

KARAKTERISTIK GEOKIMIA LEMPUNG DAN KUALITASNYA SEBAGAI PENJERNIH MINYAK SAWIT DI KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT

Geochemical Characteristics of Clay and Its Quality as Palm Oil Purifier in Sukabumi Regency, West Java

RACHMATULLOH INSAN*, JOHANES HUTABARAT** dan AGUS D. HARYANTO**

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jl. Dipati Ukur No. 35 Bandung

e-mail korespondensi: rachmatulloh20001@mail.unpad.ac.id

* Kontributor Utama, ** Kontributor Anggota

ABSTRAK

Sebelum dapat dikonsumsi, minyak sawit harus diolah melalui beberapa proses salah satunya adalah penjernihan. Untuk mendapatkan warna minyak yang sesuai dengan kualitas tertentu maka diperlukan proses pemucatan terhadap minyak sawit dengan menggunakan tanah pemucat atau biasa disebut *bleaching earth* (BE) yang bahan dasarnya menggunakan lempung. Lempung banyak ditemukan di Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat pada Formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkung. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh gambaran geokimia dan mengetahui komposisi kimia mineral lempung di Formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkung serta bagaimana pengaruhnya terhadap sifat luas permukaan dan kualitas daya pucatnya terhadap minyak sawit. Penelitian ini menggunakan lima sampel lempung, yaitu tiga sampel dari Formasi Jampang Anggota Cikarang dan dua sampel dari Formasi Lengkung. Untuk memperoleh karakteristik komposisi geokimia, setiap sampel dianalisis menggunakan metode XRD, SEM, dan XRF, sedangkan untuk mendapatkan informasi kualitas daya pucat sebagai penjernih minyak sawit dilakukan pengukuran luas permukaan spesifik lempung menggunakan alat SAA serta pengukuran indeks warna minyak sawit yang telah disaring oleh masing-masing sampel lempung menggunakan alat Lovibond Tintometer. Hasil menunjukkan adanya korelasi antara kadar mineral montmorilonit terhadap nilai luas permukaan dan kualitas daya pucat lempung. Semakin besar luas permukaan lempung, semakin tinggi daya pucat dari lempung tersebut terhadap minyak sawit. Selain itu, nilai luas permukaan lempung juga berhubungan dengan kandungan montmorilonit. Sampel lempung dengan nilai luas permukaan yang tinggi yaitu sampel FJ-1 dengan luas permukaan 111,5 m²/g dan FJ-2 dengan luas permukaan 106,4 m²/g, memiliki kadar montmorilonit yang lebih besar berturut-turut sebesar 67,2 dan 70,7% dibandingkan pada sampel FJ-3, FL-1 dan FL-2 yaitu sebesar 17,4, 47,4 dan 32,9%. Oleh sebab itu untuk mendapatkan lempung yang baik sebagai BE bagi industri minyak sawit dapat digunakan lempung dengan kadar mineral montmorilonit yang tinggi.

Kata kunci: daya pucat, geokimia, luas permukaan, lempung, minyak sawit, montmorilonit, tanah pemucat.

ABSTRACT

Before palm oil can be consumed, it must be processed through several processes, one of them is purification. To obtain an oil colour corresponds to a certain quality, a bleaching process is required using a bleaching agent or bleaching earth (BE). Material of palm oil purifier is made from clay. Clay is often found in Sukabumi Regency, West Java Province in Jampang Formation Cikarang Member and Lengkung Formation. The purpose of this research is to obtain a geochemical description and to determine the chemical composition of clay minerals in Jampang Formation Cikarang Member and Lengkung Formation and its effect on surface area properties and bleaching performance. This research used five clay samples, three samples from Jampang Formation Cikarang Member and two samples from Lengkung Formation. To obtain geochemical characteristics composition, each sample was analyzed using XRD, SEM and XRF methods, meanwhile, to obtain information on the quality of

palm oil clarifier, surface specific area of the clay was measured using SAA and the color index of the palm oil that had been filtered by each clay sample was measured using the Lovibond Tintometer. The results showed that there was correlation between montmorillonite content to surface area value and bleaching performance of the clay. The larger the surface area of the clay, the higher its bleaching ability for palm oil. In addition, the surface area of the clay is also related to its montmorillonite content. Clay samples with high surface area, namely sample FJ-1 with a surface area of 111.5 m²/g and FJ-2 with a surface area of 106.4 m²/g, have higher montmorillonite content, specifically 67.4 m²/g and 70.7 m²/g compared to samples FJ-3, FL-1, and FL-2, which have montmorillonite contents of 17.4%, 47.4%, and 32.9%. Therefore, to obtain high-quality clay as a bleaching earth (BE) for the palm oil industry, clay with a high montmorillonite mineral content should be used.

