

## **Karakteristik Lumpur Ipal Kota Jambi Sebagai Bahan Campuran Material Konstruksi**

**Muhammad Khofidul Qolbi<sup>1\*</sup>, Rosidawani<sup>2</sup>, Bimo Brata Adhitya<sup>3</sup>**

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya, Palembang

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Ipal, Lumpur, Sem, XRD, XRF

\*Correspondence email:

khofidulqolbi49@gmail.com

rosidawani@ft.unsri.ac.id

**Submitted:** 07-01-2025

**Revised:** 24-01-2025

**Accepted:** 06-02-2025

**Published:** 06-02-2025

### **ABSTRAK**

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Kota Jambi merupakan Konstruksi Baru yang menjadi wadah pemrosesan Limbah domestik Kota Jambi, sumber lumpur tersebut berasal dari air buangan rumah tangga di Kota Jambi. Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah (IPAL) kota Jambi berwarna coklat pekat dan lumpur tersebut sifatnya dan flok. Distrik yaitu lumpur yang butir-butirannya terpisah tanpa koagulan, umumnya lumpur ini mengandung pasir, grit, dan pecahan kerikil berukuran kecil. Lumpur yang berupa flok, yaitu (chemiflocc) sangat besar volumenya terutama di IPAL. Hasil XRF Lumpur IPAL menunjukkan kadar SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi yaitu masing-masing 61,56% dan 26,93%, unsur yang terkandung didalam semen terdapat pada lumpur IPAL seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, dan Na<sub>2</sub>O. Jika di komparasikan maka Lumpur IPAL mempunyai sifat-sifat yang sama dengan semen. Hasil uji XRD menunjukkan kondisi fasa kristal menunjukkan puncak-puncak dengan nilai hitungan tertinggi pada posisi [°2Theta] 26.701° Hasil SEM Lumpur, menunjukan butiran-butiran berbentuk pecahan seperti gumpalan tidak beraturan dengan ukuran butiran yang bervariasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa lumpur kering memiliki daya ikat yang baik. Lumpur limbah IPAL Kota Jambi dari hasil XRF memiliki komposisi mineralogi yang mirip dengan semen, karena mengandung oksida utama seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, dan Fe, berdasarkan komposisi kimianya, lumpur limbah berpotensi digunakan dalam produksi bahan konstruksi setelah di treatment pembakaran.

---

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Waste Water Treatment, Mud, Sem, XRD, XRF.

*Jambi City IPAL is a new construction which is a container for processing Jambi City's domestic waste. The source of the sludge comes from household wastewater in Jambi City. The sludge produced from the Jambi city wastewater treatment process (IPAL) is dark brown in color and the sludge is floc in nature. District is mud whose grains are separated without coagulants, generally this mud contains sand, grit and small gravel fragments. Mud in the form of floc, namely (chemiflocc) is very large in volume, especially in WWTPs. The XRF results of WWTP mud show high levels of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, namely 61.56% and 26.93% respectively. The elements contained in cement are found in WWTP mud such as SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, and Na<sub>2</sub>O. If compared, WWTP mud has the same properties as cement. XRD test results show crystal phase conditions show peaks with the highest count value at the position [o2Theta] 26.701OH. The SEM mud results show that the grains are in the form of fragments like irregular lumps with varying grain sizes. This condition shows that dry mud has good binding capacity. Jambi City WWTP waste sludge from XRF results has a mineralogical composition similar to cement, because it contains main oxides such as SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, and Fe. Based on its chemical composition, waste sludge has the potential to be used in the production of construction materials after being subjected to combustion treatment.*

---

### **PENDAHULUAN**

Instalasi Pengolahan Air limbah Kota Jambi merupakan Konstruksi Baru yang menjadi wadah pemrosesan Limbah domestik Kota Jambi, sumber lumpur tersebut berasal dari air buangan rumah tangga di Kota Jambi (Adriansyah et al., 2019), Pengolahan air limbah adalah proses yang mengurangi polusi hingga kuantitas dan konsentrasi air limbah yang telah dimurnikan tidak lagi menjadi ancaman bagi kesehatan dan keselamatan manusia dan hewan serta tidak menyebabkan perubahan lingkungan yang berdampak buruk terhadap kehidupan manusia (Adriansyah et al., 2023).

