

IDENTIFIKASI UNSUR TANAH LITOSOL DENGAN METODE XRF (X-RAY FLUORESCENCE) DAN FTIR (FOURIER TRANSFORM INFRA RED) BERDASARKAN TITIK ELEVASI DI DESA SAMANGKI KECAMATAN SIMBANG KABUPATEN MAROS

Jumardin¹, Andi Syam Rizal², Minarti³, Abdul Munim Thariq⁴, Nurhafida Turayni⁵, Wahyullah⁶

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar ^{1,2,3,4,5} Universitas Indonesia Timur dan Universitas Hasanuddin⁶
jumardin.jumardin@uin-alauddin.ac.id

Abstract: Identification of Litosol Soil Elements with the XRF (X-Ray Fluorescence) and FTIR (Fourier Transform Infrared) Methods Based on Elevation Points in Samangki Village, Simbang District, Maros Regency. XRF method to determine elemental content and FTIR test to determine the nature of chemical compounds (functional groups) of Litosol soil at the slope (elevation angle) and the distance of the research trajectory lines. The identified elemental levels are Fe, Si, Ti, K, Mn and Ca. Fe represents the highest elemental content value for each research path. Fe for paths (1-2) are 23.82 % and 37.69 %, tracks (5-6) are 23.11 % and 37.47 %, and paths (9-10) are 40.44 % and 33.99 % at different elevation angles. The lowest element level is Ca. The value of Ca for each track is 0.24 % and 0.66 % (1-2), 0.28 % and 0.30 % (5-6) and 0.27 % and 0.62 % (9-10) for each different elevation angle. The FTIR method to determine functional groups (chemical compounds) uses the same parameters as the XRF method. The O-H functional groups were detected at wave numbers 3698.31 cm^{-1} and 3620.34 cm^{-1} with the theoretical accuracy ranges of 3700-3000 cm^{-1} and 3590-3650 cm^{-1} . The C=C which is a double bond functional group was detected at wave number 1640.8 cm^{-1} in the theoretical range of 1610-1680 cm^{-1} . The C-H functional group on each track was detected in three different types of wave numbers with values of 908.99 cm^{-1} , 786.86 cm^{-1} and 746 cm^{-1} , respectively. The range of wave number accuracy for C-H is 690-900 cm^{-1} .

keywords: Elevation, FTIR, Litosol Soil, XRF

Abstrak: Identifikasi Unsur Tanah Litosol dengan Metode XRF (X-Ray Fluorescence) dan FTIR (Fourier Transform Infra Red) Berdasarkan Titik Elevasi di Desa Samangki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros. Metode XRF untuk menentukan kadar unsur dan uji FTIR untuk mengetahui sifat senyawa kimia (gugus fungsi) tanah Litosol pada kemiringan (sudut elevasi) dan jarak garis lintasan penelitian. Kadar unsur yang teridentifikasi adalah Fe, Si, Ti, K, Mn dan Ca. Fe mempresentasikan nilai kadar unsur paling banyak untuk masing-masing lintasan penelitian. Fe untuk lintasan (1-2) adalah 23.82 % dan 37.69 %, lintasan (5-6) adalah 23.11 % dan 37.47 %, lintasan (9-10) adalah 40.44 % dan 33.99 % pada sudut elevasi yang berbeda. Kadar unsur terendah adalah Ca. Nilai

Ca untuk masing-masing lintasan adalah 0.24 % dan 0.66 % (1-2), 0.28 % dan 0.30 % (5-6) dan 0.27 % dan 0.62 % (9-10) untuk masing-masing sudut elevasi yang berbeda. Metode FTIR untuk menentukan gugus fungsi (senyawa kimia) menggunakan parameter yang sama pada metode XRF. Gugus fungsi O-H terdeteksi pada bilangan gelombang 3698.31cm^{-1} dan 3620.34cm^{-1} dengan rentang akurasi teoritik adalah $3700\text{-}3000\text{cm}^{-1}$ dan $3590\text{-}3650\text{cm}^{-1}$. C=C yang merupakan gugus fungsi ikatan rangkap dua terdeteksi pada bilangan gelombang 1640.8cm^{-1} pada rentang teoritik $1610\text{-}1680\text{cm}^{-1}$. Gugus fungsi C-H pada masing-masing lintasan terdeteksi pada tiga jenis bilangan gelombang yang berbeda dengan nilai berturut-turut 908.99cm^{-1} , 786.86cm^{-1} dan 746cm^{-1} . Nilai rentang akurasi bilangan gelombang untuk C-H adalah $690\text{-}900\text{cm}^{-1}$.

