E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083

Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Pengolahan Air Limbah Tambang Menggunakan Limbah Kulit Langsat: Penurunan Kadar Logam Total Fe Dan Mn

Rahma Norfaeda[1]*, Kartini[1]

[1]Politeknik Negeri Banjarmasin
**Email: rahmanorfaeda@poliban.ac.id*

SARI

Perbaikan kualitas air tambang merupakan salah satu kegiatan penting dalam proses pengelolaan lingkungan pertambangan. Air limbah tambang karakteristik kimia seperti kadar logan Fe dan Mn. Metode biosorpsi menggunakan bahan yang ramah lingkungan dapat digunakan sebagai alternatif pengelolaan air tambang dalam memperbaiki kualitas air. Biosorpsi adalah metode penyerapan logam berat menggunakan biosorben/biomaterial. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan kulit buah langsat (sebagai biosorben), yang kaya akan senyawa aktif, dalam menyerap dan mengurangi kadar besi dan mangan yang terdapat pada air limbah tambang batubara. Air limbah tambang diambil langsung dari tambang batubara di Kalimantan selatan. Penggunaan tanaman langsat menjadi masukan pada pemilihan alternatif tanaman untuk reklamasi lahan bekas penambangan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa Penambahan bubuk langsat dengan persentase 1% dari larutan dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 0,383 mg/L atau 23,8% dari nilai kadar awal. Sedangkan penambahan bubuk langsat dengan persentase 2% dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 0,034 mg/L mg/L atau 2,11% dari nilai kadar awal. Penambahan bubuk langsat dengan persentase 1% dapat menurunkan kadar logam Mn secara sifnifikan sebesar 0,2353 mg/L atau 56% dari nilai kadar Mn awal. Penambahan bubuk langsat sebesar 2% dan 3% secara berturut-turut menurunkan konsentrasi Mn sebesar 0,2301 mg/L dan 0,1831 mg/L, yang setara dengan penurunan persentase sebesar 54% dan 43% dibandingkan dengan nilai awal.

Kata kunci: Kualitas Air; Air limbah Tambang; Kulit Langsat

ABSTRACT

Improving the quality of mine water is a crucial aspect of mining environmental management. Mine wastewater is characterized by high levels of metals such as iron (Fe) and manganese

How to Cite: Norfaeda, R., Kartini. 2024. Pengolahan Air Limbah Tambang Menggunakan Limbah Kulit Langsat: Penurunan Kadar Logam Total Fe Dan Mn. Jurnal Geomine, 12 (2): 152 – 162.

Published By:
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia
Address:
Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan
Email:
geomine@umi.ac.id
Phone:
+6285299961257
+6281241908133

Article History:
Submite May, 30 2024
Received in from July, 14 2024
Accepted August, 16 2024
Available online
Lisensec By:
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

(Mn). Biosorption, a process that utilizes environmentally friendly materials to adsorb heavy metals, offers an alternative approach to mine water treatment. This study aimed to investigate the potential of langsat fruit peel, rich in bioactive compounds, as a biosorbent for removing iron and manganese from coal mine wastewater. Mine wastewater samples were collected directly from a coal mine in South Kalimantan. The study also explored the potential of langsat plants for post-mining land reclamation. The results showed that adding 1% langsat powder to the solution reduced iron content by 0.383 mg/L or 23.8% compared to the initial concentration. However, increasing the dosage to 2% resulted in a minimal iron reduction of 2.11%. The addition of 1% langsat powder significantly reduced manganese content by 0.2353 mg/L or 56%. Furthermore, adding 2% and 3% langsat powder decreased manganese concentration by 0.2301 mg/L and 0.1831 mg/L, respectively, corresponding to reductions of 54% and 43% compared to the initial concentration.

Keyword: *Water Quality; Mine wastewater; Langsat peel*

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas air buangan pertambangan merupakan aspek krusial dalam pengelolaan lingkungan pertambangan. Air yang dihasilkan dari aktivitas ekstraksi batubara, baik tambang terbuka maupun bawah tanah, termasuk dalam kategori air limbah tambang. Baku mutu air limbah ini mengatur batas maksimum konsentrasi polutan yang diperbolehkan dalam air buangan sebelum dibuang ke lingkungan. (Nugeraha, Sri, & Ganjar, 2010). Pengolahan air tambang dilakukan dengan memompa air dari dasar galian dan mengarahkannya ke kolam pengendapan. Proses netralisasi dengan penambahan kapur tohor kemudian dilakukan untuk meningkatkan pH air. Metode yang serupa juga diterapkan pada air limpasan dari area timbunan.(Nurisman, Cahyadi, and Hadriansyah 2012).