Instalasi pengolahan air dapat menghasilkan hingga 43.500 ton limbah DWTS setiap tahunnya yang dibuang ke tepi hutan pinus disebelah instalasi pengolahan air yang berpotensi mempengaruhi udara, tanah, dan air disekitar

lingkungan (Danda Li et al., 2021). Limbah lumpur Pengolahan Air Minum (DWTS), berdampak buruk bagi lingkungan karena langsung di buang ke pembuangan sampah (Phuong Ngoc Pham et al., 2021). Memasukkan hingga 10% lumpur ke dalam mortar mempertahankan tingkat kekuatan yang sama dengan versi standar. Studi ini menyimpulkan bahwa penggunaan lumpur IPAL dalam mortar merupakan pilihan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk konstruksi (Theomaris Grabowski et al., 2023). WWDS dapat digunakan sebagai pengganti sebagian komponen bahan bangunan seperti semen seperti yang dijelaskan dalam penelitian lain, Analisis mikroskopis elektron kuantitatif digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi unsur (KS Mojapelo, 2021). Abu Lumpur limbah memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang lebih tinggi yang sebanding dengan bahan hidrolik lateh, baha pozzolan dan bahan pengisi, sebagai komponen semen (Zhiyang Chang, 2020). Keberadaan unsur-unsur dalam pertimbangan SSA sebagai bahan aditif pozolan dalam campuran semen berdasarkan oksida utama dalam SSA, maka SSA cocok untuk menggantikan kandungan semen portland dalam beton normal (Amminudin Ab Latif, 2020). kekuatan tekan tinggi terlihat pada penggantian pasir dengan Lumpur sebanyak 5% pada benda uji batu bata (Ainul Haezah Noruzman, 2020). Limbah Lumpur berpotensi menjadi bahan bangunan setelah dilakukan berbagai pengujian tambahan sesuai dengan peruntukannya (Berna Yigit et al, 2020)

Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah (IPAL) kota Jambi berwarna coklat pekat dan lumpur tersebut sifatnya dan flok. Distrik yaitu lumpur yang butir-butirannya terpisah tanpa koagulan, umumnya lumpur ini mengandung pasir, grit, dan pecahan kerikil berukuran kecil. lumpur yang berupa flok, yaitu (chemiflocc) (Adriansyah, dkk 2023) sangat besar volumenya terutama di IPAL. Gambar 1



Gambar 1. Lumpur IPAL Kota Jambi

Karakteristik lumpur hasil pengolahan IPAL Kota Jambi ditinjau dari parameter kimia dari treatment yang berbeda oven dan bakar. Tujuan penelitian untuk menganalisis karakteristik lumpur hasil pengolahan IPAL Kota Jambi ditinjau dari parameter kimia sebagai bahan material konstruksi.

## METODE

Pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kandungan komposisi *lumpur* sebagai bahan material konstruksi. Pengujian material lumpur yang dilakukan adalah X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM).

## Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel lumpur dilaksanakan di Kelurahan Kasang Jaya, Kecamatan Jambi Timur, Kota Jambi.

