



POTENSI PENGOLAHAN MINERAL LUMPUR SIDOARJO : A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Fesa Putra Kristianto^{a,*}, Dwi Setyorini^b

^aProgram Studi Manajemen Bisnis Industri Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu
Jl. Wanamarta Raya No. 20, Kawasan Industri Kendal, Kendal, Jawa Tengah, 51371, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar

Jl. Sunu No. 220, Kota Makassar, 90211, Indonesia

*E-mail: fesa.putra@poltek-furnitur.ac.id

Masuk Tanggal : 3 Juni, revisi tanggal : 5 Juni, diterima untuk diterbitkan tanggal : 30 Juni 2024

Abstrak

Bencana lumpur Lapindo yang terjadi di Sidoarjo, Jawa Timur pada tahun 2006 merupakan salah satu pencemaran lingkungan terbesar yang pernah terjadi di Indonesia. Akan tetapi dibalik pencemaran lingkungan tersebut, terdapat potensi pengolahan lumpur panas Sidoarjo dan aplikasi pemanfaatan di Industri. Salah satu hasil dari pengujian x-ray fluorescence (XRF) dan x-ray diffraction (XRD) menunjukkan bahwa kandungan yang tinggi untuk Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , dan CaO . Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* untuk mengevaluasi potensi pengolahan mineral lumpur Sidoarjo dengan mengkaji artikel-artikel dari dua sumber berbeda, yaitu database *Scopus* dan *Google Scholar*. Potensi pengolahan mineral lumpur Sidoarjo saat ini dapat digunakan untuk bahan baku industri metalurgi, produksi silicon, pembuatan bahan bangunan dan produk kimia lainnya. Study SLR ini memberikan dasar pengembangan lebih lanjut dalam pemanfaatan lumpur Sidoarjo sebagai sumber mineral bernilai tinggi untuk berbagai aplikasi Industri.

Kata Kunci: Analisis mineral, Lumpur Sidoarjo, XRF, XRD, dan Pemanfaatan mineral

Abstract

The Lapindo mud disaster that occurred in Sidoarjo, East Java in 2006, is one of the largest environmental pollution events in Indonesia. However, behind this environmental pollution lies the potential for processing the hot mud of Sidoarjo and its application in industry. X-ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction (XRD) tests show high concentrations of Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , and CaO . This study uses the Systematic Literature Review (SLR) method to evaluate the potential for processing Sidoarjo mud minerals by reviewing articles from two different sources, namely the Scopus and Google Scholar databases. The current potential for processing Sidoarjo mud minerals can be utilized as raw materials for the metallurgical industry, silicon production, building materials and other chemical products. This SLR study provides a foundation for further development in utilizing Sidoarjo mud as high-value mineral source for various industrial applications.

Keywords: Mineral analysis, Sidoarjo mud, XRF, XRD and Mineral utilization

1. PENDAHULUAN

Bencana lumpur Sidoarjo adalah salah satu peristiwa lingkungan besar yang terjadi di Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia pada tahun 2006. Semburan lumpur ini disebabkan oleh proyek eksplorasi minyak bumi PT. Lapindo Brantas, yang mengakibatkan ledakan bawah tanah selama proses pengeboran [1]. Ada juga pandangan lain

yang menyatakan bahwa bencana ini dipicu oleh gempa bumi yang melanda Yogyakarta dua hari sebelumnya [2]. Namun, penyebab pastinya masih belum diketahui. Lumpur Sidoarjo yang memiliki suhu sekitar 60 derajat celcius, mulai menyembur sejak dini hari di tengah sawah desa. Berbagai upaya untuk menghentikan semburan lumpur tersebut gagal, sehingga mengakibatkan tenggelamnya 16 desa dan tiga kecamatan di

Sidoarjo dan menumpuknya jumlah lumpur Sidoarjo yang tidak terolah. Gambar 1 menunjukkan publikasi dari lumpur Sidoarjo.



Gambar 1. Lumpur Panas Sidoarjo

Selain berbahaya bagi lingkungan, Lumpur Sidoarjo memiliki potensi pengolahan yang sangat besar. Berdasarkan analisis XRF dan XRD ditemukan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki kandungan elemen seperti Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga dan Pr. Selain itu senyawa utama yang ditemukan Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_2 , FeO_3 , NiO , CuO , ZnO , SrO , MnO dan MgO [3].