Air limbah tambang memiliki Karakteristik fisik meliputi padatan yang dapat mengendap sehingga menyebabkan pendangkalan, kemudian ada kekeruhan, bau, dan suhu yang biasanya lebih tinggi. Sedangkan karakteristik kimia meliputi pH dari yang bersifat asam/basa, BOD, dan COD. Analisis kualitas air limbah pada tambang batubara PT. Bukit Asam menunjukkan tingkat kekeruhan yang sangat tinggi, ditandai dengan nilai Total Suspended Solids (TSS) mencapai 111534 mg/L. Selain itu, pH air asam tambang berada di atas ambang batas yang diizinkan. Konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air limbah terukur sebesar 9,46 mg/L dan 2,276 mg/L, sementara kadar kadmium (Cd) masih di bawah baku mutu yang ditetapkan. (Kiswanto, 2018).

Beberapa jenis mineral sulfida yang sering diasosiasikan dengan aktivitas pertambangan adalah FeS (pirit), FeS2 (markasit), dan berbagai sulfida logam lainnya seperti tembaga (kalkosit, kovelit, kalkopirit), timbal (galena), molibdenum (molibdenit), nikel (millerit), seng (sfalerit), dan arsenik (arsenopirit). (Said 2018).

Kualitas air permukaan di sekitar area pertambangan terpengaruh oleh beberapa faktor, termasuk aliran keluar dari kolam pengendapan dan rembesan dari tumpukan batubara

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

serta endapan lumpur. Kondisi asam dan kandungan logam berat seperti besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi dalam air tersebut merupakan konsekuensi dari proses penambangan, termasuk penggalian, pengangkutan, dan penimbunan batuan penutup yang mengandung mineral sulfida. (Maulida and Purwanti 2023). Konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) yang melebihi baku mutu dalam air dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan. Secara kesehatan, paparan logam berat ini dapat menyebabkan kerusakan organ dalam seperti ginjal, serta iritasi pada kulit dan mata. Selain itu, secara teknis, endapan besi hidroksida ($Fe(OH)_3$) dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa dan peralatan sanitasi, serta perubahan sifat fisik air seperti warna, bau, dan rasa. (Adhi Saputra and Voijant Tangahu 2020).

Koagulasi merupakan metode pengolahan air limbah tambang yang bertujuan untuk mendestabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi. Proses ini melibatkan penambahan koagulan dan pengadukan cepat untuk menetralkan muatan permukaan partikel, sehingga partikel-partikel tersebut dapat saling bertumbukan dan membentuk flok yang lebih besar sehingga mudah diendapkan. (Moelyo, 2012) . Biokoagulan, khususnya yang berasal dari biji kelor, merupakan agen pengendap alami yang efektif untuk mengolah air limbah tambang. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa dengan dosis optimal 1,50 g/L, biokoagulan biji kelor mampu menurunkan kadar TSS hingga hampir 100%, serta mengurangi kadar besi dan mangan secara signifikan. Hasil ini mengindikasikan bahwa biokoagulan biji kelor memiliki potensi yang besar untuk diaplikasikan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan koagulan kimia konvensional dalam pengolahan air limbah tambang. (Nugeraha, Sri, & Ganjar, 2010)

Selain menggunakan biokoagulan, Metode biosorpsi juga dapat digunakan sebagai alternatif pengelolaan air tambang dalam memperbaiki kualitas air. Biosorpsi adalah metode penyerapan logam berat menggunakan biosorben/biomaterial. Kulit buah langsat, limbah pertanian yang kaya akan senyawa aktif seperti terpenoid, alkaloid, dan saponin, memiliki potensi besar sebagai biosorben. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit langsat mampu menyerap logam berat seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) dengan kapasitas masing-masing 8,83 mg/g, 6,4391 mg/g, dan 8,1684 mg/g. Ketersediaan yang melimpah dan biaya produksi yang rendah menjadikan kulit langsat sebagai bahan baku biosorben yang menarik. (Syahirah & Cahyati, 2021).