Kata kunci: Elevasi, FTIR, Tanah Litosol, XRF

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan makhluk hidup dan dasar bagi semua organisme yang ada di bumi. Beberapa jenis tanah yang dapat kita temukan adalah tanah lempung (Rendana et al., 2021), tanah humus (Harada, 1957), tanah kapur (Ameyu, 2019), tanah aluvial (Yatno et al., 2016), tanah podsol (Kitagawa, 2005), tanah andosol (Anda & Dahlgren, 2020), tanah antisol (Gama et al., 2018), tanah Litosol dan lain-lain. Tanah Litosol merupakan salah satu jenis tanah yang terdapat di Indonesia. Tanah Litosol adalah jenis tanah yang berbatu-batu dengan lapisan tanah yang tidak terlalu tebal (Yoshino et al., 2015).

Tanah Litosol terbentuk dari batuan beku yang berasal dari proses meletusnya gunung merapi dan sedimen keras dengan pelapukan kimia (bantuan organisme hidup) (Cahyana et al., 2021) dan fisika (bantuan sinar matahari dan hujan) (Jaya & Rijal, 2020) yang belum sempurna. Tanah Litosol merupakan jenis tanah yang belum lama mengalami pelapukan dan perkembangan sehingga bahan induknya dangkal dan sering terlihat di permukaan sebagai batuan padat.

Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada musim hujan dengan curah hujan berkuantitas tinggi. Di awal tahun 2021, jalur yang dilewati pengendara dari

Makassar ke Bone telah terjadi longsor, tepatnya di Desa Samangki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros sekitar *fly over*. Berdasarkan peta lokasi penelitian, jenis tanah yang teridentifikasi adalah tanah Litosol. Jenis tanah tersebut akan dianalisis kandungan unsur-unsurnya sehingga akan memberikan informasi terkait unsur dan gugus fungsi senyawa kimia pada kemiringan perbukitan di Desa tersebut.

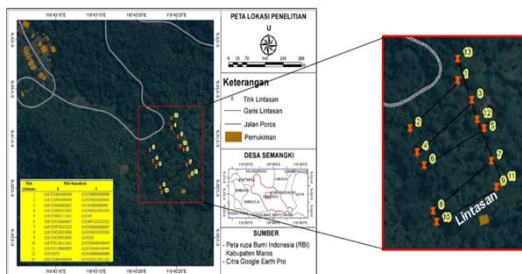
Tanah Litosol memiliki kandungan unsur tersendiri. Kandungan unsur yang dimiliki tanah Litosol adalah unsur hara (Suroyo et al., 2013). Namun unsur hara yang dimiliki oleh tanah tersebut adalah jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan jenis tanah yang lain, sehingga menyebabkan tanah Litosol bukan merupakan jenis tanah yang subur dengan kandungan unsur-unsur hara untuk pertumbuhan tanaman (Widowati & Kolambani, 2022). Metode XRF dan FTIR adalah salah satu cara untuk mendeteksi beberapa jenis unsur dan gugus fungsi senyawa kimia tanah Litosol (Damanik et al., 2021). Metode tersebut telah banyak dilakukan untuk identifikasi jenis unsur tanah dan bahan yang berbentuk padatan dan cair (Namira et al., 2021).

Penelitian ini menggunakan XRF sebagai alat untuk identifikasi berbagai jenis unsur hara dan FTIR untuk identifikasi gugus fungsi kimia tanah Litosol. Metode pengambilan sampel tanah Litosol menggunakan titik koordinat berdasarkan kemiringan lintasan garis lokasi penelitian dan kedalaman tertentu dari permukaan tanah. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui

beberapa jenis unsur hara, sifat gugus fungsi senyawa kimia tanah Litosol serta perubahan jumlah unsur hara tersebut oleh kemiringan titik koordinat yang berbeda pada lokasi penelitian.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan metode *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi unsur dan komponen kimia jenis tanah Litosol dengan mengukur masing-masing sampel pada titik koordinat dan sudut elevasi tertinggi dan terendah pada garis lintasan (1-2), (5-6), dan (9-10) (gambar 1).