Kandungan mineral yang beragam ini menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri. Pada penelitian [4] mengolah lumpur Sidoarjo sebagai bahan pencampur pembuatan beton ringan untuk konstruksi. Ini dapat diaplikasikan dikarenakan lumpur Sidoarjo kaya akan silika (SiO_2), besi oksida (Fe_2O_3), dan aluminium oksida (Al_2O_3) sebagai bahan pozzolan. Dalam industri logam, potensi lumpur Sidoarjo sangat besar untuk industri silika. Lumpur Sidoarjo memiliki kandungan silika sebesar 46,7% dan dapat dipisahkan menggunakan metode ekstraksi. Industri silika adalah industri logam setengah jadi yang mana menjadi bahan baku untuk industri kaca, elektronik, ban, karet dan kosmetik. Hal ini menjadikan bahan baku logam silika memiliki nilai ekonomis yang tinggi [5]. Lumpur Sidoarjo juga memiliki potensi untuk bahan baku pembuatan keramik hal ini dikarenakan kandungan silikanya yang tinggi. Dari penelitian [6] dengan menambahkan dolomit untuk pembuatan keramik dengan bahan baku lumpur Sidoarjo dapat meningkatkan kualitas ketahanannya dan telah sesuai dengan SNI keramik. Pemanfaatan lumpur Sidoarjo juga dapat dilakukan untuk pembuatan batu bata dengan limbah *paper sludge* yang kaya kalsium karbonat. Batu bata yang terbuat dari lumpur Sidoarjo yang dibuat sudah standar SNI [7]. Pemanfaatan lumpur Sidoarjo untuk pembuatan briket menggunakan lumpur sebagai bahan perekat anorganik yang meningkatkan karakteristik biomassa dalam briket. Penelitian menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo, yang mengandung mineral seperti smektit, kuarsa, pirit, monmorilonit, ilit dan kaolit, serta senyawa kimia seperti SiO_2 (47,51%) Al_2O_3 (20,09%) dan

Fe_2O_3 (7,28%) dapat meningkatkan nilai kalor briket hingga $5.971,59 \frac{kal}{gr}$. Lumpur Sidoarjo berfungsi sebagai katalis yang meningkatkan efisiensi energi pembakaran karena kandungan Fe_2O_3 yang bereaksi pada suhu tinggi. Secara keseluruhan, lumpur Sidoarjo terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas briket biomassa sebagai bahan bakar alternatif [8].

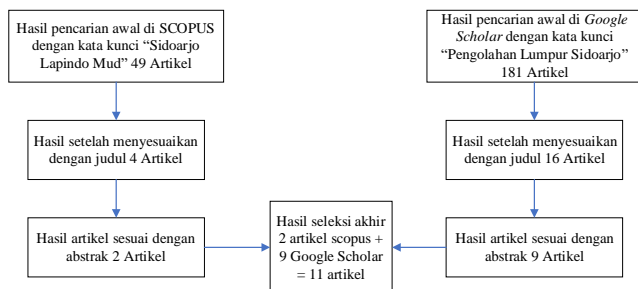
Berdasarkan penelitian terdahulu tentang potensi lumpur Sidoarjo, potensinya sangat banyak diantaranya di industri metalurgi, keramik, konstruksi, dan briket. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi pengolahan lumpur Sidoarjo berdasarkan *systematic literature review*.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

Untuk memperoleh informasi mengenai potensi pengolahan lumpur Sidoarjo untuk mengurangi pencemaran lingkungan, metode *systematic literature review* ini merupakan metode yang sesuai. *Systematic literature review* memiliki tujuan untuk merangkum literatur yang ada, mengenai potensi pengolahan lumpur Sidoarjo. Metode ini dilakukan dengan tiga langkah dasar dengan dua sumber yang berbeda, yang pertama bersumber dari database *Scopus* dan yang kedua bersumber dari database *Google Scholar*. Tahapan seleksi artikel dari database *Scopus* dan *Google Scholar* menggunakan aplikasi *publish or perish*. Untuk database *Scopus* dimulai dari pencarian awal dengan kata kunci *Sidoarjo Lapindo Mud* menemukan sebanyak 49 artikel. Kemudian disaring kembali berdasarkan judul dan menemukan sebanyak 4 artikel. Hasil tersebut kemudian diseleksi kembali, dikaji lebih dalam berdasarkan kesesuaian isi abstrak dan didapatkan seleksi akhir sebanyak 2 artikel terkait. Pada seleksi artikel dari database *Google Scholar*, tahapan pertama dilakukan pencarian awal dengan kata kunci pengolahan lumpur Sidoarjo dan menemukan sebanyak 181 artikel. Kemudian disaring kembali berdasarkan judul dan menemukan sebanyak 16 artikel. Hasil tersebut, kemudian diseleksi kembali, dikaji lebih dalam berdasarkan kesesuaian isi abstrak dan didapatkan seleksi akhir sebanyak 9 artikel terkait. Gabungan dari dua database tersebut, mendapatkan sebanyak 11 artikel yang terkait dengan topik.

Batasan-batasan dalam metode ini untuk pencarian awal di *Scopus* menggunakan kata kunci "*Sidoarjo Lapindo Mud*" kemudian batasan selanjutnya memilih kesesuaian isi dan abstrak tentang "pemanfaatan lumpur Sidoarjo". Sedangkan untuk pencarian awal di *Google Scholar* menggunakan kata kunci "pengelolaan

lumpur Sidoarjo” kemudian batasan selanjutnya memilih kesesuaian isi dan abstrak tentang “pemanfaatan lumpur Sidoarjo”. Tahapan seleksi dan penyaringan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan seleksi dan Penyaringan Artikel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelusuran literatur dengan metode *systematic literature review*, ditemukan sebanyak 11 jurnal dan artikel yang relevan. Berikut beberapa hasil penelitian yang dijadikan acuan dalam penelitian ini yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Seleksi Artikel *Scopus*