Keywords: *bleaching power, geochemical, surface area, clay, palm oil, montmorillonite, bleaching earth.*

PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditi penting bagi perekonomian Indonesia. Kebutuhan minyak kelapa sawit Indonesia pada 2021 sebesar 15,587 juta ton dan diprediksi akan terus meningkat setiap tahunnya (Anjani *et al.*, 2022). Sebelum dapat dikonsumsi, minyak sawit harus diolah terlebih dahulu melalui beberapa proses, salah satunya adalah penjernihan warna pada minyak sawit. Untuk mendapatkan warna minyak yang sesuai dengan spesifikasi kualitas tertentu maka diperlukan proses pemucatan terhadap minyak sawit menggunakan tanah pemucat atau yang biasa disebut *bleaching earth* (BE) sebagai adsorben. Bahan dasar pembuatan BE untuk penjernih minyak sawit di Indonesia sering menggunakan lempung.

Mineral lempung merupakan komponen yang paling banyak pada sedimen, dan dapat ditemukan sebagai penyusun tanah dari kutub hingga ke daerah khatulistiwa (Husain, 2022). Pembentukan mineral lempung dapat terjadi melalui proses alterasi fisika dan kimia, sebagai contoh yaitu mineral ilit dan klorit. Mineral ilit mewakili hidrous mika terbentuk dari muskovit, alterasi muskovit menjadi ilit disebabkan sejumlah K⁺ hilang dari struktur kristal yang diganti oleh molekul air, sehingga menyebabkan kisi-kisinya kurang stabil pada saat proses hancuran berlangsung. Proses menghilangnya K⁺ yang terus menerus dan proses penggantian Al³⁺ oleh Mg²⁺ dalam lapisan Al³⁺ akan menyebabkan terbentuknya montmorilonit. Klorit terbentuk melalui proses alterasi biotit atau mika yang kaya Fe dan Mg. Proses perubahan itu diiringi dengan menghilangnya sejumlah Mg²⁺, K⁺, dan Fe²⁺ (Hardjowigeno, 1985).

Lapisan lempung yang ditemukan biasanya memiliki ketebalan dari beberapa sentimeter hingga belasan meter dengan penyebaran yang cukup luas. Penelitian mengenai manfaat lempung telah banyak dilakukan sebelumnya diantaranya sebagai campuran pewarnaan kain, adsorben, katalis dalam biodiesel, bahan campuran masker dan lumpur pengeboran (Ade Ihsanudin, Mega Fatimah Rosana dan Johannes Hutabarat, 2023).

Di alam, lempung terbagi dalam dua jenis yaitu natrium lempung dan kalsium lempung yang keduanya dapat dibedakan dari sifat mengembang (*swelling*) bila dicelupkan ke dalam air (Susilawati dan Naqiatuddin, 2014). Lempung natrium memiliki ion Na⁺ yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan ion Ca²⁺ dan Mg²⁺. Dilihat secara kasat mata lempung ini mempunyai sifat mengembang apabila dicelupkan ke dalam air hingga delapan kali lipat dari volume semula, sehingga dapat membentuk suspensi bila dilarutkan dalam air serta memiliki pH berkisar 8,5 sampai 9,8 atau bersifat basa. Karena sifat-sifat tersebut maka lempung ini sering digunakan untuk lumpur pengeboran (Satiyawira, 2019). Lempung kalsium atau yang disebut juga Mg,Ca lempung mengandung kalsium (Ca₂O) dan magnesium (MgO) lebih banyak dibandingkan natriumnya, memiliki sifat sedikit menyerap air sehingga apabila didispersikan di dalam air akan mengendap dengan cepat dan tidak membentuk larutan suspensi; bersifat asam dengan pH 4,0 sampai 7,0; serta memiliki daya tukar ion yang besar dan bersifat menyerap. Karena sifat-sifat tersebut maka lempung jenis kalsium baik untuk digunakan sebagai bahan pemucat warna pada minyak (Labaik, 1970). Mineral lempung jenis ini banyak digunakan dalam berbagai industri, salah satunya dalam penjernihan minyak sawit karena memiliki sifat

dapat menyerap (Doloksaribu dan Suaka, 2021).

Lempung jenis kalsium banyak ditemukan di Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat yang terletak di Formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkong. Kedua formasi tersebut berumur Miosen Awal (Martodjodjo, 1984). Objek penelitian adalah lempung pada Formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkong. Berdasarkan (Suherman, 2016) lempung pada formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkong memiliki potensi sebagai penjernih minyak sawit.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh karakteristik komposisi geokimia dan kualitas lempung sebagai penjernih minyak sawit pada Formasi Jampang Anggota Cikarang dan Formasi Lengkong yang terdapat di Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat (Gambar 1).