Berbagai limbah pertanian seperti kulit buah manggis, delima, lemon, jeruk, biji melon, kulit kacang tanah, ampas tomat, biji pepaya, dan lengkeng telah dimanfaatkan sebagai biosorben. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kulit buah langsat, dengan ukuran partikel optimal 106 µm dan laju alir 1 mL/menit, memiliki kapasitas adsorpsi ion $Pb2+$ yang tinggi, yaitu 14,615 mg/g dan 14,345 mg/g. Hal ini mengindikasikan potensi kulit langsat sebagai biosorben yang efektif untuk remediasi logam berat. (Hamid & Kurniawati, 2024)

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kulit buah langsat sebagai biokoagulan dalam mengatasi masalah pencemaran air limbah tambang batubara. Dengan memfokuskan pada pengurangan kadar logam Fe dan Mn, penelitian ini diharapkan dapat memberikan data empiris yang mendukung penggunaan kulit buah langsat sebagai alternatif koagulan yang efektif dan berbiaya rendah. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan rekomendasi jenis tanaman yang sesuai untuk program reklamasi lahan pasca tambang, sehingga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan.

Pengolahan air limbah tambang yang optimal, yang melibatkan penggunaan biokoagulan dari kulit buah langsat, memberikan manfaat ganda. Tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga mendorong pemanfaatan tanaman lokal serta pelestarian keanekaragaman hayati di sekitar area tambang.

METODE PENELITIAN

Pertambangan batubara terbuka menjadi sumber signifikan logam berat (besi, mangan, kadmium) dan senyawa beracun (sianida, nitrit) yang mencemari lingkungan, khususnya perairan permukaan. Hal ini sesuai dengan temuan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003. (Rahayu et al. 2020).

Objek penelitian ini adalah sampel air limbah yang dikumpulkan dari aktivitas penambangan batubara di suatu lokasi tambang di Kalimantan Selatan. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Provinsi Kalimantan Selatan. Pengujian kualitas air limbah dalam penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Parameter Total Suspended Solid (TSS) diukur sesuai SNI 06-6989.3-2004, pH mengikuti SNI 06-6989.11-2004, sementara kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) masing-masing mengacu pada SNI 6989.4-2009 dan SNI 6989.5-2009. Setelah dikeringkan dan dihaluskan, kulit langsat siap diuji sebagai koagulan atau biosorben. Uji ini akan mengukur kemampuan kulit langsat dalam menurunkan kadar besi total dan mangan total pada sampel air limbah tambang.

Pengambilan Sampel Air Limbah Tambang

Pengambilan sampel air limbah dilakukan di *sump* perusahaan tambang terbuka PT. Energi Batubara Lestari, Mekanisme sampling yaitu *hand sampling*. *Hand sampling* yang terdiri atas beberapa macam namun yang digunakan yaitu *grab sampling*. Jumlah sampel air yang diambil sebanyak 4 sampel dengan volume yang sama yaitu 1 liter.

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Preparasi kulit langsat

Untuk perbaikan kualitas air akan dilakukan pencampuran dengan air limbah dengan serbuk kulit langsat yang telah dipreparasi. Kulit langsat dipreparasi melalui pencucian dan pengeringan sebelum digunakan dalam penelitian.

a. Pencucian

Kulit langsat dipreparasi melalui pencucian dan pengeringan sebelum digunakan dalam penelitian.

Gambar 1. Buah langsat dan kulit langsat yang telah dicuci bersih

b. Pengeringan dengan oven

Proses pengeringan menggunakan oven dilakukan pada suhu tertentu selama 24 jam secara kontinu hingga tercapai berat konstan sampel.

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Gambar 2. Sampel yang telah dikeringkan dengan oven

c. Reduksi ukuran

Setelah dikeringkan, kulit langsat dihaluskan dan dihomogenkan hingga mencapai ukuran partikel yang seragam sesuai dengan standar analisis. Proses homogenisasi ini dilakukan menggunakan ayakan 200 mesh untuk memastikan ukuran partikel yang konsisten. Selama proses ini, sangat penting untuk menjaga kebersihan alat agar terhindar dari kontaminasi yang dapat mempengaruhi hasil analisis.

Gambar 3. Proses Reduksi kulit langsat menjadi bubuk kulit langsat

Copyright © 2024, Jurnal Geomine, Page: 157

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

d. Penimbangan

Sampel yang telah siap digunakan kemudian ditimbang secara akurat untuk mendapatkan massa yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Timbangan yang digunakan telah menjalani kalibrasi secara berkala untuk memastikan akurasi pengukuran. Serbuk kulit langsat dibagi menjadi tiga fraksi dengan masing-masing memiliki massa sebesar 3 gram, 6 gram, dan 9 gram.