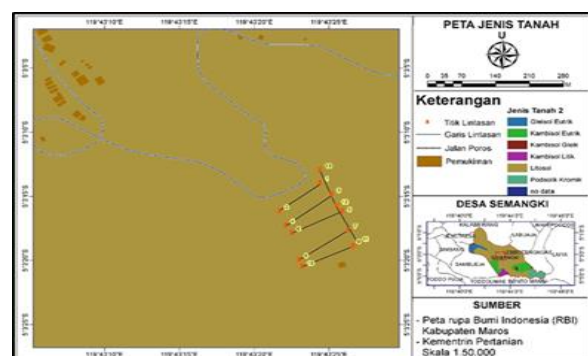
Gambar 1. Peta dan garis lintasan lokasi penelitian berdasarkan titik koordinat

Peralatan yang digunakan adalah GPS (*Global Positioning System-GPS Map 78s*), meteran (0-120 meter), FTIR (*Thermo Scientific Nicolet iS10*), XRF (*Thermo Fisher Scientific*), oven, linggis, timbangan sampel tanah, ayakan (*Mesh-Restch*). Bahan adalah tanah jenis Litosol yang di peroleh dari Desa Samangki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. Penentuan titik koordinat dan pengambilan sampel tanah Litosol ditentukan berdasarkan garis lintasan penelitian dan pengukuran titik koordinat menggunakan GPS yang diperlihatkan pada tabel 1.

Tahap pertama adalah menentukan titik koordinat garis lintasan (1-2) dari jarak 0 sampai 120 meter. Selanjutnya mengukur masing-masing titik koordinat mulai jarak 0 sampai 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, dan 120 meter. Titik koordinat untuk garis lintasan (1-2), (5-6) dan (9-10) dilakukan pengambilan titik koordinat dengan metode yang sama. Jarak masing-masing garis lintasan (1-2), (5-6) dan (9-10) adalah 50 meter. Hasil pengukuran titik koordinat untuk garis lintasan dapat di lihat pada

tabel 1. Tahap kedua adalah pengambilan sampel tanah pada masing-masing titik koordinat dan sudut elevasi tertinggi dan terendah yang terdata pada hasil pengukuran GPS. Warna kuning pada tabel 1 merupakan titik koordinat dan sudut elevasi rendah, sedangkan warna hijau adalah titik koordinat dan sudut elevasi tinggi pada masing-masing garis lintasan. Tanah digali menggunakan peralatan linggis pada kedalaman 10-50 cm di lokasi titik koordinat. Hasil penggalian tanah dimasukkan kedalam plastik sampel tanah dan diberikan penanda untuk uji karakteristik unsur dan gugus fungsi kimia menggunakan XRF (Declercq et al., 2019) dan FTIR (Margenot et al., 2016).

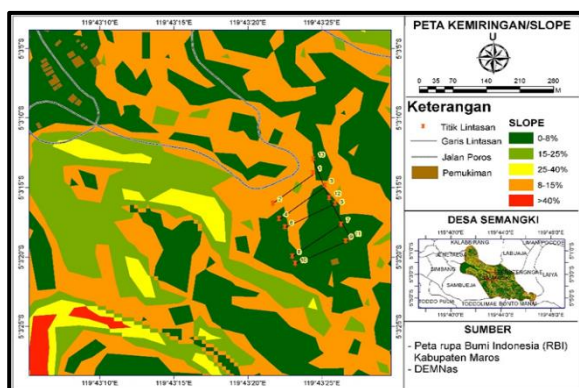
Tahap ketiga penelitian adalah metode pengukuran dan karakterisasi tanah Litosol menggunakan XRF dan FTIR. Masing-masing sampel tanah yang telah di ambil dari lokasi penelitian dikeringkan dan diuapkan untuk menghilangkan kadar air menggunakan oven dengan suhu 50 °C selama selama 15 menit . (Rahmaniah et al., 2020). Selanjutnya tanah di ayak (*Mesh-Restch*) menggunakan ukuran 100 mesh masing-masing sampel dan menghasilkan bentuk serbuk (padatan). Kemudian melakukan pengukuran gugus fungsi kimia dan kandungan unsur untuk masing-masing sampel tanah Litosol yang di ambil dari titik koordinat dan sudut elevasi tinggi (hijau) dan rendah (kuning) pada tabel 1 serta *slope* peta kemiringan lereng lokasi penelitian. Kemiringan lereng pengambilan titik sampel adalah 0-15% (gambar 3). Peta jenis tanah lokasi penelitian terlihat pada gambar 2 berdasarkan titik pengukuran sudut elevasi dan kemiringan lahan.



Gambar 2. Peta jenis tanah lokasi penelitian.