METODE

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh langsung dari observasi lapangan. Sampel lempung yang diambil mewakili masing-masing lapisan untuk keperluan analisis (Gambar 2). Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak lima sampel lempung, yaitu tiga sampel dari Formasi Jampang Anggota Cikarang (FJ-1; FJ-2 dan FJ-3) dan dua sampel dari Formasi Lengkong (FL-1 dan FL-2). Untuk memperoleh karakteristik komposisi geokimia, setiap sampel dianalisis menggunakan metode *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *X-ray Fluorescence* (XRF). Selanjutnya untuk mengetahui kualitas lempung sebagai penjernih minyak sawit, terhadap sampel lempung dilakukan pengukuran luas permukaan spesifik (*specific surface area/SSA*) menggunakan alat *Surface Area Analyzer* (SAA), sedangkan daya pucat lempung terhadap minyak sawit dapat diketahui dengan mengukur intensitas warna minyak sawit yang telah disaring oleh masing-masing sampel lempung menggunakan alat Lovibond Tintometer.

Karakterisasi mineral lempung cukup sulit dilakukan karena memiliki komposisi kimia dan struktur yang beragam. XRD adalah salah satu metode yang digunakan untuk

mengetahui jenis mineral lempung beserta mineral lainnya secara kuantitatif (Belghazdis dan Hachem, 2022). Analisis SEM adalah suatu metode untuk mengetahui gambaran struktur permukaan mineral dengan menggunakan pemindai mikroskop yang dilengkapi dengan sistem analisis energi mikrodispersif (Jozanikohan et al., 2015). XRF digunakan untuk menganalisis kandungan unsur utama dan unsur lainnya dalam sampel lempung. XRF merupakan instrumen analitik terkontrol yang dirancang untuk deteksi dan pengukuran unsur-unsur dalam sampel berbentuk padatan, serbuk atau cairan (Aroke dan El-Nafaty, 2014).

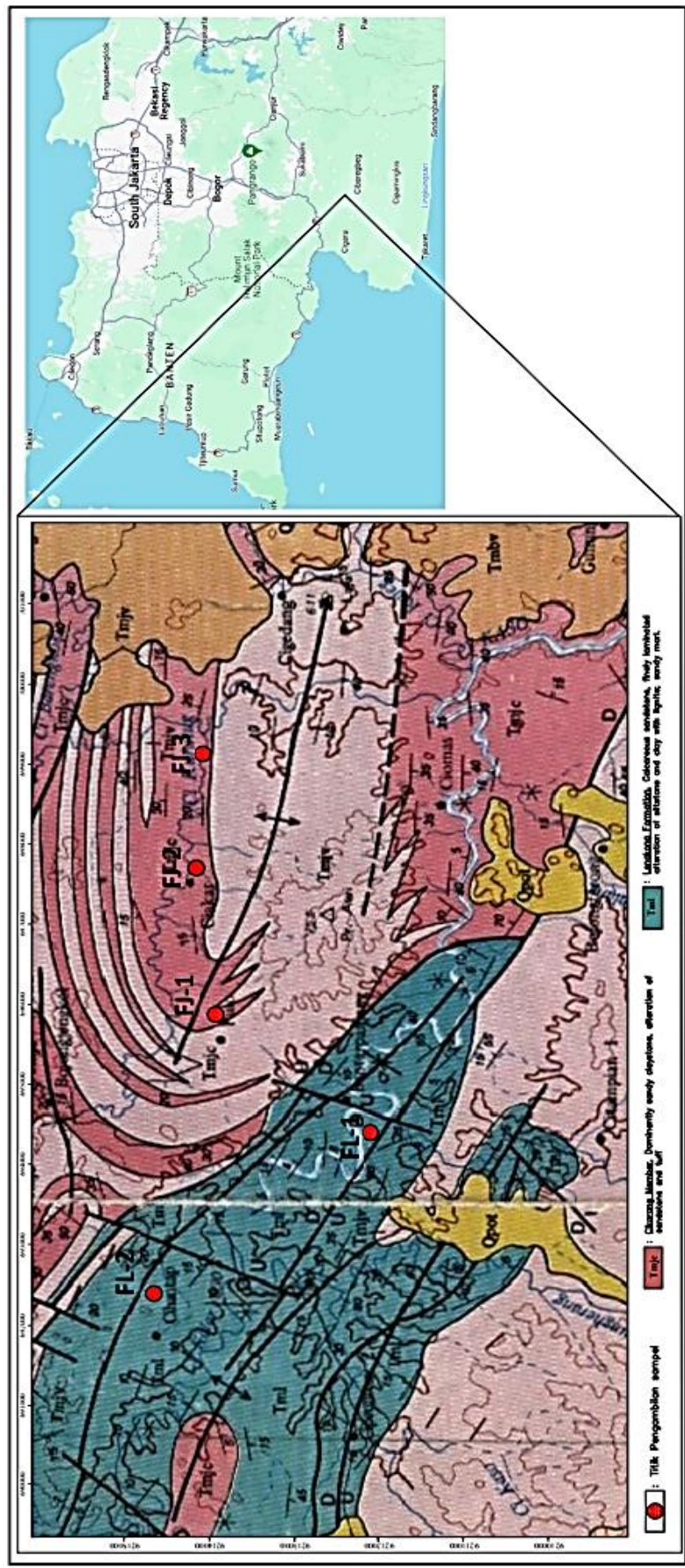
Analisis SSA adalah suatu metode untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material, dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu sampel. Dalam penelitian ini, objek pengukuran adalah luas permukaan mineral lempung dari setiap sampel. Lovibond Tintometer adalah alat untuk mengukur intensitas warna atau kekeruhan pada suatu larutan. Dalam penelitian ini, objek yang diukur adalah kekeruhan minyak sawit setelah disaring oleh masing-masing sampel lempung yang nilainya kemudian dibandingkan terhadap nilai warna tipe minyak tertentu. Bila nilai warna dari minyak yang sudah disaring oleh sampel lempung bernilai positif maka lempung tersebut dapat digunakan sebagai penjernih minyak sawit.