## Alat dan Bahan

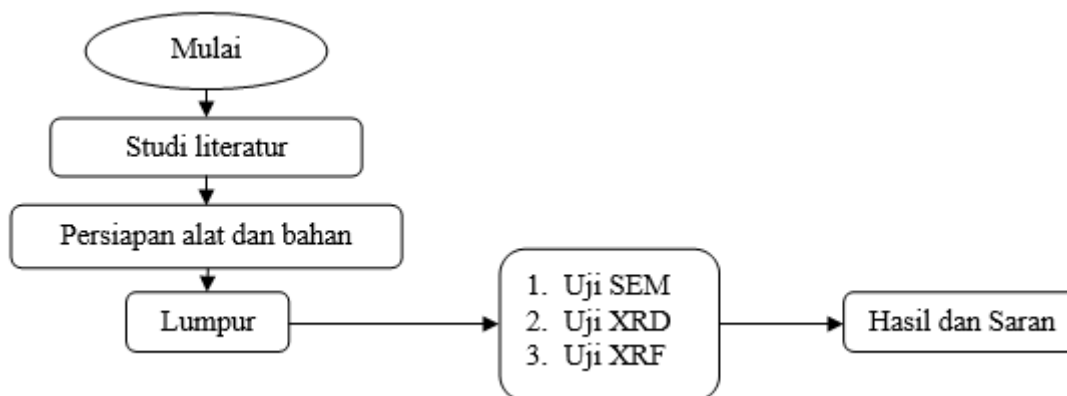
Peralatan yang digunakan dalam penelitian berasal dari Laboratorium Dasar Universitas Batanghari Jambi. Alat-alat yang digunakan dalam karakteristik lumpur ini sebagai berikut :

- Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan akurasi 1 gram  
Timbangan ini digunakan untuk mengukur berat sampel lumpur yang telah di keringkan menjadi bubuk.
- Oven dengan Temperature 200°C  
Sebelum dilakukan pengujian sampel lumpur dikeringkan selama kurang lebih 15 jam dengan suhu 150°C.
- Karung plastik  
Karung plastik digunakan untuk mengambil lumpur basah di IPAL Kota Jambi
- Box Plastik  
Box plastik di gunakan untuk menampung karung plastic yang berisi Lumpur IPAL Kota Jambi
- Lumpang  
Lumpang digunakan sebagai wadah penggalusan lumpur kering menjadi bubuk.
- Alat Ukur pH  
Alat ukur pH digunakan untuk memeriksa kadar pH pada lumpur basah.
- Alat bantu lain

- mber
- Gelas ukur
- Alat tulis
- Loyang
- Sendok

### Alur Penelitian

Alur penelitian direpresentasikan dengan diagram alir yang menjelaskan garis besar penelitian. Diagram alir pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Lumpur yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari IPAL (pengolahan limbah) yang berlokasi di Kota Jambi. Lumpur tersebut memiliki pH 8, kadar air 485% ± warna Greenish Black (hitam kehijauan), tekstur lempung berdebu.

Metode 1 : Lumpur kering oven

Spesimen lumpur di keringkan dengan mengeringkan lumpur basah ke dalam oven untuk menghilangkan kadar air tanpa tambahan bahan lainnya. Bahan dikeringkan dengan cara di tampung dalam wadah alumunium atau Loyang-loyang. Lumpur dikeringkan di oven selama 15 Jam dengan suhu 200°C

Metode 2 : Lumpur kering tungku

Spesimen lumpur di keringkan dengan mengeringkan lumpur basah di atas tungku untuk menghilangkan kadar air tanpa tambahan bahan lainnya. Bahan dikeringkan dengan cara di tampung dalam wadah besi atau panci-panci. Lumpur dikeringkan di oven selama 4 Jam dengan suhu 900°C

Gambar 2 hasil uji XRD menunjukkan kondisi fasa kristal menunjukkan puncak-puncak dengan nilai hitungan tertinggi pada posisi [ $^{\circ}2\theta$ ] 26.701 $^{\circ}$

Masing-masing sampel lumpur kering ditumbuk menggunakan lumpang kemudian dihaluskan sehingga menjadi serbuk. Gambar 3



Gambar 3. Serbuk Lumpur IPAL

*X-Ray Fluorescence (XRF)*, melalui serbuk tersebut maka dilakukan analisa unsur-unsur yang terdapat pada serbuk lumpur IPAL Kota Jambi (Sufra, dkk 2023). Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar x berenergi tinggi. *X-Ray Diffraction (XRD)* Sistem pemeriksaan menggunakan XRD adalah material yang berbentuk kristalin tidak boleh dominan, karena apabila kristalin mendominasi, maka pada saat dilakukan pengecoran membuat material tersebut tidak bereaksi dengan material lainnya. XRD bertujuan untuk menentukan sistem krista, metode difraksi sinar-X dapat menerangkan

parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir. Tahapan kerja XRD terdiri dari empat tahap, yaitu : produksi, difraksi, deteksi dan interpretasi (Ritzu, dkk 2024). Tiga komponen dasar dari XRD yaitu sumber sinar-X (*X-Ray source*). *Scanning Electron Microscope* (SEM) Pada SEM, Gambar dibuat berdasarkan deteksi electron baru (electron sekunder) atau electron pantul yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan sinar electron. Elektron sekunder atau electron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap terang pada layar monitor. Pada layar inilah Gambar struktur objek yang sudah diperbesar bisa dilihat.

**HASIL**

**Hasil X-Ray Fluorescence (XRF)**

XRF dilakukan di Laboratorium Kimia Analisa Dan Instrumentasi Pengujian FMIPA Universitas Sriwijaya, kebutuhan sampel 5 gram kondisi halus dan kering.

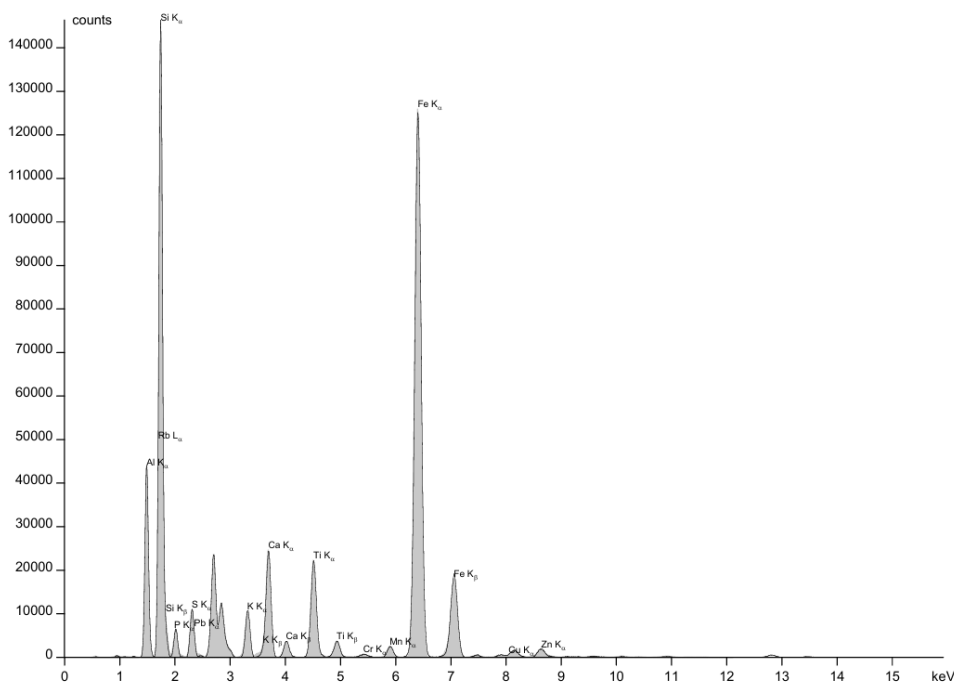
Tabel 1. XRF lumpur IPAL Kota Jambi

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode
1	SiO2	%	61,5682 ± 0,0995%	IK-41-LKAIP-FMIPA
2	Al2O3	%	26,9326 ± 0,0883%	IK-41-LKAIP-FMIPA
3	Fe	%	3,8746 ± 0,0129%	IK-41-LKAIP-FMIPA
4	CaO	%	1,4985 ± 0,0460%	IK-41-LKAIP-FMIPA
5	TiO2	%	1,4718 ± 0,0283%	IK-41-LKAIP-FMIPA
6	K2O	%	0,9592 ± 0,0679%	IK-41-LKAIP-FMIPA
7	P	%	0,4691 ± 0,0071%	IK-41-LKAIP-FMIPA
8	S	%	0,2831 ± 0,0027%	IK-41-LKAIP-FMIPA
9	Zn	%	0,1699 ± 0,0015%	IK-41-LKAIP-FMIPA
10	MgO	%	0,1069 ± 0,0482%	IK-41-LKAIP-FMIPA
11	Mn	%	0,0821 ± 0,0030%	IK-41-LKAIP-FMIPA
12	Zr	%	0,0361 ± 0,0006%	IK-41-LKAIP-FMIPA
13	Cu	%	0,0160 ± 0,0007%	IK-41-LKAIP-FMIPA
14	V	%	0,0138 ± 0,0075%	IK-41-LKAIP-FMIPA
15	Cr	%	0,0123 ± 0,0029%	IK-41-LKAIP-FMIPA
16	Sr	%	0,0111 ± 0,0005%	IK-41-LKAIP-FMIPA