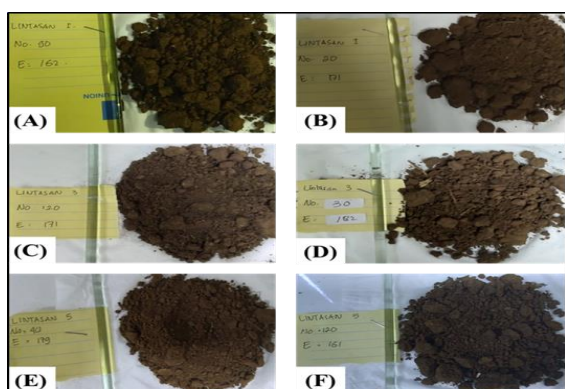
Tabel 1. Pengukuran titik koordinat GPS berdasarkan jarak (0-120) meter pada garis lintasan

No	Garis Lintasan (meter)	Titik Lintasan (1-2)			Titik Lintasan (5-6)			Titik Lintasan (9-10)		
		Titik koordinat			Titik koordinat			Titik koordinat		
		Bujur Timur	Lintan g Selatan	Sudut Elevasi	Bujur Timur	Lintan g Selatan	Sudut Elevasi	Bujur Timur	Lintan g Selatan	Sudut Elevasi
1	0-0	119° 43'24.4"	05° 03'14.0"	170°	119° 43'25.9"	05° 03'16.2"	177°	119° 43'26.6"	05° 03'18.9"	175°
2	0-10	119° 43'24.4"	05° 03'14.0"	170°	119° 43'25.7"	05° 03'16.5"	177°	119° 43'26.3"	05° 03'18.9"	177°
3	0-20	119° 43'24.2"	05° 03'14.2"	171°	119° 43'25.7"	05° 03'16.6"	179°	119° 43'25.8"	05° 03'19.2"	176°
4	0-30	119° 43'24.0"	05° 03'14.4"	164°	119° 43'25.2"	05° 03'16.7"	182°	119° 43'25.6"	05° 03'19.3"	170°
5	0-40	119° 43'23.5"	05° 03'14.4"	166°	119° 43'24.9"	05° 03'17.0"	180°	119° 43'25.2"	05° 03'19.5"	179°
6	0-50	119° 43'23.4"	05° 03'14.4"	166°	119° 43'24.8"	05° 03'17.1"	176°	119° 43'24.9"	05° 03'19.4"	177°
7	0-60	119° 43'23.2"	05° 03'14.7"	166°	119° 43'24.2"	05° 03'17.0"	179°	119° 43'24.7"	05° 03'19.7"	174°
8	0-70	119° 43'22.9"	05° 03'15.0"	166°	119° 43'24.2"	05° 03'17.2"	177°	119° 43'24.4"	05° 03'19.9"	172°
9	0-80	119° 43'22.8"	05° 03'15.5"	163°	119° 43'23.6"	05° 03'17.4"	180°	119° 43'24.7"	05° 03'20.4"	169°
10	0-90	119° 43'22.5"	05° 03'15.6"	162°	119° 43'23.3"	05° 03'17.5"	181°	119° 43'24.1"	05° 03'20.3"	166°
11	0-100	119° 43'22.1"	05° 03'15.8"	165°	119° 43'23.1"	05° 03'17.5"	178°	119° 43'23.8"	05° 03'20.5"	165°
12	0-110	119° 43'21.9"	05° 03'16.0"	166°	119° 43'22.7"	05° 03'17.7"	175°	119° 43'23.5"	05° 03'20.5"	163°
13	0-120	119° 43'21.7"	05° 03'16.2"	164°	119° 43'22.5"	05° 03'17.9"	171°	119° 43'23.2"	05° 03'20.5"	161°



Gambar 3. Peta kemiringan (slope) lereng lokasi penelitian

Gambar 2 dan 3 adalah peta jenis tanah dan kelas lereng (kemiringan) dibuat dengan menggunakan perangkat *software ArcGIS 10.4*. Peta jenis tanah berdasarkan skala 1:50000 dan di overlay dengan titik lintasan di lokasi penelitian dengan cara mengklafikasi lereng yang telah ditetapkan berdasarkan kategori pemrosesan *reclassfy DEMNas*. Kategori tersebut adalah kelas 0-8% (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 25-40% (curam) dan >40% (sangat curam). Hasil kelerengan di *overlay* dengan masing-masing titik lintasan di lokasi penelitian. Gambar 2 merepresentasikan jenis tanah pada lintasan lokasi penelitian sedangkan gambar 3 merupakan kemiringan lereng pada lokasi penelitian.