Gambar 4. Penimbangan sampel

Pencampuran larutan

Obyek penelitian berupa larutan air sump. Pada sampel larutan air ini akan dicampur dengan bubuk langsat yang telah dipreparasi. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bubuk kulit langsat untuk perbaikan kualitas air limbah khususnya terhadap logam Fe dan Mn. Dalam penelitian ini akan diukur jumlah kadar logam Fe dan Mn pada tiga kondisi campuran air yaitu air 300 ml air limbah+ 9 gr bubuk kulit langsat, 300 ml air limbah + 6 gr bubuk kulit langsat, dan 300 ml air limbah + 3 gr bubuk kulit langsat. Larutan tersebut, dimasukkan ke dalam tabung silinder dan diaduk selama kurang lebih 1 menit, kemudian dibiarkan endapan tanah mengendap dan diambil airnya untuk dilakukan pengukuran kadar Fe dan Mn. Sebagai pembanding juga diukur air limbah tanpa campuran bubuk kulit langsat.

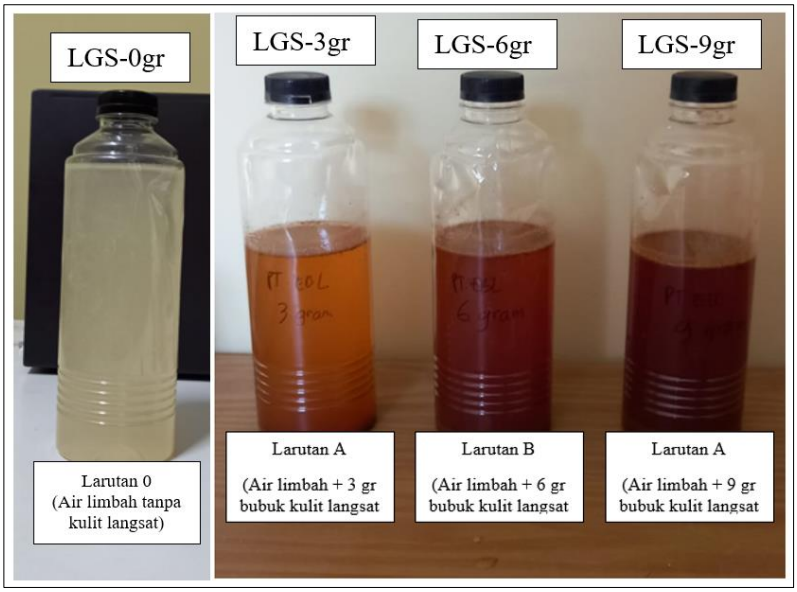
Alat dan Bahan

Bahan dan peralatan yang diperlukan adalah:

a. bubuk kulit langsat lolos saringan 200 mesh
b. tabung silinder berukuran 500 ml,
c. air bekas tambang
d. pengaduk
e. botol sampel air

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Gambar 5. Proses pencampuran larutan