17	Rb	%	0,0058 ± 0,0005%	IK-41-LKAIP-FMIPA
18	Pb	%	0,0039 ± 0,0006%	IK-41-LKAIP-FMIPA
19	As	%	0,0037 ± 0,0006%	IK-41-LKAIP-FMIPA
20	Y	%	0,0030 ± 0,0006%	IK-41-LKAIP-FMIPA
21	Ga	%	0,0029 ± 0,0005%	IK-41-LKAIP-FMIPA
22	Nb	%	0,0019 ± 0,0007%	IK-41-LKAIP-FMIPA
23	Na2O	%	< 0,5862%	IK-41-LKAIP-FMIPA
24	Ba	%	< 0,0779%	IK-41-LKAIP-FMIPA
25	Co	%	< 0,0052%	IK-41-LKAIP-FMIPA
26	Ni	%	< 0,0007%	IK-41-LKAIP-FMIPA

Sumber : Hasil Uji XRF lumpur Lab FMIPA Unsri, 2024

Hasil XRF Lumpur IPAL pada Tabel 1 menunjukkan kadar SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi yaitu masing-masing 61,56% dan 26,93%, unsur yang terkandung didalam semen terdapat pada lumpur IPAL seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, dan Na<sub>2</sub>O. Jika di komparasikan maka Lumpur IPAL mempunyai sifat-sifat yang sama dengan semen.

Kandungan zat kimia pada lumpur IPAL sangat berpengaruh untuk uji mortar (Sufra, 2024). Perlunya dilakukan pengujian, setiap sampel agar mendapat hasil maksimal,

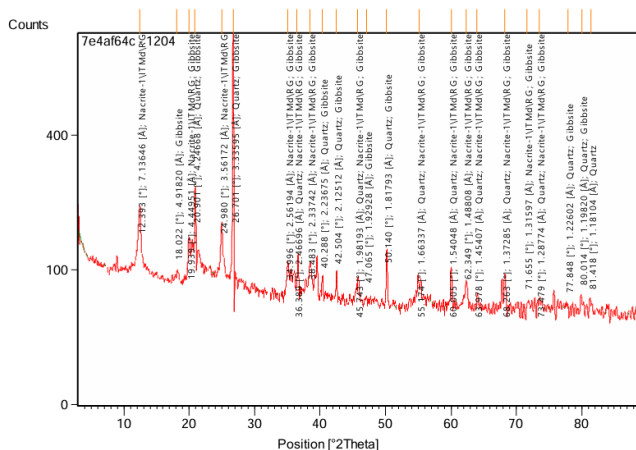


Gambar 4. Grafik Uji XRF lumpur Lab FMIPA Unsri, 2024

Lumpur limbah yang telah melalui proses treatment pembakaran kemudian menjadi serbuk lumpur memiliki kandungan SiO<sub>2</sub>, CaO, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, unsur ini sebanding dengan bahan hidrolis laten, bahan pozzolan dan bahan pengisi batu kapur sebagai komponen semen, kemudian kandungan Fe yang tinggi juga bisa menghemat penggunaan unsur besi dalam produksi semen, batu bata, dan bahan keramik, CaO yang terkandung dalam serbuk lumpur berpotensi digunakan sebagai alternatif batu kapur yang ada di dalam semen sehingga bisa di gunakan sebagai bahan pengganti.