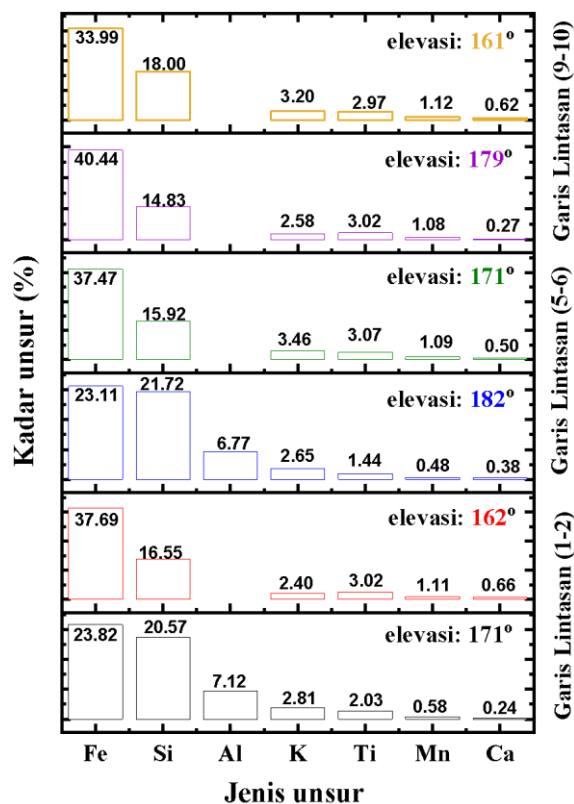
Gambar 4. A, B, C, D, E dan F adalah jenis tanah Litosol berdasarkan lintasan, sudut elevasi dan jarak pengambilan sampel

Gambar 4 merupakan bentuk morfologi jenis tanah Litosol yang diambil berdasarkan sudut elevasi tinggi dan rendah serta lintasan dan jarak dari titik nol meter. Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri

Alauddin Makassar dan uji XRF di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains Universitas Hasanuddin. Sampel tanah dalam bentuk padatan yang telah di oven (diuapkan) dan di ayak (*mesh*) dikelompokkan masing-masing ke dalam plastik sampel tanah untuk pengukuran. Hasil pengukuran sampel tersebut akan terinterpretasi pada grafik kandungan kadar unsur terhadap titik lokasi garis lintasan serta sudut elevasi penelitian.

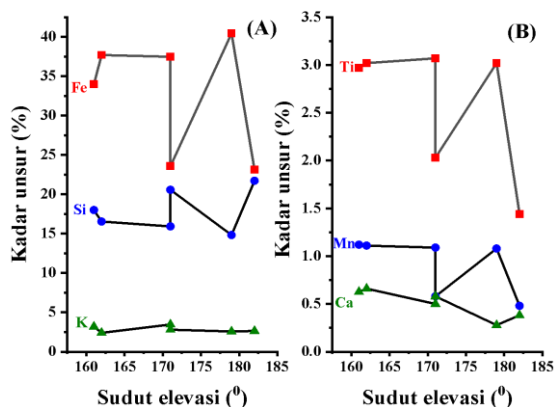
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kandungan unsur-unsur dalam jenis tanah Litosol berdasarkan sudut elevasi, titik koordinat dan lintasan pemetaan geolistrik dapat diketahui pada grafik histogram. Hasil analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar X (*X-Ray*) karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek foto listrik. Berdasarkan hasil uji tersebut masing-masing sampel yang diteliti mempunyai komponen penyusun yang berbeda-beda (gambar 5).



Gambar 5. Kadar dan jenis unsur tanah Litosol.

Terlihat bahwa tanah di pegunungan Samangki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros mengandung beberapa unsur logam yang didominasi oleh Besi (Fe) untuk lintasan 1-2 (23,82%) pada elevasi 171⁰ dan (37.69%) pada elevasi 162⁰. Pada lintasan 5-6 terdapat (Fe) sebesar (23.11%) untuk elevasi 182⁰ dan (37.47%) untuk elevasi 171⁰, sedangkan lintasan 9-10 terlihat elevasi sebesar 179⁰ dengan kandungan komposisi unsur (40.44%) dan untuk elevasi 1610 sebesar (33.99%). Beberapa unsur dalam jumlah besar juga terdeteksi pada masing-masing lintasan dengan sudut elevasi yang berbeda, seperti Silika (Si), Titanium (Ti), Kalium (K), Mangan (Mn) dan Calsium (Ca).