Analisis XRD dan SEM dilakukan di laboratorium BBPMB tekMIRA, Bandung sedangkan analisis XRF dilakukan di laboratorium PSDMBP, Bandung. Analisis SAA dan pengukuran indeks warna minyak menggunakan Lovibond Tintometer dilakukan di laboratorium milik PT. Clariant Adsorbents Indonesia, Sukabumi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi XRD

Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat dari grafik yang menunjukkan data kuantitas mineral pada setiap sampel lempung (Gambar 3). Ketinggian dari setiap grafik menunjukkan identitas mineral yang terdapat pada sampel dan memperlihatkan bahwa seluruh sampel mengandung mineral montmorilonit dan mineral kuarsa.

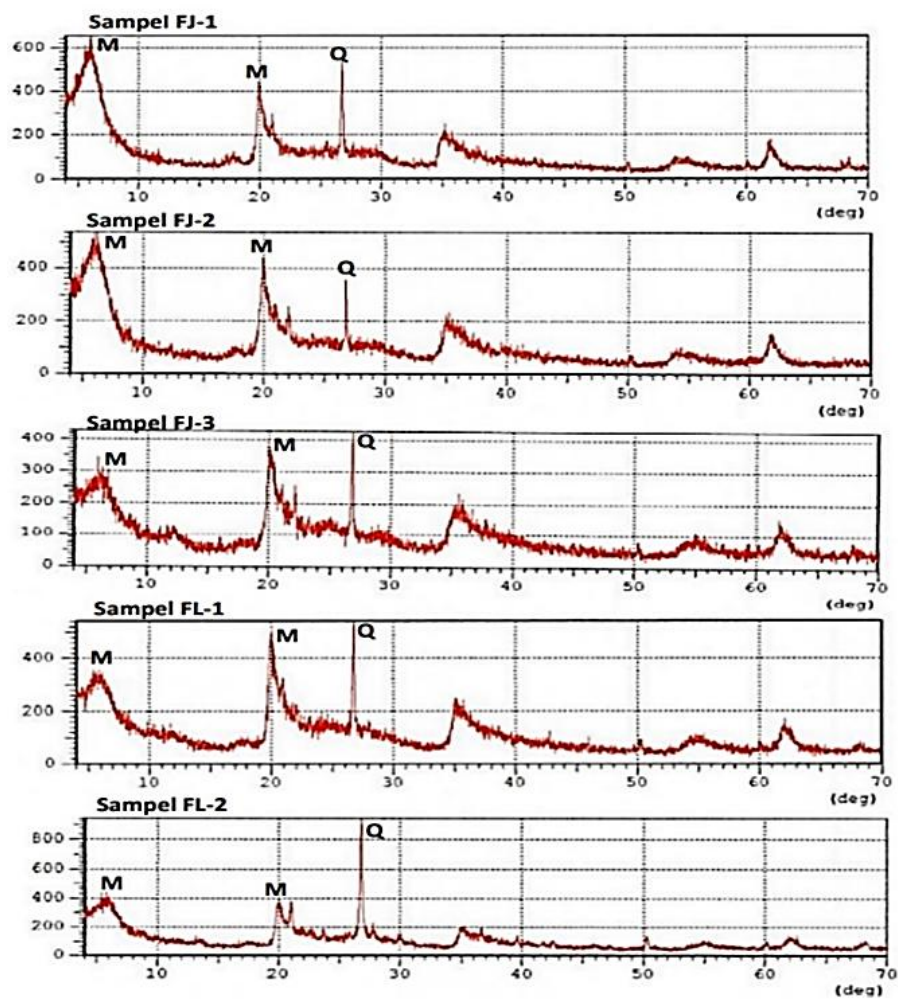


Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Sumber: Sukanto (1975)



Gambar 2. Singkapan batulempung pada Formasi Jampang Anggota Cikarang



Gambar 3. Grafik XRD sample FJ-1, FJ-2, FJ-3, FL-1 dan FL-2 menunjukkan peak mineral montmorilonit (M) dan mineral kuarsa (Q)

Dari hasil karakterisasi XRD dilakukan analisis kuantitatif dengan cara pencocokan (*search match*) sesuai dengan *database software* untuk mengetahui komposisi mineral yang terdapat pada sampel (Tabel 1). Sampel FJ-1 dan FJ-2 memiliki mineral montmorilonit yang lebih besar dibanding mineral kuarsa. Sampel FJ-3 mengandung mineral haloisit cukup tinggi. Haloisit adalah mineral lempung yang terbentuk pada lingkungan dengan drainase baik (Husain, 2022). Sampel FL-1 memiliki mineral montmorilonit dan mineral kuarsa dengan jumlah hampir berimbang. Sample FL-2 memiliki mineral kuarsa yang lebih tinggi daripada mineral montmorilonit.

Karakterisasi SEM

Karakterisasi SEM pada seluruh sampel dengan perbesaran 105x memperlihatkan gambaran besar butir mineral cukup homogen. Hasil karakterisasi SEM untuk sampel FJ-1 disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4a merupakan morfologi mineral pada sampel FJ-1, menunjukkan besar butir mineral yang homogen, sedangkan pada Gambar 4b merupakan persebaran unsur berdasarkan pola