XRD dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi (*Geology Laboratories*) , kebutuhan sampel 10 gram kondisi halus dan kering.

Rekaman spectrum (*spectra record*):

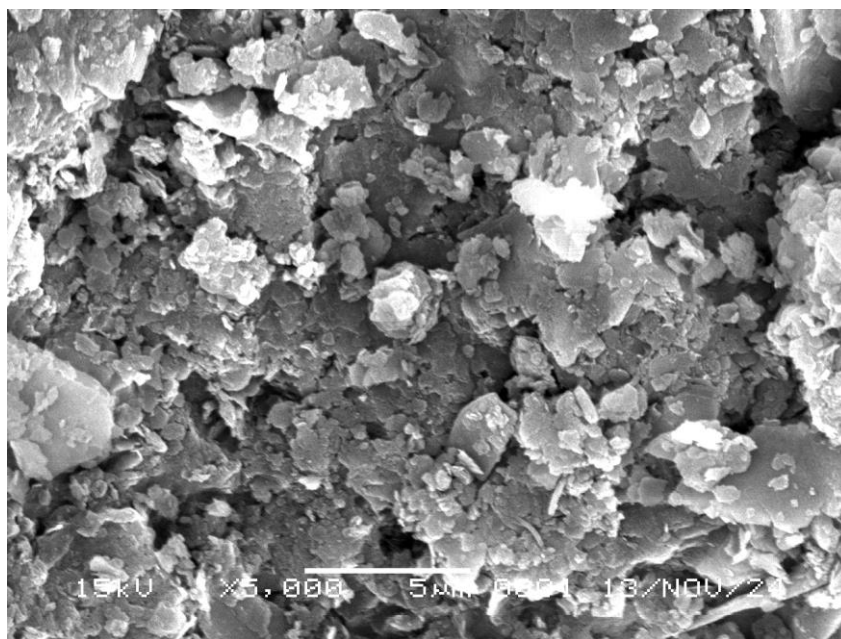


Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-085-0796	72	Quartz	0.000	0.850	Si O <sub>2</sub>
*	00-029-1488	39	Nacrite-1VTMdrG	0.000	0.138	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>
*	01-076-1782	4	Gibbsite	0.000	0.050	Al (OH) <sub>3</sub>

Gambar 5. Grafik Uji XRD lumpur Lab Pusat Survei Geologi Bandung, 2024

Gambar 5 hasil uji XRD menunjukkan kondisi fasa kristal menunjukkan puncak-puncak dengan nilai hitungan tertinggi pada posisi [°2Theta] 26.701°

SEM dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi (*Geology Laboratories*) , kebutuhan sampel 10 gram kondisi halus dan kering.



Gambar 5. SEM lumpur Lab Pusat Survei Geologi Bandung, 2024

Hasil SEM Lumpur Gambar 5. menunjukkan butiran-butiran berbentuk pecahan seperti gumpalan tidak beraturan dengan ukuran butiran yang bervariasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa lumpur kering memiliki daya ikat yang baik. lumpur pada ipal bisa dimanfaatkan untuk mengurangi kadar pencemar dengan dilakukan pengolahan ( Viareco, 2023)

## SIMPULAN

Lumpur limbah IPAL Kota Jambi dari hasil XRF memiliki komposisi mineralogi yang mirip dengan semen, karena mengandung oksida utama seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{Fe}$ , berdasarkan komposisi kimianya, lumpur limbah berpotensi digunakan dalam produksi bahan konstruksi setelah di treatment pembakaran.

Hasil XRD juga menunjukkan bahwa komposisi kimia yang terkandung  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^3$ ,  $\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{OH})^4$  menunjukkan bahwa lumpur limbah berpotensi sebagai bahan campuran material konstruksi.