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
1	L.K. Wulandari (2022) Internasional Journal of GEOMATE	<p>Ringkasan : Artikel ini membahas potensi penggunaan lumpur panas Sidoarjo sebagai bahan tambahan dalam pembuatan pelapis beton guna mengurangi penggunaan pasir dengan rekomendasi tingkat penambahan bahan LUSI 5%, yang bertujuan mengatasi dampak lingkungan dan ekonomi dari kejadian lumpur Lapindo.</p> <p>Hasil yang didapat : Penambahan material Lusi dengan kadar 5% paling direkomendasikan untuk produksi beton, beton dengan penambahan material Lusi 5% melebihi standar kuat tekan beton K250 dan kuat beton cenderung menurun seiring dengan semakin tingginya presentase penambahan Lusi.</p>
2	Deni Ainur Rokhim (2022) Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry	<p>Ringkasan : Artikel ini membahas potensi Lumpur Panas Sidoarjo sebagai sumber energi terbarukan dengan menekan pada kandungan unsur, komposisi mineral oksida,</p>

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
		<p>serta pentingnya sumber energi alternatif dalam penyediaan energi di tengah krisis energi di Indonesia.</p> <p>Hasil yang didapat : lumpur Sidoarjo mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia, khususnya untuk energi listrik dan katalis biodiesel. Tingginya kandungan silika dalam lumpur menunjukkan potensinya untuk dieksploitasi sebagai sumber silika dengan kemurnian tinggi. Berbagai metode seperti sel bahan bakar mikroba dan sel tanah dengan teknologi hidrothermal dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari lumpur panas Sidoarjo.</p>

Tabel 2. Hasil Seleksi Artikel *Google Scholar*

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
1	L. Neorochim (2019) Material Science Forum	<p>Ringkasan : $Li_{1,6}Mn_{1,67}O_4$ berhasil disiapkan dan diaplikasikan sebagai adsorben untuk ekstraksi litium dari cairan panas bumi, menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi pada pengeringan $700^{\circ}C$ akibat peningkatan kristalinitas dan ukuran butir yang meningkatkan kinerjanya.</p> <p>Hasil yang didapat : $Li_{1,6}Mn_{1,67}O_4$ pada $700^{\circ}C$ menunjukkan kapasitas adsorpsi litium tertinggi dan peningkatan suhu kalsinasi akan meningkatkan kinerja adsorpsi dengan meningkatkan ukuran butir kristalinitas.</p>
2	Tri Winarno (2019) Ejournal Undip Teknik	<p>Ringkasan : artikel ini membahas analisis dan pemanfaatan potensial endapan lumpur Sidoarjo berdasarkan mineralogi dan komposisi kimianya, dengan fokus pada asal-usulnya dan aplikasinya dalam berbagai bidang.</p>

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
		Hasil yang didapat : Temuan utama meliputi potensi pemanfaatan endapan lumpur Sidoarjo di berbagai bidang seperti kesehatan, pertanian, perikanan dan kosmetik, berdasarkan mineralogi dan komposisi kimianya. Endapan lumpur memiliki karakteristik spesifik seperti berat jenis, kandungannya liat dan kadar air yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi.
3	Endang Sriharni (2021) Bina Teknik Jurnal	Ringkasan : Jurnal ini membahas pembuatan batu bata dengan menggunakan bahan baku lumpur Sidoarjo dan <i>paper sludge</i> . Hasil yang didapat : Hasil penelitian ini menunjukkan semen dengan 5% Lusi memenuhi spesifikasi K250 sementara variasi lain belum memenuhi. Analisis morfologi mengungkap struktur klinker terdiri dari C3S, C2S, C3A dan C4AF. Kehalusan semua semen lolos SNI. Semen 5% Lusi paling baik namun semua semen belum memenuhi kuat tekan. Disimpulkan bahwa 5% Lusi dapat digunakan sebagai bahan dasar semen dengan mengurangi penggunaan pasir tanpa menurunkan kualitas.
4	Endang Ciptawati (2022) IJCA (Indonesia Journal of Chemical Analysis)	Ringkasan : Artikel ini membahas dampak signifikan dari bencana aliran lumpur panas Sidoarjo di Indonesia dan kandungan mineral yang potensial, terutama silika dalam lumpur semburan dengan kandungan silika yang konsisten tinggi pada sampel dengan jari-jari yang berada dan fase kuarsa menjadi fasa dominan. Hasil yang didapat : Penelitian bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral khususnya silika pada lumpur panas Sidoarjo yang berpotensi menjadi silika sintetik, analisa XRF menunjukkan kandungan silika tinggi yang konsisten