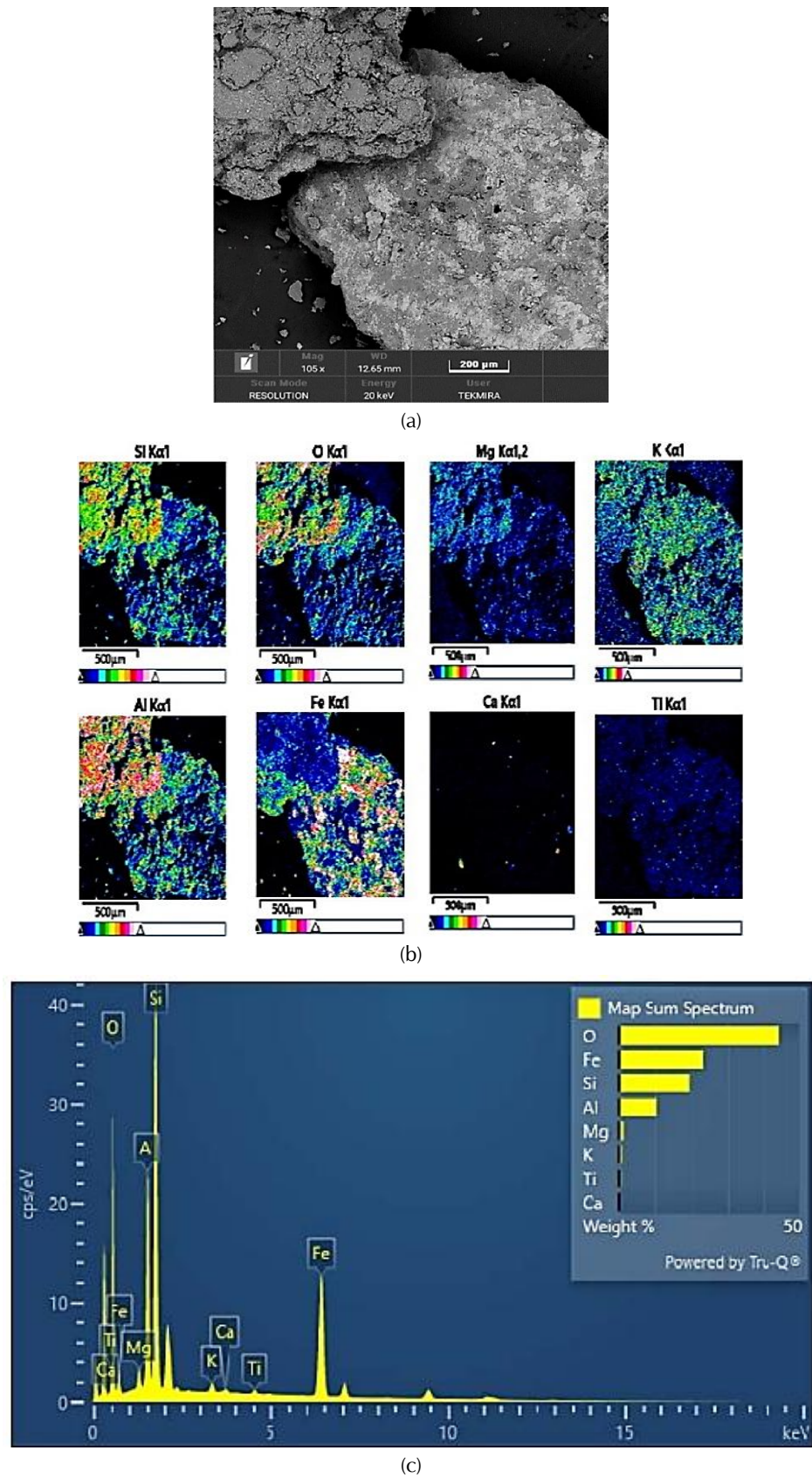
mapping dengan warna terang menunjukkan bahwa keberadaan unsur cukup tinggi. Terlihat bahwa unsur yang dominan adalah O, Fe, Si, Al, Mg, K, Ti, dan Ca yang ditunjukkan oleh grafik kualitatif pada Gambar 4c. Data semi kuantitatif dari setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 2. Seluruh sampel memiliki unsur O, Fe, Si, Al, MG, K, Ti, dan Ca dengan persentase yang hampir sama, kecuali pada sampel FJ-3, ditemukan juga unsur Mn dengan nilai yang kecil yaitu 0,61 %. Mn merupakan unsur yang bersifat *semi-mobile* dan mudah larut (Thorffata, Sutarto dan Soesilo, 2022). Hadirnya unsur Mn pada sampel FJ-3 mengindikasikan bahwa sampel FJ-3 telah mengalami pelapukan yang lebih intensif dibandingkan dengan sampel lainnya.

Karakterisasi XRF

Dari hasil karakterisasi XRF seluruh sampel baik dari Formasi Jampang Anggota Cikarang maupun Formasi Lengkon memiliki unsur senyawa yang dominan yaitu senyawa silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3) dan mangan oksida (MgO) yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Komposisi mineral hasil karakterisasi XRD

