan (%)
			ulangan-1	ulangan-2	ulangan-3		
	B 100% Tanpa aktivasi	0,648 272	0,00003	0,0003	0,00054	0,0020	99,97
	B A 100% + PK 0 %	0,648 272	0,00254	0,00180	0,00158	0,00197	99,70
	B A 75% + PK 25%	0,648 272	0,00003	0,0003	0,00048	0,0018	99,97
	B A 50% + PK 50%	0,648 272	0,00003	0,0003	0,00039	0,0015	99,96
	B A 25% + PK 75%	0,648 272	0,00003	0,0003	0,00051	0,0019	99,97

Hasil tabel diatas menunjukkan bahwa kombinasi bentonit dan pasir kuarsa mampu menurunkan konsentrasi logam Merkuri dengan tingkat efektivitas diatas 99% dan menunjukkan bahwa dari 5 perlakuan, hasil penyerapan yang didapat rata-rata tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun hasil uji statistik menunjukkan bahwa data perlakuan ke-2 menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 1, 3, 4, dan 5 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Artinya secara uji data, ada ataupun tidak adanya penambahan pasir tidak berpengaruh secara nyata. Maka bentonit dengan perlakuan teraktivasi lah yang memiliki nilai efektivitas yang terbaik.

Tabel di atas dapat dilihat bahwa adsorpsi terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak langsung dengan adsorbat. Besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan spesifik. Makin besar luas permukaan, semakin besar pula adsorpsi yang terjadi (Kim & Kim, 2019). Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Dengan adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, Adsorpsi merupakan proses terjeraknya partikel atau adsorbat oleh bahan yang berpori/ adsorbent.

Teknik Penanggulangan Limbah Logam Merkuri (Hg) Hasil PETI pada Air Sungai Batang Asai

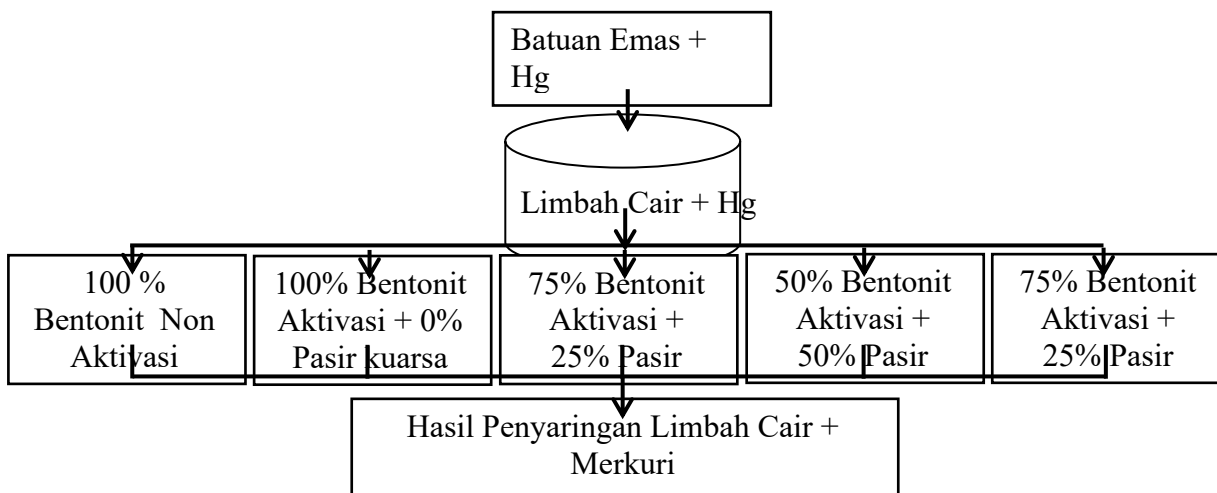
Penanganan logam berat dengan mikroorganisme atau mikrobia (dalam istilah Biologi dikenal dengan bioakumulasi, bioremediasi, atau bioremoval), menjadi alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat keracunan elemen logam berat di lingkungan perairan (Li, Bergquist, & Barkay, 2007)