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
		dalam sampel lumpur di berbagai radius (45%, 45,3% dan 43,3%) dan hasil XRD menunjukkan bahwa fasa yang dominan pada lumpur panas Sidoarjo pada semua jari-jari adalah kuarsa (SiO ₂), hal ini menunjukkan adanya potensi pemanfaatan lumpur sebagai sumber silika.
5	Vandi Alextriando (2019) Portal: Jurnal Teknik Sipil	Ringkasan : Artikel ini membahas pemanfaatan lumpur Sidoarjo dan limbah kapur industri untuk membuat semen, menunjukkan potensi untuk menggantikan bahan baku alam dan layak untuk investasi pada skala pabrik. Hasil yang didapat : Pemanfaatan limbah lumpur Sidoarjo dan kapur industri dalam produksi semen menunjukkan potensi menggantikan bahan baku alam dan layak untuk investasi skala pabrik.
6	Rifqi Fajar Maulana (2023) The Indonesian Green Technology Journal	Ringkasan : Jurnal ini membahas mengenai potensi pemanfaatan oksida logam tanah jarang (LTJ) yang terkandung di Lumpur Sidoarjo sebagai katalis pendukung Rutenium dalam proses dekomposisi amonia untuk memproduksi hidrogen sebagai bahan bakar terbarukan. Hasil yang didapat : Studi ini mengeksplorasi potensi penggunaan dekomposisi amonia menjadi hidrogen sebagai bahan bakar terbarukan dan LTJ oksida sebagai katalis pendukung Ru, hasilnya bertujuan untuk memandu pengembangan katalis pendukung Ru menggunakan sumber daya lokal di Indonesia dan industri di Indonesia menghasilkan amonia sebagai produk sampingan, yang menunjukkan adanya potensi untuk memanfaatkan amonia sebagai sumber media penyimpanan hidrogen untuk produksi bahan bakar terbarukan.

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
7	Rexy Eca Fernanda (2022) JUSTEK : Jurnal Sains dan Teknologi	Ringkasan : Jurnal ini mengkaji pembuatan briket dari campuran sampah botol plastik jenis PET, bahan sintesis berupa kain perca dan kertas bekas dengan menggunakan perekat lumpur Sidoarjo. Hasil yang didapat : Penelitian ini fokus pada konversi limbah botol plastik PET menjadi briket dengan menggunakan campuran bahan sintetik dan perekat lumpur Sidoarjo sehingga menghasilkan briket dengan nilai kalor dan komposisi tertentu.
8	Anggy Via (2019) Jurnal Produksi Tanaman	Ringkasan : Jurnal ini membahas penelitian penggunaan lumpur Sidoarjo sebagai substitusi tanah dalam media pembibitan sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>). Hasil yang didapat : Penelitian ini mengkaji pemanfaatan lumpur Sidoarjo sebagai campuran media tanam untuk tanaman sengon. Lumpur Sidoarjo dicampur dengan tanah dengan variasi 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Variabel yang diamati antara lain tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, berat kering, laju pertumbuhan, dan kandungan logam berat. Hasilnya menunjukkan campuran 20% lumpur Sidoarjo tidak mengganggu pertumbuhan. Batas pertumbuhan terlihat pada campuran 40%. Semakin tinggi campuran menyebabkan pertumbuhan terganggu. Kapasitas tumbuh tinggi dimiliki media 20% dengan serapan logam tertinggi. Disimpulkan lumpur Sidoarjo berpotensi sebagai campuran media tanam hingga 20%.
9	Tasya Permatasari (2023) Journal of Research and Technology	Ringkasan : Jurnal ini mengkaji penggunaan adsorben lumpur lapindo dan cangkang kerang darah untuk menyisihkan parameter

No.	Penulis & Tahun	Hasil Penelitian
		BOD, COD, TSS dan TDS pada limbah tekstil. Hasil yang didapat : Kombinasi lumpur Lapindo dan cangkang Kerang Darah sebagai adsorben menunjukkan efisiensi yang tinggi dalam menurunkan COD, TDS, BOD, dan TSS pada limbah tekstil, dengan variasi C dan E yang paling efektif.

Endapan lumpur sidoarjo merupakan salah satu material dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti pertanian, perikanan, kesehatan dan industri. Potensi pemanfaatan lumpur Sidoarjo selain untuk mengurangi surplus endapan yang dihasilkan pada lokasi tanggul setiap harinya juga dikarenakan lumpur Sidoarjo secara mineralogi sangat dapat diolah menjadi bentuk lainnya.

3.1. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo di Bidang Sipil

Lumpur Sidoarjo kaya akan silika (SiO_2) yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Kandungan SiO_2 dalam lumpur Sidoarjo berkisar 44,8-53,4% yang mampu menjadikan sebagai bahan campuran pembuatan beton, batako dan batu bata [9].

Selain itu lumpur Sidoarjo (Lusi) dan kapur sebagai bahan dasar produksi semen Portland guna mengurangi penggunaan bahan alam. Penelitian ini juga menguji kualitas semen dengan variasi komposisi Lusi 0%, 5%, 15% dan 25% sebagai campuran bahan dasar. Hasil uji menunjukkan semen dengan 5% Lusi memenuhi spesifikasi K250. Kehalusannya lolos SNI. Disimpulkan bahwa 5% Lusi dapat digunakan sebagai bahan dasar semen [10].

3.2. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo di Bidang Energi Terbarukan

Lumpur Sidoarjo banyak mengandung elemen logam dan mineral oksida yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber energi listrik. Berdasarkan hasil XRF, lumpur Sidoarjo menghasilkan perbedaan potensial listrik sebesar 8,8 V dan daya listrik sebesar 7,071 watt/jam [11].

Lumpur Sidoarjo sebagai sumber litium untuk baterai menggunakan metode hidrothermal dengan variasi waktu 24, 48 dan 72 jam pada suhu 200°C. Litium mangan oksida spinel digunakan sebagai adsorben, disintesis dari LiOH dan MnO_2 , kemudian di karakterisasi dengan XRD, SEM dan ICP. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin lama

waktu hidrothermal, morfologi partikel semakin homogen meskipun masih ada aglomerasi. Efisiensi adsorpsi tertinggi sebesar 42,76% dan desorpsi tertinggi sebesar 1,21%. Penelitian ini mengindikasikan potensi besar lumpur Sidoarjo sebagai sumber litium untuk aplikasi baterai [12].