Kode sampel	Identifikasi fase mineral	Rumus kimia mineral	Analisis kuantitatif (%)	Toleransi kesalahan (%)
FJ-1	Montmorilonit	$(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}).n\text{H}_2\text{O}$	67,2	0,87
	Kuarsa	SiO_2	32,8	0,87
FJ-2	Montmorilonit	$(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}).n\text{H}_2\text{O}$	70,7	1,47
	Kuarsa	SiO_2	20,7	1,25
	Kristobalit	SiO_2	8,6	1,18
FJ-3	Haloisit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	49,2	1,13
	Kuarsa	SiO_2	18,4	0,74
	Montmorilonit	$(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}).n\text{H}_2\text{O}$	17,4	0,84
	Kristobalit	SiO_2	7,8	0,63
	Magnetit	Fe_3O_4	7,1	0,58
FL-1	Montmorilonit	$(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}).n\text{H}_2\text{O}$	47,4	1,63
	Kuarsa	SiO_2	45,2	1,59
	Kristobalit	SiO_2	7,4	1,49
FL-2	Kuarsa	SiO_2	59,4	1,76
	Montmorilonit	$(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}).n\text{H}_2\text{O}$	32,9	1,19
	Magnetit	Fe_3O_4	6,1	0,69
	Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	1,6	2,55



Gambar 4. Hasil karakterisasi SEM pada sampel FJ-1
(a) Morfologi mineral; (b) Pola *mapping* persebaran unsur; (c) Grafik kualitatif unsur