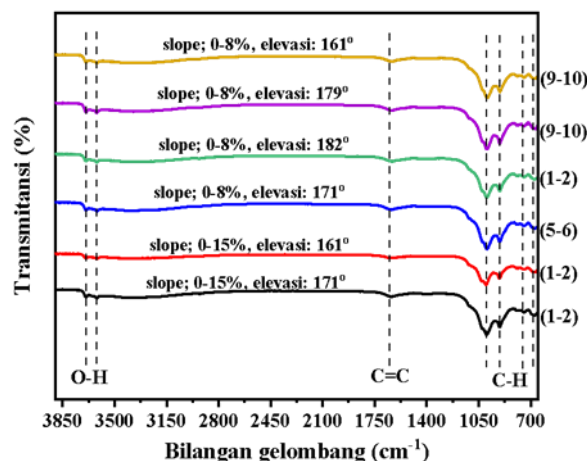


Gambar 6 (A dan B). Kadar unsur tanah Litosol pada sudut elevasi yang berbeda.

Berdasarkan hasil uji XRF dari masing-masing sampel yang diteliti mempunyai komponen penyusun unsur yang berbeda-beda, seperti yang ditunjukkan pada grafik gambar 6 (A dan B) yang memperlihatkan sampel tanah Litosol pada lintasan sudut elevasi (°) memiliki kandungan unsur Besi (Fe) dengan taraf intensitas yang berbeda. Lintasan 9-10 pada jarak pengukuran 40 meter memiliki kandungan besi (Fe) sebesar 40.44% dengan sudut elvasi 179⁰. Kandungan mineral Calsium (Ca) paling kecil yang hanya memiliki komposisi unsur sebesar 0.24 % pada lintasan 1-2 sudut elevasi 171⁰.

Penelitian serupa penentuan kadar penyusun unsur tanah dengan menggunakan XRF teridentifikasi Fe, Ti, Si dan Ca sebagai kadar tertinggi (Namira et al., 2021). Karakteristik tanah putih menggunakan XRF, menghasilkan komposisi unsur S, Ca dan Fe (Kayadoe, 2021). Pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi tanah dengan melihat

bagaimana perbedaan sudut elevasi, lintasan 1-2, 5-6 dan 9-10 serta titik koordinat terhadap gugus fungsi yang diidentifikasi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR).



Gambar 7. Spektrum FTIR pada tanah Litosol.

Gambar 7 merupakan grafik spektrum FTIR untuk semua lintasan pada pengukuran yang telah dilakukan. Gambar diatas dapat diketahui bahwa setiap komponen gugus fungsi memiliki nilai bilangan gelombangnya masing-masing. Ikatan O-H pada daerah bilangan gelombang di sekitar 3698.31 cm⁻¹ dan 3620.34 cm⁻¹ yang memiliki intensitas lemah (rendah) yaitu pada masing-masing lintasan dengan nilai transmittansi 96 % dan 95 %. Sedangkan ikatan C-H antara bilangan gelombang 690-900 cm⁻¹ memiliki intensitas yang kuat. Terlihat pada spektrum puncak grafik sangat tajam pada rentang bilang gelombang tersebut. Ikatan rangkap dua C=C intensitas transmittansi yaitu 97 % untuk bilangan gelombang 1610-1680cm⁻¹.

Pergeseran puncak pada setiap ikatan yang terbentuk untuk setiap lintasan menandakan adanya interaksi antar molekul yang ada pada tanah untuk titik koordinat yang berbeda serta sudut elevasi tinggi dan rendah. Gambar 7 dapat dilihat bahwa tidak ditemukan adanya puncak baru pada setiap perbedaan lintasan. Dengan tidak ditemukannya puncak baru pada grafik maka dapat disimpulkan bahwa dari lapisan yang terbentuk tidak terdapat ikatan baru, melainkan hanya puncaknya bergeser dan nilai intensitasnya menurun.

Gambar 7 tercermin dalam spektra FTIR sangat berbeda yang dihasilkan tanah di daerah

pertengahan IR (4000–700 cm^{-1}) karena adanya getaran fundamental dari komponen-komponen yang ada. Gugus fungsi O-H yang ada merupakan gugus O-H bebas yang tidak terikat dengan senyawa lain dan memberikan pita

serapan yang sangat lemah dan terdefinisi dengan baik di daerah peregangan O-H, seringkali terdeteksi pada frekuensi yang lebih tinggi dari pada gugus O-H organik (3700–3500) cm^{-1} .

Tabel 2. Bilangan gelombang dan gugus fungsi secara teoritik dan hasil FTIR.

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
		Teoritik	Hasil FTIR
1	O-H	3700-3000	3698.31
2		3590-3650	3620.34
3	C=C	1610-1680	1640.8
			908.99
4	C-H	690-900	786.86
			746

Tabel 2 merupakan informasi yang terkandung dalam spektra FTIR dari tanah jenis Litosol di daerah pertengahan infra merah (4000 – 400 cm^{-1}). Spektra memberikan profil kimiawi tanah secara keseluruhan, meliputi vibrasi fundamental, teoritik dan hasil spektrum FTIR secara instrumentasi dari komponen organik dan mineral. Interpretasi spektrum tanah individu dapat memberikan cara yang kuat untuk membedakan antara sampel (Palacio et al., 2014).