Lumpur Sidoarjo juga dapat digunakan sebagai perekat dalam pembuatan briket. Proses pembuatan briket melibatkan karbonisasi, penumbukan dan pengayakan arang dan pencampuran dengan perekat lumpur Sidoarjo. Terakhir briket dicetak dan diuji nilai kalornya. Hasilnya menunjukkan potensi yang baik dan sesuai dengan standar SNI [13].

3.3. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo untuk Bahan Pendukung Industri

Lumpur Sidoarjo sebagai sumber oksida logam tanah jarang (LTJ) untuk mendukung katalis rutenium (Ru) dalam produksi hidrogen melalui dekomposisi amonia. Hasil kajian menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo mengandung berbagai LTJ seperti La, Ce, Pr, Sm, Er dan Y yang dapat di ekstraksi menggunakan metode hidrometalurgi. Oksida-oksida LTJ ini mampu mendukung katalis Ru untuk mengonversi NH_3 menjadi H_2 hingga 100% [14].

Lumpur Sidoarjo sebagai sumber energi terbarukan, termasuk sebagai katalis biodiesel. Lumpur ini mengandung berbagai mineral oksida dengan kandungan silika yang dominan. Silika dari lumpur ini dapat diekstraksi dan digunakan sebagai bahan baku untuk membuat zeolit sintesis, yang efektif sebagai katalis dalam proses esterifikasi-transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan untuk menghasilkan Biodiesel. Penggunaan zeolit dari silika alami ini mengatasi masalah pemisahan katalis dari produk biodiesel dan menghindari reaksi samping seperti saponifikasi [15].

Lumpur Sidoarjo dan cangkang kerang darah untuk menyisihkan BOD, COD, TSS dan TDS dari limbah tekstil dikampung batik Jetis Sidoarjo. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan sebesar 89,13%. Kandungan kalsium karbonat dalam cangkang kerang dan polisilanol dalam lumpur Sidoarjo berperan penting dalam meningkatkan kapasitas adsorpsi, menjadikan kombinasi adsorben ini efektif dalam mengolah limbah tekstil yang ramah lingkungan [16].

3.4. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam Bidang Industri

Mineral kaolin pada lumpur Sidoarjo digunakan secara luas dalam berbagai industri keramik, karet, dan plastik karena sifat fungsional dan biayanya lebih murah. Dalam industri karet,

penambahan kaolin dapat meningkatkan kekuatan, resistensi terhadap kerusakan dan kekakuan. Dalam pembuatan cat, kaolin tidak bereaksi kimia atau larut, memberikan sifat flow dan menurunkan biaya. Pada material *thermosetting* dan *thermoplastic*, kaolin memberikan permukaan halus, finishing produk yang lebih baik dan resistensi terhadap bahan kimia. Selain itu kaolin memudahkan pembentukan bahan dasar plastik.

Berdasarkan hasil pengujian XRF dan XRD, Lumpur Sidoarjo memiliki potensi yang besar sebagai sumber silika. Kandungan ini sejalan dengan analisis kuantitatif yang mengindikasikan bahwa lumpur panas Sidoarjo dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri keramik [17].

3.5. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam Bidang Kesehatan

Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam bidang kesehatan, khususnya dalam pembuatan obat-obatan, melibatkan mineral-mineral seperti smektit, palygorskite dan kaolinit. Mineral-mineral ini dapat digunakan sebagai bahan aktif atau eksipien. Mineral lumpur Sidoarjo memiliki sifat-sifat seperti luas permukaan yang besar, kapasitas adsorpsi, dan sifat inert terhadap reaksi kimia. Penggunaan mineral lumpur Sidoarjo sebagai bahan aktif dapat diaplikasikan secara oral maupun topikal. Penggunaan secara oral meliputi Pelindung Gastrointestinal, Obat Pencahar Oral, dan Antidiare. Sedangkan penggunaan topikal meliputi Pelindung kulit dan Bahan eksipien. Selain digunakan sebagai sistem transportasi nutrisi, mineral lumpur Sidoarjo, terutama montmorillonit, juga telah banyak digunakan bahan campuran dalam rekayasa jaringan tulang [18].

3.6. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam Bidang Perikanan

Penggunaan mineral lumpur Sidoarjo dalam bidang perikanan didasarkan pada kemampuannya sebagai adsorben alami. Struktur berlapis dari mineral lumpur Sidoarjo memungkinkan mineral ini untuk mengembang (*swelling*) saat bersentuhan dengan air, sehingga dapat menyerap bahan kimia berbahaya seperti amonia [19].