Berdasarkan hasil analisis, massa bentonit alam 0,75 gram merupakan massa optimal dalam menyerap TSS, Fe, Mn, dan Hg pada air limbah tambang batubara PT. Nan Rieng, begitu pula untuk bentonit teraktivasi. Namun, pada massa yang sama, bentonit teraktivasi memiliki kemampuan adsorpsi lebih baik dari bentonit alam. Larutan makin asam pengionannya makin tinggi, sebaliknya makin bersifat basa maka akan mengendap. Hal ini jelas bahwa adsorpsi lebih baik pada tingkat keasaman tinggi karena pada pH ini terjadi pengionan lebih besar dan adsorpsi dapat terjadi jika logam membentuk ion dan akan diikat oleh gugus aktif pada biomassa enceng gondok namun tidak demikian, karena proses adsorpsi yang lebih baik terjadi pada kisaran pH netral (Lee, 2015)

Teknik yang digunakan bertujuan untuk mengurangi kandungan logam berat Merkuri (Hg) terhadap pencemaran air sungai, khususnya sungai Batang Asai, Kabupaten Sarolangun yang dikhawatirkan berdampak pada kesehatan masyarakat disekitar aliran sungai. Teknik dibuat secara sederhana dengan prinsip bahwa sebelum limbah hasil kegiatan PETI tersebut dibuang ke aliran sungai dilakukan dulu proses penyaringan dengan menggunakan adsorben bentonit yang dikombinasikan dengan pasir kuarsa. Setelah adanya proses penyaringan, maka air yang mengandung Merkuri (Hg) tadi boleh dibuang ke aliran sungai.

Dengan adanya pengelolaan terhadap limbah hasil aktivitas PETI tersebut akan dapat meminimalisir terakumulasinya kandungan logam Merkuri (Hg) dalam air sungai Batang Asai, Sarolangun, Jambi. Sehingga air sungai tersebut dapat dipergunakan masyarakat sekitar dengan aman.

Berikut adalah bentuk teknik yang dirancang untuk meminimalisir limbah Merkuri pada aktivitas PETI terbuang langsung ke sungai.



Gambar 2. Teknik Penanggulangan limbah merkuri pada aktivitas PETI

Teknik tersebut menunjukkan ada beberapa tahap penyaringan. Tahap pertama pasir, disini pasir hanya sebagai penyaring awal untuk mengurangi pengotor-pengotor yang bersifat tampak, kemudian dilalui ke penyaring ke -2 adalah bentonit aktivasi, dimana pada penyaringan inilah proses penyaringan logam Merkuri terjadi, dan terakhir kembali dilalui oleh pasir kembali, hanya untuk memastikan kalau air limbah tersebut sudah dapat dibuang langsung ke sungai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Analisa yang dilakukan peneliti bahwa konsentrasi logam berat merkuri pada air sungai Batang Asai, Kab. Sarolangun melebihi baku mutu yang ditetapkan.
2. Penambahan kombinasi bentonit dan pasir kuarsa dapat penurunan konsentrasi logam berat merkuri pada air sungai Batang Asai, Kab. Sarolangun, Jambi.
3. Dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL), perlakuan yang optimal pada kombinasi bentonit dan pasir kuarsa dalam menurunkan konsentrasi logam berat merkuri pada air sungai Batang Asai, Kab. Sarolangun, Jambi adalah perlakuan ke-2 yaitu bentonit teraktivasi 100% tanpa pasir kuarsa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernhoft, R. A. (2012). Mercury Toxicity and Treatment : A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2012/460508>
- BP Statistical. (2018). BP Statistical Review of World Energy. In *Statistical Review of World Energy*.
- Egmann, G., Tattevin, P., Palancade, R., & Nacher, M. (2018). Prehospital Emergencies in Illegal Gold Mining Sites in French Guiana. *Wilderness and Environmental Medicine*, 29(1), 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.09.008>
- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters : A review. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>
- Hanafiah, K. A. (1991). *Rancangan Percobaan; Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Huang, Y., Wang, M., Li, Z., Gong, Y., & Zeng, E. Y. (2019). In situ remediation of mercury-contaminated soil using thiol-functionalized graphene oxide / Fe-Mn composite. *Journal of Hazardous Materials*, 373(March), 783–790. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.132>
- li, H., Bergquist, B. A., & Barkay, T. (2007). Mercury Stable Isotope Fractionation during Reduction of Hg(II) to Hg(0) by Mercury Resistant Microorganisms. *Environmental Science & Technology*, 41(6), 1889–1895.
- Kahhat, R., Parodi, E., Larrea-Gallegos, G., Mesta, C., & Vázquez-Rowe, I. (2019). Environmental impacts of the life cycle of alluvial gold mining in the Peruvian Amazon rainforest. *Science of the Total Environment*, 662, 940–951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.246>
- Karaca, O., Cameselle, C., & Bozcu, M. (2019). Opportunities of electrokinetics for the remediation of mining sites in Biga peninsula, Turkey. *Chemosphere*, 227, 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.059>