Tabel 2. Data semi kuantitatif unsur sampel hasil karakterisasi SEM

Sampel	FJ-1		FJ-2		FJ-3		FL-1		FL-2	
Elemen	Wt %	Wt % Sigma	Wt %	Wt % Sigma	Wt %	Wt % Sigma	Wt %	Wt % Sigma	Wt %	Wt % Sigma
O	44,48	0,06	49,14	0,07	43,76	0,07	58,12	0,05	54,66	0,07
Mg	1,18	0,01	1,60	0,02	1,33	0,02	1,41	0,01	1,39	0,02
Al	10,47	0,02	11,18	0,03	12,48	0,03	12,83	0,02	11,58	0,03
Si	19,29	0,03	23,78	0,04	21,45	0,04	23,29	0,03	25,60	0,05
K	0,61	0,01	0,82	0,01	0,15	0,01	0,30	0,01	1,16	0,02
Ca	0,26	0,01	0,32	0,01	0,07	0,01	0,25	0,01	0,37	0,01
Ti	0,38	0,01	0,54	0,02	0,64	0,02	0,31	0,01	0,37	0,02
Fe	23,33	0,04	12,62	0,04	19,51	0,05	3,49	0,02	4,87	0,04
Mn					0,61	0,02				
Total	100,00		100,00		100,00		100,00		100,00	

Tabel 3. Kuantitas komposisi senyawa mineral hasil karakterisasi XRF

Kode Sample	Parameter												
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	MnO (%)	SO ₃ (%)	HD (%)	H ₂ O (%)
FJ-1	45,71	20,33	8,95	2,24	0,22	0,01	0,53	0,81	0,07	0,02	0,01	20,73	13,17
FJ-2	50,75	25,18	6,51	2,33	0,46	0,04	0,48	0,49	0,07	0,03	0,01	14,52	5,62
FJ-3	44,5	24,86	11,03	1,94	0,13	0,02	0,1	0,91	0,04	0,08	0,00	17,29	7,65
FL-1	47,66	19,36	10,73	3,06	0,13	0,02	0,16	0,91	0,04	0,03	0,01	18,73	10,42
FL-2	53,81	20,21	7,54	2,24	0,63	0,07	1,34	0,53	0,14	0,01	0,01	12,61	5,41

Data Luas Permukaan dan Daya Pucat Sampel Lempung

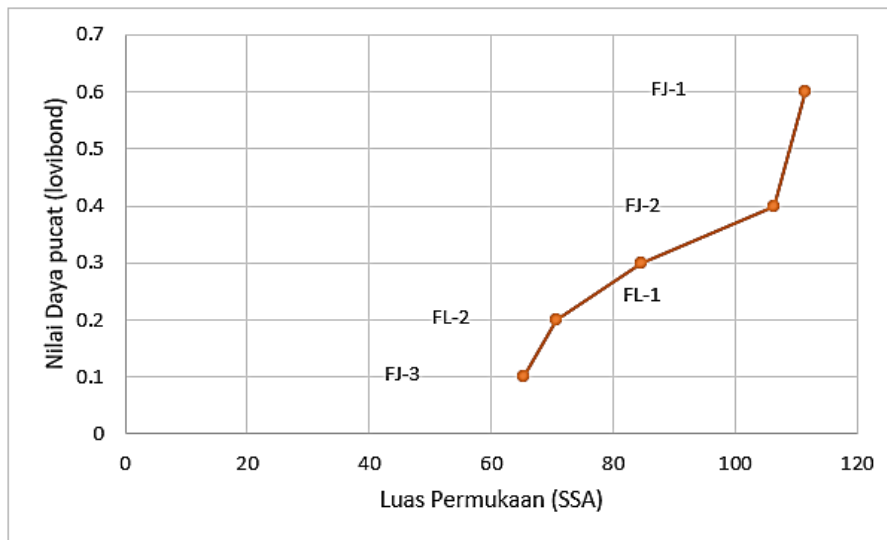
Dari hasil pengukuran nilai luas permukaan diperoleh nilai yang bervariasi dari setiap sampel, begitu pula nilai indeks warna yang dibaca oleh Lovibond Tintometer menunjukkan setiap sampel memiliki nilai indeks warna yang berbeda (Tabel 4). Semakin besar nilai indeks warna pada minyak semakin baik daya pucat yang dimiliki oleh sampel lempung. Hasil dari kedua pengukuran tersebut memperlihatkan bahwa nilai luas permukaan lempung berbanding lurus terhadap daya pucat (Gambar 5).