Gambar 6. Hasil pencampuran larutan

HASIL PENELITIAN

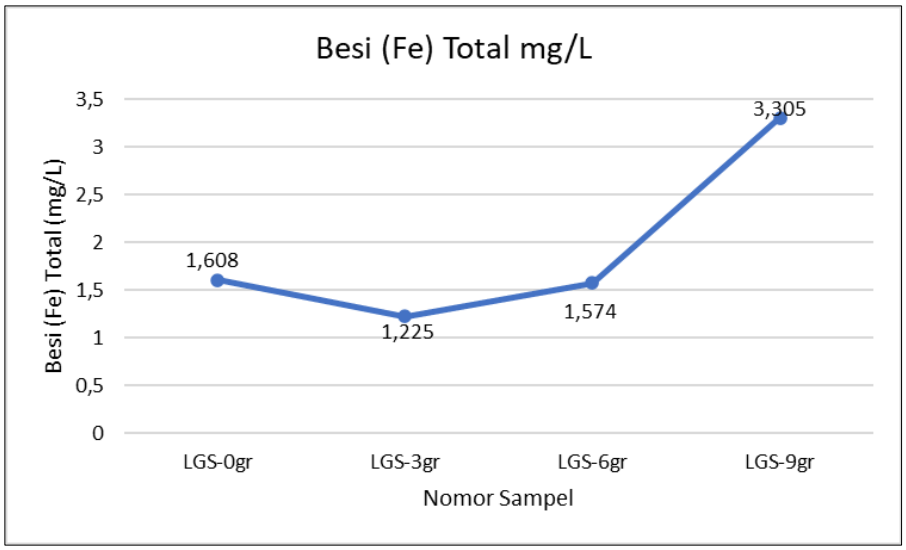
Hasil Pengujian Kandungan Logam

Hasil pencampuran larutan akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil nilai kehadiran logam Fe dan Mn dengan adanya pencampuran bubuk kulit langsat. Sebagai pembanding dilakukan juga pengujian air limbah asli tanpa ditambahkan bubuk langsat. Hasil pemeriksaan sampel untuk mengetahui kandungan logam Besi dan Mangan dapat lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sampel

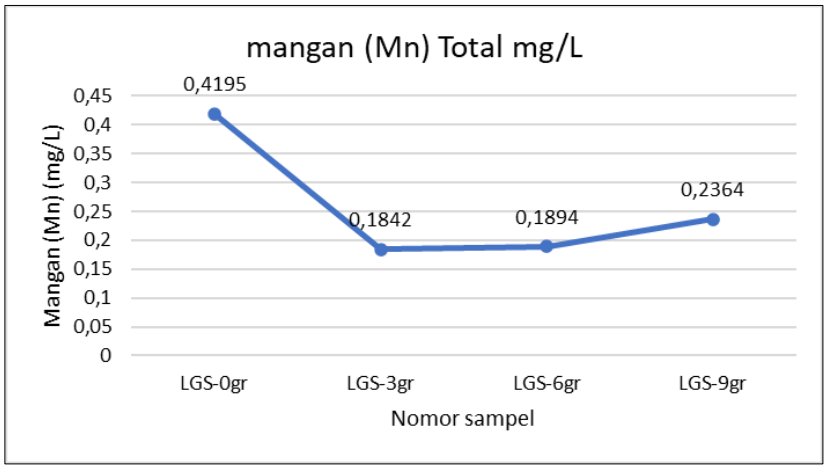
Pemeriksaaan	Sampel			
	LGS-0gr (0%)	LGS-3gr (1%)	LGS-6gr (2%)	LGS-9gr (3%)
Besi (Fe) Total	1,608	1,225	1,574	3,305
Mangan (Mn) Total	0,4195	0,1842	0,1894	0,2364

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162



Gambar 8. Grafik hasil pengujian untuk logam Fe

Berdasarkan hasil uji kehadiran logam Fe total (Gambar 8) pada air sump tanpa serbuk langsat (kode : LGS-0gr) memiliki nilai 1,608 mg/L, setelah dilakukan penambahan serbuk langsat sebanyak 3 gr (300 ml : 3 gr = 1%) nilai logam Fe mengalami penurunan sebesar 0,383 mg/L, kemudian dilakukan kembali penambahan serbuk langsat sebanyak 6 gr (300 ml : 6 gr = 2%) nilai logam Fe juga mengalami penurunan sebesar 0,034 mg/L. peningkatan nilai Fe terjadi signifikan ketika dilakukan penambahan serbuk langsat sebesar 9 gr (300 ml : 9 gr = 3%) sebesar 1,697 mg/L menjadi 3,305 mg/L. Penambahan serbuk langsat untuk mengurangi kehadiran logam Fe pada air limbah tambang cukup efektif pada formula penambahan sebesar 1 % dan 2 % dari larutan. Secara umum, komposisi bubuk langsat sebesar 3% dan selebihnya tidak memberikan penurunan terhadap kandungan logam Fe, sebaliknya akan menambah komposisi kandungan logam di dalam larutan.