3.7. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam Bidang Kosmetik

Di endapan Lumpur Sidoarjo, mineral yang ditemukan dan dapat digunakan dalam bidang kosmetik adalah *kaolin* dan *montmorillonit*. Kaolin digunakan dalam produk seperti pelindung kulit, krim kosmetik dan bedak. Sedangkan montmorillonit digunakan dalam produk seperti

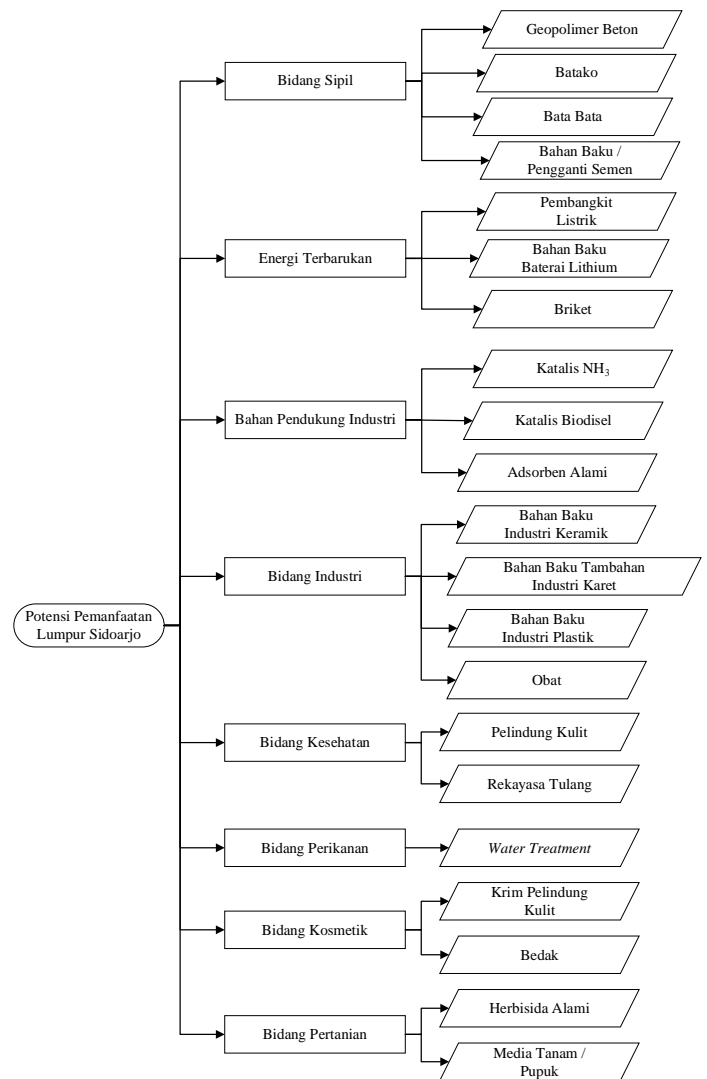
pelindung kulit, krim kosmetik, bedak dan masker [20].

3.8. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam Bidang Pertanian

Penelitian yang dilakukan oleh [21] menunjukkan bahwa mineral montmorillonit adalah bahan yang efektif untuk perawatan polusi herbisida sekunder. Mineral ini dapat langsung diaplikasikan di lapangan, baik pada tanah maupun melalui disiram.

Penggunaan lumpur Sidoarjo sebagai media pembibitan untuk tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*), menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai campuran media tanam dengan volume optimal 20% dimana tanaman sengon mampu tumbuh dengan baik. Penelitian ini menunjukkan potensi lumpur Sidoarjo sebagai media pembibitan alternatif yang mengandung unsur hara, namun penggunaannya harus dibatasi untuk menghindari efek toksik dari logam berat [22].

Dari hasil *Systematic Literature Review*, didapatkan banyak potensi yang dapat dimanfaatkan dari lumpur Sidoarjo. Terdapat delapan bidang yang dapat dimanfaatkan potensinya, yaitu bidang sipil, energi terbarukan, bahan pendukung industri, industri, kesehatan, perikanan, kosmetik dan pertanian. Oleh karena itu dibuatlah pemetaan potensi pemanfaatan lumpur Sidoarjo. Gambar 3 menunjukkan Pemetaan Potensi Pemanfaatan lumpur Sidoarjo di berbagai bidang.



Gambar 3. Pemetaan Potensi Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo di Berbagai Bidang

Dari pemetaan potensi pemanfaatan lumpur Sidoarjo, kemudian diolah menggunakan *Action Priority Matrix* untuk mengelola potensi pemanfaatannya yang lebih efektif dan efisien mana yang dapat dikerjakan. *Action Priority Matrix* terbagi menjadi empat kuadran yaitu *Quick Wins*, *Major Projects*, *Fill Ins* dan *Thankless Task*. Dari keempat kuadran tersebut *Quick Wins* adalah prioritas utama, *Major Project* adalah prioritas kedua, *Fill Ins* adalah prioritas ketiga dan *Thankless Task* adalah prioritas terakhir [23]. Gambar 4 menunjukkan *Action Priority Matrix* dari potensi pemanfaatan lumpur Sidoarjo.



Gambar 4. Action Priority Matrix dari Potensi Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo

Dari hasil *action priority matrix*, pada kuadran *quick win* (prioritas utama) didapatkan bidang industri dan sipil, hal ini dikarenakan teknologi pengolahannya sudah ada, bahan baku lumpur Sidoarjo bersifat substitusi, keefektifitasannya sudah diuji dalam penelitian dan lumpur Sidoarjo yang diolah pada bidang tersebut sangatlah banyak dalam segi kuantitas. Oleh karena itu kedua bidang ini menjadi prioritas yang utama [24].