Pita yang timbul dari vibrasi ulur adalah pita yang kuat mendekati 1000 cm^{-1} untuk senyawa silikat (Si) dan mendekati 1400 cm^{-1} untuk senyawa karbonat (C). Bilangan gelombang di bawah 900 cm^{-1} dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral, misalnya, membedakan antara kalsit (kalsium karbonat) (Bruckman & Wriessnig, 2013), dan *dolomit* (kalsium magnesium karbonat) (Hilger et al., 2020). Mineral silikat juga dapat diidentifikasi dari deformasinya, misalnya, kuarsa dapat dengan mudah diidentifikasi dengan sepasang puncak spektrum yang tajam pada 797 dan 779 cm^{-1} (C-H).

Uji XRF dan FTIR masing-masing sampel tanah jenis Litosol menggambarkan keberadaan suatu jenis unsur penyusun tanah tersebut memiliki sifat kimiawi. Unsur Fe mendominasi nilai persentase tertinggi dari semua jenis unsur yang terdeteksi. Spektrum FTIR dari tanah jenis Litosol untuk unsur Fe

(besi) menggambarkan hubungan antara pita spektrum yang diharapkan, yaitu (Fe-O) dan (Fe-OH) pada bilangan gelombang 3698.31 cm^{-1} . Hal yang sama pada unsur Si (Silika) (2930-2910) cm^{-1} (Volkov et al., 2021), K (Kalium) pada bilangan gelombang 1640.8 cm^{-1} , Ti (Titanium) pada bilangan gelombang 1640.8 cm^{-1} , Mn (Mangan) pada bilangan gelombang 786.86 cm^{-1} dan Ca (Calsium) pada bilangan gelombang 1510 cm^{-1} (Wang et al., 2016). Gugus fungsi masing-masing lintasan dibedakan oleh intensitas transmitansi (%) separan cahaya infra merah dan penentuan senyawa kimia berdasarkan metode eksperimen dengan mengkorelasikan tabel bilangan gelombang spektrum FTIR.

PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan kadar unsur tanah Litosol yang berbeda pada garis lintasan penelitian. Beberapa jenis unsur terdeteksi lebih dominan (Fe dan Si) dari pada jenis unsur yang lain (Ca, Mn, Ti, K dan Al). Gugus fungsi O-H (hidroksil), C=C (karbon) dan C-H (metil hidrida) merupakan ikatan senyawa kimia yang terdeteksi pada masing-masing garis lintasan penelitian. Berdasarkan garis lintasan terdapat kadar unsur tanah terdistribusi pada persentase (%) yang berbeda-beda sedangkan gugus fungsi kimia terdeteksi pada bilangan gelombang yang sama oleh spektrum FTI.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameyu, T. (2019). A Review on the Potential Effect of Lime on Soil Properties and Crop Productivity Improvements. *Journal of Environment and Earth Science*, 9(2), 17–23. <https://doi.org/10.7176/jees/9-2-03>
- Anda, M., & Dahlgren, R. A. (2020). Mineralogical and surface charge characteristics of Andosols experiencing long-term, land-use change in West Java, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(5), 702–713. <https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1820758>
- Bruckman, V. J., & Wriessnig, K. (2013). Improved soil carbonate determination by FT-IR and X-ray analysis. *Environmental Chemistry Letters*, 11(1), 65–70. <https://doi.org/10.1007/s10311-012-0380-4>
- Cahyana, D., Sulaeman, Y., Anda, M., Saparina, D. O., & Subardja, D. (2021). Developing and testing soil correlation matrix to assess the spatial variation of soil resource in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012040>
- Damanik, Z., Adjie, F. F., Yulianti, N., Melhanah, Sustiyah, Sulistiyanto, Y., & Sigalingging, T. (2021). *Karakteristik spektra ftir dan sifat hidrofobisitas tanah gambut pedalaman pada penggunaan lahan yang berbeda di kabupaten pulang pisau*. 22(2), 65–72.
- Declercq, Y., Delbecq, N., De Grave, J., De Smedt, P., Finke, P., Mouazen, A. M., Nawar, S., Vandenberghe, D., Van Meirvenne, M., & Verdoodt, A. (2019). A Comprehensive Study of Three Different Portable XRF Scanners to Assess the Soil Geochemistry of An Extensive Sample Dataset. *Remote Sensing*, 11(21), 2490. <https://doi.org/10.3390/rs11212490>
- Gama, D. P., Prasetya, B., & Soemarno. (2018). APPLICATION OF ORGANIC MATTER ON ENTISOL-SOIL AFFECTED SOIL MOISTURE CAPACITY AND GROWTH OF MAIZE (*Zea mays* L.). *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 6(1), 187–202. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v6.i1.2018.1608>
- Harada, M. (1957). Some characteristics of the humus in soil types (part 3) composition groups of humus. *Soil Science and Plant Nutrition*, 3(1), 73–79. <https://doi.org/10.1080/00380768.1957.10431902>
- Hilger, D. M., Hamilton, J. G., & Peak, D. (2020). The influences of magnesium upon calcium phosphate mineral formation and structure as monitored by x-ray and vibrational spectroscopy. *Soil Systems*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/soilsystems4010008>
- Jaya, R., & Rijal, A. S. (2020). Mapping of Landslide Hazard Distribution in Alo Watershed Gorontalo Regency. *Jambura Geoscience Review*, 2(1), 30–40. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v2i1.2671>
- Kayadoe, V. (2021). Karakterisasi Tanah Putih Dari Kabupaten Maluku Tenggara Menggunakan Xrf Dan Xrd. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.30598/mjocevol11iss1pp1-7>
- Kitagawa, Y. (2005). Characteristics of Clay Minerals in Podzols and Podzolic Soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 51(2), 151–158. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2005.tb00020.x>
- Margenot, A. J., Calderón, F. J., Goyne, K. W., Dmukome, F. N., & Parikh, S. J. (2016). IR spectroscopy, soil analysis applications. In *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry* (3rd ed., Vol. 2). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12170-5>
- Namira, N., Rahmaniah, R., & Wahyuni, A. (2021). Identifikasi Unsur Penyusun Tanah Desa Babange Kabupaten Bantaeng Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (Xrf). *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 15(3), 280. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v15i3.20300>
- Palacio, S., Aitkenhead, M., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., & Robertson, A. H. J. (2014). Gypsophile Chemistry Unveiled: Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy Provides New Insight into Plant Adaptations to Gypsum Soils. *PLoS ONE*, 9(9), e107285.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107285>
- Rahmaniah, R., Reskywijaya, R., Wahyuni, A. S., & Jayadi, H. (2020). Analisis Mineral Tanah Rawan Longsor Menggunakan X-Ray Diffraction Di Desa Sawaru Kabupaten Maros. *Jambura Geoscience Review*, 2(1), 41–49. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v2i1.2639>
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Rahim, S. A., Rahman, Z. A., & Lihan, T. (2021). Characterization of physical, chemical and microstructure properties in the soft clay soil of the paddy field area. *Social Psychology and Society*, 12(2), 81–88. <https://doi.org/10.20961/STJSSA.V18I1.50489>
- Suroyo, S., Suntoro, S., & Suryono, S. (2013). Intercropping and Livestock Integration System: Changes in Physical and Chemical Properties of Soil on Litosol. *Sains Tanah - Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 10(1), 71. <https://doi.org/10.15608/stjssa.v10i1.142>
- Volkov, D., Rogova, O., & Proskurnin, M. (2021). Organic Matter and Mineral Composition of Silicate Soils: FTIR Comparison Study by Photoacoustic, Diffuse Reflectance, and Attenuated Total Reflection Modalities. *Agronomy*, 11(9), 1879. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091879>
- Wang, P., Ma, Y., Wang, X., Jiang, H., Liu, H., Ran, W., & Shen, Q. (2016). Spectral exploration of calcium accumulation in organic matter in gray desert soil from northwest China. *PLoS ONE*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145054>
- Widowati, F., & Kolambani, U. (2022). Changes in chemical properties of three soil types after application of biochars and organic fertilizers for two years. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 9(4), 3715–3724. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.094.3715>
- Yatno, E., Sudarsono, S., Iskandar, I., & Mulyanto, B. (2016). Characteristics of soils developed from alluvium and their potential for cocoa plant development in East Kolaka Regency, Southeast Sulawesi. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(3), 595–601. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2016.033.595>
- Yoshino, K., Zou, T., Nyamsambuu, K., Pham, T. D., & Okabe, H. (2015). Spatial dependency of soil line coefficients derived from Landsat ETM+ and MODIS imagery in Kyrgyzstan. *ACRS 2015 - 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Growth in Asia, Proceedings, September*.