Gambar 9.7 Grafik hasil pengujian untuk logam Mn

Copyright © 2024, Jurnal Geomine, Page: 160

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

Hasil pengujian untuk logam Mn (Gambar 9), menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dari nilai awal sebesar 0,4195 mg/L menjadi 0,1842 mg/L pada larutan dengan kode sampel LGS-3gr (1%). Dengan persentase penambahan bubuk langsat sebesar 1 %, yaitu penurunan logam Mn sebesar 0,2353 mg/L. Pada penambahan bubuk langsat 2% dan 3 % dengan nilai berturut turut nilai Mn sebesar 0,1894 mg/L dan 0,2364 mg/L. Sedangkan komposisi kandungan logam Mn pada komposisi bubuk langsat 3% masih berada di bawah larutan tanpa kulit langsat. Akan tetapi kecenderungan kandungan logam meningkat seiring dengan penambahan komposisi bubuk kulit langsat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan bubuk langsat dapat menurunkan kadar logam Fe total dan Mn dengan perbandingan komposisi tertentu.
2. Penurunan kadar logam Fe dan Mn optimum berada pada formulasi bubuk langsat sebesar 1% dan 2 % dari jumlah larutan.
3. Penambahan bubuk langsat dengan persentase 1% dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 0,383 mg/L atau 23,8% dari nilai kadar awal. Sedangkan penambahan bubuk langsat dengan persentase 2% dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 0,034 mg/L mg/L atau 2,11% dari nilai kadar awal.
4. Penambahan bubuk langsat dengan persentase 1% dapat menurunkan kadar logam Mn secara sifnifikan sebesar 0,2353 mg/L atau 56% dari nilai kadar Mn awal. Penambahan bubuk langsat dengan persentase 2% dapat menurunkan kadar logam Mn sebesar 0,2301 mg/L atau 54% dari nilai kadar awal. Sedangkan penambahan bubuk langsat dengan persentase 3% dapat menurunkan kadar logam Mn sebesar 0,1831 mg/L atau 43% dari nilai kadar awal.

Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan sampel untuk semua litologi yang ada di lapangan, agar dapat diketahui sebaran batuan yang berpotensi asam secara keseluruhan.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk karakter kimiawi air larutan untuk logam – logam lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Artikel jurnal ini ditulis oleh penulis berdasarkan hasil penelitian yang dibiayai oleh Politeknik Negeri Banjarmasin melalui Program Hibah Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) 2024. Isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

E-ISSN 2541-2116
ISSN 2443-2083
Jurnal Geomine, Volume 12, Nomor 2: Desember 2024. Hal. 152 - 162

PUSTAKA

Adhi Saputra, Rifki, and Bieby Voijant Tangahu. 2020. "Studi Literatur Kemampuan Tumbuhan Salvinia Molesta Dan Salvinia Natans Terhadap Penyerapan Fe Dan Mn Pada Pengolahan Air Asam Tambang." *Jurnal Teknik ITS* 9(2): 191–96.

Hamid, S. P., & Kurniawati, D. (2024). Pengaruh Ukuran Partikel dan Laju Alir terhadap Penyerapan Ion Logam Pb2+ Pada Kulit Langsat (Lansium Domesticum). *Jurnal Pendidikan dan Sains, 4 (01)*, 409-416.

Kiswanto. (2018). Karakteristik Air Asam Batubara Di Kolam Bekas Tambang Batubara PT. Bukit Asam (PTBA). *Seminar dan konferensi Nasional IDEC.* Surakarta.

Moelyo, M. (2012). pengkajian Evektifitas Proses Koagulasi Dalam memperbaiki Kualitas Limbah Industri Penyamakan Kulit - Sukaregang, Garut . *Jurnal Teknik Hidraulik, 3*, 169-182.

Nugeraha, Sri, S., & Ganjar, S. (2010). Pengolahan Air limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan : Studi Penurunan Kadar TSS, Total Fe dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera). *Jurnal PRESIPIT*

Maulida, Salsabila Adnin, and Ipung Fitri Purwanti. 2023. "Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Industri Pertambangan Batu Bara Dengan Constructed Wetland." *Jurnal Teknik ITS* 12(1). doi:10.12962/j23373539.v12i1.111230.

Nurisman, Enggal, Roby Cahyadi, and Imam Hadriansyah. 2012. "Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Pada Proses Pengolahan Lumpur Tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk." *Perhitungan Analisa & Kebutuhan Sumber Daya Energi Minyak, Gas dan Batubara* 5(June).

Rahayu, Nur Laila, Fakultas Teknik, Industri Universitas, Teuku Umar, Fakultas Kesehatan, Masyarakat Universitas, and Teuku Umar. 2020. "Analisis Logam Berat (Mn , Fe , Cd), Sianida Dan Nitrit." 18(1): 20–26.

Said, Nusa Idaman. 2018. "Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara 'Alternatif Pemilihan Teknologi.'" *Jurnal Air Indonesia* 7(2): 119–38. doi:10.29122/jai.v7i2.2411.

*S*yahirah, A. N., & Cahyati, R. (2021). *Indonesian Journal of Chemical Science and Tachnology, 04 (02)*, 61-65.

Copyright © 2024, Jurnal Geomine, Page: 162