Hasil SEM juga menunjukkan bentuk serbuk lumpur memiliki gradasi yang tidak beraturan sehingga susunan ikat lumpur tersebut berpotensi bisa di gunakan sebagai bahan pengganti pembuatan material produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, E., Agustina, T. E., & Arita, S. (2019). Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton method and adsorption. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v4.i1.20>
- Adriansyah, E., & Syaiful, M. (2024). Korelasi Suhu, pH, TSS Terhadap Pengukuran Parameter Besi Di Sumur Pantau TPA Dengan Minitab 17®. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 2(1), 20-24.
- Adriansyah, E., Herawati, P., Suzana, A., & Pratama, A. I. (2023). Decreasing pH, COD and TSS of Domestic Liquid Waste Using Photocatalysis  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioxide). *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 3(2), 11–15. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v3i2.201>
- Adriansyah, E., Herawati, P., Viareco, H., & Sufra, R. (2023). *Jurnal Presipitasi Advanced Treatment of Tofu Wastewater using Multilevel Filtration and  $\text{TiO}_2$  Photocatalysis as Promising Approach for Effective Wastewater Remediation*. 20(3), 560–571.
- Ab Latif, A., Nazarudin, A., & Muhamad, N. S. (2020). Use of sewage sludge ash as a cement replacement in concrete: A review. *Gading Journal of Science and Technology*, 3(2), 59-65.
- Yiğit, B., Salihoğlu, G., Mardani-Aghabaglou, A., Salihoğlu, N. K., & Özen, S. (2020). Recycling of sewage sludge incineration ashes as construction material. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(3), 1647-1664.
- Chang, Z., Long, G., Zhou, J. L., & Ma, C. (2020). Valorization of sewage sludge in the fabrication of construction and building materials: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104606.
- Grabowski, T. T., Pietrobelli, J. M. T. D. A., & Martins, R. J. E. (2023). *Eco-Friendly Cement Mortar with Wastewater Treatment Plant Sludge Upcycling*. *Clean Technologies*, 5(3), 961-972.
- Li, D., Zhuge, Y., Liu, Y., Pham, P. N., Zhang, C., Duan, W., & Ma, X. (2021). Reuse of drinking water treatment sludge in mortar as substitutions of both fly ash and sand based on two treatment methods. *Construction and Building Materials*, 277, 122330.

- Mojapelo, K. S., Kupolati, W. K., Ndambuki, J. M., Sadiku, E. R., & Ibrahim, I. D. (2021). Utilization of wastewater sludge for lightweight concrete and the use of wastewater as curing medium. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00667.
- NORUZMAN, T. D. A. H. B., Palil, N., Ahmad, R., & Baharudin, K. S. (2020). Application of waste treatment sludge from water treatment in brick production.
- Pham, P. N., Duan, W., Zhuge, Y., Liu, Y., & Tormo, I. E. S. (2021). *Properties of mortar incorporating untreated and treated drinking water treatment sludge. Construction and Building Materials*, 280, 122558.
- Riztu, S., Pradita, N. A., Sufra, R., Adriansyah, E., Suzana, A., Satria, A. W., & Sanjaya, A. (2024). Penurunan Kadar COD Air Limbah Domestik Menggunakan Fly Ash dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 24(3), 2570-2574.
- Sufra, R., Adriansyah, E., & Wati, L. A. (2023). Karbon aktif dari limbah kulit kayu sebagai penyerap logam Mangan (Mn) pada Leachate. *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), 13-16.
- Sufra, R., Panjaitan, J. R., Alhanif, M., Mustafa, M., Yusupandi, F., Adriansyah, E., ... & Suzana, A. (2024). Intensifikasi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Melalui Proses Koagulasi dan Adsorpsi Studi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Kombinasi Fisika-Kimia. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 266-275.
- Sufra, R., Adriansyah, E., Syaiful, M., & Suzana, A. (2024). Pemanfaatan Adsorben Dari Chip dan Fines Untuk Mengurangi Kontaminan Pada Air Lindi. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 2(2), 47-51.
- Viareco, H., Adriansyah, E., & Sufra, R. (2023). Potential Sequencing Batch Reactor in Leachate Treatment for Organic and Nitrogen Removal Efficiency. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*, 15(2), 143–151. <https://doi.org/10.20473/jkl.v15i2.2023.143-151>