Untuk *Major Project* (prioritas kedua) didapatkan bidang energi terbarukan dan bahan pendukung industri. Hal ini dikarenakan keefektifitasannya belum teruji secara penelitian dan teknologinya masih belum siap. Walaupun mempunyai potensi yang sangat besar dalam memanfaatkan lumpur Sidoarjo (dari segi kuantitas) dan ramah lingkungan [25].

Prioritas ketiga atau *fill ins*, terdapat bidang perikanan dan pertanian. Hal ini dikarenakan sangat mudah mengimplementasikannya tanpa adanya teknologi dan sudah teruji keefektifitasannya. Akan tetapi dampaknya bagi perkembangan industri atau usaha tidak terlalu signifikan dan tidak banyak mengolah lumpur Sidoarjo [26].

Terakhir *thankless task*, bukan prioritas utama dalam pengolahan lumpur Sidoarjo diantaranya di bidang kesehatan dan kosmetik. Hal ini dikarenakan untuk bidang kesehatan dan kosmetik dibutuhkan pengujian yang detail dan aman (penelitiannya belum mencakup kebidang ini) dan butuh proses pendanaan penelitian yang lebih. Akan tetapi produk kosmetik dan kesehatan yang dihasilkan dari lumpur Sidoarjo bernilai ekonomis yang rendah sehingga antara *effort* dan *impact* yang dihasilkan tidak seimbang (rugi) [27]. Dari pembahasan *systematic literature review* didapatkan banyak potensi pemanfaatan lumpur Sidoarjo, kemudian dilakukan pemetaan dan prioritas pengolahan. Sehingga diharapkan dengan adanya *review literature* ini didapatkan gambaran dan perencanaan pemanfaatan lumpur

Sidoarjo untuk masa depan dan dapat mengurangi dampak lingkungan yang terjadi.

4. KESIMPULAN

Semburan lumpur Sidoarjo meskipun awalnya dipandang sebagai bencana lingkungan, akan tetapi memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam berbagai industri. Analisa *X-ray Fluorescence (XRF)* dan *X-ray Diffraction (XRD)* menunjukkan bahwa lumpur ini kaya akan mineral seperti Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 dan CaO , sehingga cocok sebagai bahan baku dalam industri metalurgi, produksi silikon, bahan bangunan dan produk kimia lainnya. Penelitian ini merangkum berbagai jurnal dari database *Scopus* dan *Google Scholar*, mengungkapkan bahwa lumpur Sidoarjo dapat diolah menjadi sumber mineral bernilai tinggi untuk delapan bidang utama yaitu sipil, energi terbarukan, bahan pendukung industri, industri, kesehatan, perikanan kosmetik dan pertanian. Lumpur Sidoarjo dapat digunakan dalam pembuatan beton, semen, keramik, energi listrik terbarukan, bahan baku litium baterai, katalis, adsorben logam berat, pembuatan briket, rekayasa jaringan tulang dan kosmetik. Studi ini memberikan dasar pengembangan lebih lanjut dalam memanfaatkan lumpur Sidoarjo, mengubahnya dari masalah lingkungan menjadi sumber daya berharga bagi berbagai industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu dan Politeknik ATI Makassar dalam bidang penulisan artikel ilmiah ditahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Priambodo, I. P. Wiguna, and A. P. Zen, "Desa Mindi Pasca Tragedi Lumpur Lapindo Dalam Conceptual Photography," *eProceedings of Art & Design*, vol. 10, no. 1, 2023.
- [2] B. P. Istadi, G. H. Pramono, P. Sumintadireja, and S. Alam, "Modeling study of growth and potential geohazard for LUSI mud volcano: East Java, Indonesia," *Mar Pet Geol*, vol. 26, no. 9, pp. 1724–1739, 2009.
- [3] Z. S. M. Minata *et al.*, "Analysis of The Potential and Carrying Capacity of Lusi Sidoarjo Island as An Education and Conservation-Based Ecotourism," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 14, no. 1, pp. 13–24, 2024.