- Kim, Y. S., & Kim, J. H. (2019). Isotherm, kinetic and thermodynamic studies on the adsorption of paclitaxel onto Sylopute. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 130(October), 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2018.10.005>
- Kish, L. (2004). *Statistical Design for Research*. Michigan: A John Wiley & Sons, IINC., Publication.
- Lee, S. (2015). Activated bentonite as a low-cost adsorbent for the removal of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solutions: Batch and column studies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 34, 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.11.014>
- Matlock, M. M., Howerton, B. S., & Atwood, D. A. (2002). Chemical precipitation of heavy metals from acid mine drainage. *Water Research*, 36(19), 4757–4764. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00149-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00149-5)
- Naswir, M., Arita, S., Hartati, W., Septiarini, L., & Wibowo, Y. G. (2019). Activated Bentonite : Low Cost Adsorbent to Reduce Phosphor in Waste Palm Oil. *International Journal of Chemistry*, 11(2), 67–76. <https://doi.org/10.5539/ijc.v11n2p67>
- Naswir, M., Arita, S., Jumaida, P., Lince, D. M., & Tasmin. (2018). The development of nanotechnology bentonite as adsorbent of metal Cadmium (Cd). *International Conference on Science and Technology 2018*, 1116(042026), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1116/4/042026>
- Naswir, M., Arita, S., Marsi, & Sani. (2014). Activation of Bentonite and Application for Reduction pH, Color, Organic Substance, and Iron (Fe) in the Peat Water. *Science Journal of Chemistry*, 1(5), 74. <https://doi.org/10.11648/j.sjc.20130105.14>
- Naswir, M., Arita, S., & Sani. (2011). Treatment of Peat Water Using Local Raw Material Formulations of Jambi, Indonesia. *Asian Journal of Chemistry*, 5(1), 43–46. <https://doi.org/10.3153/jfscm.2011005>
- Online, V. A., Chen, Y., Xue, Z., Liu, N., Lu, F., Cao, Y., ... Feng, L. (2014). RSC Advances for oil – water separation under strong acidic and concentrated salt conditions †. *Royal Society of Chemistry*, 4(22), 11447–11450. <https://doi.org/10.1039/c3ra46661b>
- Smith, N. M. (2019). “Our gold is dirty, but we want to improve”: Challenges to addressing mercury use in artisanal and small-scale gold mining in Peru. *Journal of Cleaner Production*, 222, 646–654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.076>
- Wibowo, Y. G., Maryani, A. T., Rosanti, D., Rosarina, D., Program, P., Jambi, U., & Tangerang, U. M. (2019). Microplastic in Marine Environment and Its Impact. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 81–87. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v16i1.2884>
- Wibowo, Y. G., Rosarina, D., Fardillah, F., & Gusva, D. W. (2019). An Overview ; Wastewater Treatment Using Biochar to Reduce Heavy Metals. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2019*, 11–16.

- Wibowo, Y. G., & Sadikin, A. (2019). Biology in the 21st-Century: Transformation in biology science and education in supporting the sustainable development goals. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(2). <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.7956>
- Wibowo, Y. G., Zahar, W., Syarifuddin, H., Asyifah, S., & Ananda, R. (2019). Pengembangan Eco-Geotourism Geopark Merangin Jambi. *Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4(1), 23–43.
- Winarno, H., Muhammad, D., Ashyar, R., & Wibowo, Y. G. (2019). Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLT SUMSEL-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknik*, 11(1), 1067–1070.