Selain itu nilai luas permukaan lempung juga berhubungan dengan kandungan montmorilonit (Tabel 1). Sampel lempung dengan nilai luas permukaan yang tinggi yaitu sampel FJ-1 dan FJ-2 juga memiliki kandungan montmorilonit yang tinggi. Luas permukaan sampel FJ-1 dan FJ-2 berturut-turut sebesar

111,5 m²/g dan 106,4 m²/g, lebih tinggi dibandingkan pada sampel FJ-3, FL-1 dan FL-2 yaitu sebesar 65,4, 84,7, dan 70,7 m²/g. Begitu juga dengan kadar montmorilonit sampel FJ-1 dan FJ-2 berturut-turut sebesar 67,2 dan 70,7%, lebih besar dibandingkan pada sampel FJ-3, FL-1 dan FL-2 yaitu sebesar 17,4, 47,4 dan 32,9%, sedangkan untuk hubungan luas permukaan dengan hasil karakterisasi XRF dan SEM, komposisi SiO₂ dan Al₂O₃ dari setiap sampel tidak dapat mengindikasikan sampel mana yang memiliki luas permukaan lebih besar.

Tabel 4. Data luas permukaan dan indeks warna

No	Sampel	Luas permukaan (m ² /g)	Indeks warna
1	FJ-1	111,5	0,6
2	FJ-2	106,4	0,4
3	FJ-3	65,4	0,3
4	FL-1	84,7	0,2
5	FL-2	70,7	0,1



Gambar 5. Grafik korelasi luas permukaan dan nilai daya pucat sampel lempung

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Clariant Adsorbent Indonesia yang telah mendukung penelitian ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Ihsanudin, Mega Fatimah Rosana dan Johannes Hutabarat (2023) "Delineasi potensi bentonit menggunakan metoda geolistrik di Desa Sekarwangi, Kecamatan Curugbitung, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten," *Buletin Sumber Daya Geologi*, 18(1), hal. 1–13. Tersedia pada: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v18i1.378>.
- Anjani, I.G., Saputri, A.B., Armeira, A.N.P. dan Januarita, D. (2022) "Analisis konsumsi dan produksi minyak kelapa sawit di Indonesia dengan menerapkan metode moving average," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), hal. 1014. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4506>.
- Aroke, U.O. dan El-Nafaty, U.A. (2014) "XRF, XRD and FTIR properties and characterization of HDTMA-Br surface modified organo-kaolinite clay," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(4), hal. 817–825.
- Belghazdis, M. dan Hachem, E.-K. (2022) "Clay and clay minerals: A detailed review," *International Journal of Recent Technology and Applied Science*, 4(2), hal. 54–75. Tersedia pada: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijortas-0402.367>.
- Doloksaribu, F. dan Suaka, I.Y. (2021) "Penjernihan minyak berbasis sains terapan melalui adsorpsi lempung montmorilonit pada waste oil yang beredar di Jayapura," *Jurnal Abmas*, 19(1), hal. 14–20. Tersedia pada: <https://doi.org/10.17509/abmas.v19i1.36463>.
- Hardjowigeno, S. (1985) *Genesis dan klasifikasi tanah*. Bogor: Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Husain, R. (2022) "The influence of clay minerals on soil plasticity (Case study on weathering of claystone)," *International Journal of Engineering and Science Applications*, 9(2), hal. 49–54.
- Jozanikohan, G., Sahabi, F., Norouzi, G.H. dan Memarian, H. (2015) "Thermal analysis: A complementary method to study the Shurijeh clay minerals," *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, 49(1), hal. 33–45. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.22059/ijmge.2015.54362>.
- Labaik, G. (1970) "Kajian terhadap bentonit di Kabupaten Tasikmalaya dan kemungkinannya dijadikan bahan pembersih minyak sawit (CPO)," *Buletin Sumber Daya Geologi*, 1(1), hal. 38–42. Tersedia pada: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v1i1.194>.

- Martodjodjo, S. (1984) *Evolusi cekungan Bogor Jawa Barat*. Bandung: Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Satiyawira, B. (2019) "Pengaruh temperatur terhadap sifat fisik sistem low solid mud dengan penambahan aditif biopolimer dan bentonite extender," *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 7(4), hal. 144–151. Tersedia pada:
<https://doi.org/10.25105/petro.v7i4.4282>.
- Suherman, A. (2016) *Genesis mineral lempung bentonit pada Daerah Cimang, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat*. Universitas Trisakti.
- Sukamto (1975) *Peta geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa*. Bandung.
- Susilawati dan Naqiatuddin, N.A. (2014) "Chemical activation of bentonite clay and its adsorption properties of methylene blue," *Jurnal Natural*, 14(2), hal. 7–12.
- Thorffata, D.S., Sutarto dan Soesilo, J. (2022) "Geologi dan karakteristik batuan dasar terhadap endapan nikel laterit di Daerah Watupari, Kecamatan Routa, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara," *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 9(1), hal. 110–117.