- [4] W. M. Rosanti and E. T. Winanti, "Pemanfaatan lumpur Lapindo dan fly ash sebagai bahan campuran pada pembuatan bata beton ringan," *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 2, pp. 1–7, 2016.
- [5] A. F. and T. R. T. and D. D. Fadli, "Ekstraksi Silika Dalam Lumpur Sidoarjo Menggunakan Metode Kontinyu," *Kimia.Studentjournal*, vol. 1, no. 2, pp. 182–187, 2013.
- [6] S. Sudirman, F. Widiyatun, and N. N. Mulyaningsih, "Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cr, Ni) pada Chitosan dengan Menggunakan Metode AAS," *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau*, p. 61, 2017.
- [7] E. Ciptawati *et al.*, "Analisis Kandungan Mineral dari Lumpur Panas Sidoarjo sebagai Potensi Sumber Silika dan Arah Pemanfaatannya," *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, vol. 5, no. 1, pp. 18–28, 2022.
- [8] K. K. W. K. K. Windya, W. Wilopo, W. Wilopo, F. Anggara, and F. Anggara, "Karakterisasi dan pemanfaatan lumpur sidoarjo untuk campuran bahan baku pembuatan briket," *Jurnal Geomine*, vol. 6, no. 3, pp. 117–123, 2018.
- [9] L. K. Wulandari, I. W. Mundra, and M. Wijayaningtya, "The Promising Potential of Sidoarjo Hot Mud As Additional Material for Concrete Lining Production," *International Journal of GEOMATE*, vol. 23, no. 95, 2022.
- [10] V. Alextrianto and J. J. Ekaputri, "Pemanfaatan Kapur (CaCO₃) dan Lumpur Sidoarjo sebagai Bahan Dasar Pembuatan Semen Portland," *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 38–45, 2019.
- [11] D. A. Rokhim, K. K. Islamiyah, and E. H. Sanjaya, "A review: analysis of metal and mineral content in the complexity of sidoarjo hot mud as a source of renewable energy in Indonesia," *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, vol. 9, no. 4, pp. 1255–1262, 2022.
- [12] L. Noerochim, H. Widjaja, and R. Fajarin, "Adsorption Performance of Li_{1.6}Mn_{1.67}O₄ for Litium Extraction from Geothermal Fluid of Lumpur Sidoarjo," in *Materials Science Forum*, Trans Tech Publ, 2019, pp. 228–233.
- [13] R. E. Fernanda, P. H. Tjahjanti, A. Akbar, and A. F. Ikhsanudin, "Studi Awal Pembuatan Briket dari Campuran Sampah Botol Jenis PET dan Bahan Sintesis Dengan Perekat Lumpur Sidoarjo," *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 81–89, 2022.
- [14] R. F. Maulana and U. K. Ranaputri, "Potensi Oksida Logam Tanah Jarang dari Lumpur Sidoarjo sebagai Pendukung Katalis Rutenium dalam Produksi Hidrogen dari Dekomposisi Amonia," *The Indonesian Green Technology Journal*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [15] A. Habibah, G. Zahira, M. F. Angga, and D. A. Rokhim, "Schematic Literature Review: Content of α -Farnesene Compounds as an Anti-Virus: Skema Literatur Review: Kandungan Senyawa α -Farnesene sebagai Anti-Virus," *Manganite/ Journal of Chemistry and Education*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2023.
- [16] E. Sumiyarsono, "Penyisihan BOD, COD, TSS, dan TDS Menggunakan Adsorben Lumpur Lapindo dan Cangkang Kerang Darah pada Limbah Tekstil Jetis Sidoarjo," *Journal of Research and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 245–251, 2023.
- [17] H. H. Murray, "Kaolin applications," *Dev Clay Sci*, vol. 2, pp. 85–109, 2006.
- [18] T. Winarno, Y. B. A. Gunawan, and J. Marin, "Analisis Mineralogi dan Kandungan Kimia Endapan Lumpur Sidoarjo dan Arah Pemanfaatannya," *Teknik*, vol. 40, no. 2, pp. 91–98, 2019.
- [19] D. M. Intakhiya, U. P. Santoso, and D. Mutiarin, "Strategi dalam penanganan kasus lumpur Lapindo pada masyarakat terdampak lumpur Lapindo Porong-Sidoarjo Jawa Timur," *Moderat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, vol. 7, no. 3, pp. 565–585, 2021.
- [20] M. I. Carretero and M. Pozo, "Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry: Part I. Excipients and medical applications," *Appl Clay Sci*, vol. 46, no. 1, pp. 73–80, 2009.
- [21] S. F. A. Shattar, N. A. Zakaria, and K. Y. Foo, "Utilization of montmorillonite as a refining solution for the treatment of ametryn, a second generation of pesticide," *J Environ Chem Eng*, vol. 5, no. 4, pp. 3235–3242, 2017.
- [22] A. V. Margareta and K. P. Wicaksono, "Studi Penggunaan Lumpur Sidoarjo Untuk Media Pembibitan Sengon (Paraserianthes falcataria) Studi the Use of Sidoarjo Mud as Sengon (Paraserianthes falcataria) Seedling Media," *Jurnal*

- Produksi Tanaman*, vol. 7, no. 11, pp. 1985–1990, 2019.
- [23] P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, and M. N. Mahrin, “A systematic literature review of software requirements prioritization research,” *Inf Softw Technol*, vol. 56, no. 6, pp. 568–585, 2014.
- [24] M. F. Nuruddin, A. F. Hasbi, and M. M. A. B. Abdullah, “Sidoarjo mud: creating worth from waste,” *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 192, pp. 309–315, 2015.
- [25] R. Darmawan *et al.*, “Production of Bio-Electricity from Sidoarjo Mud and Molasses Using Microbial Fuel Cells (MFCs) Assisted External Resistance Technology,” *Trends in Sciences*, vol. 19, no. 23, p. 1521, 2022.
- [26] S. Santosa, Z. Kusuma, B. Prasetya, and B. Yanuwiadi, “The effect of Sidoarjo’s mud soil with organic materials toward the growth of Albizian (*Samanea saman* Merr),” *Academic Research International*, vol. 5, no. 1, p. 57, 2014.
- [27] P. Z. Silvia, S. N. A. Jenie, and H. T. B. M. Petrus, “Tunable particle size synthesis of nanoclay from Sidoarjo geothermal mud via ultrasonic method,” 2022, p. 040001. doi: 10.1063/5.0123140.