

FAKULTAS : MIPA

LAPORAN AKHIR
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT (RTUU)



**PEMANFAATAN SIFAT MAGNETIK DAN STUDI GEOKIMIA UNTUK
ANALISIS SERTA PEMETAAN TINGKAT KESUBURAN DAN
POLUSI LOGAM BERAT PADA TANAH KOTA TOMOHON**

Tim Pengusul

Ketua : Dr. Gerald H. Tamuntuan, S.Si., M.Si. (NIDN. 0006057102)
Anggota : Dr. Henry F. Aritonang, S.Si., M.Si. (NIDN. 0007127103)
Anggota : Guntur Pasau, S.Si., M.Si. (NIDN. 0020017006)

Mahasiswa : Ririn A. Endekan (NIM. 17101104001)
Febrian Tahulending (NIM. 18101104028)
Tesalonika Karepouwan (NIM. 17101104018)

Dibiayai oleh:
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Badan Layanan Umum

Nomor: SP DIPA - 023.17.2.677519/2022

UNIVERSITAS SAM RATULANGI



**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR
RTUU (RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT)**

JUDUL KEGIATAN : PEMANFAATAN SIFAT MAGNETIK DAN STUDI GEOKIMIA UNTUK ANALISIS SERTA PEMETAAN TINGKAT KESUBURAN DAN POLUSI LOGAM BERAT PADA TANAH KOTA TOMOHON

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : GERALD HENDRIK TAMUNTUAN
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIP : 197105062000031001
Jab.Fungsional : Lektor Kepala
Prodi : FISIKA
Fakultas : MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Nomor HP : 08124450886
Email : gtamuntuan@gmail.com
Usulan Biaya : Rp 50,000,000
Biaya Maksimum : Rp 50,000,000
Lama Penelitian : 8 bulan

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : HENRY FONDA ARITONANG
NIP : 197112072000031001
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (2)

Nama Lengkap : GUNTUR PASAU
NIP : 197001202006041001
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mahasiswa (1)

Nama Lengkap/NIM : Ririn A. Endekan / 17101104001

Mahasiswa (2)

Nama Lengkap/NIM : Febrian G. Tahulending / 18101104028

Mahasiswa (3)

Nama Lengkap/NIM : Tesalonika Karepouwan / 17101104018



Mengetahui
Dekan
Dr. Gerald Hendrik Tamuntuan, S.Si., M.Si.
NIP 197105062000031001

Manado, 14 November 2022
Ketua Peneliti

GERALD HENDRIK TAMUNTUAN
NIP 197105062000031001



Menyetujui
Ketua LPPM Universitas Sam Ratulangi

Prof. Dr. Ir. Jeffrey I. Kindangen, DEA
NIP 196506031990031003

RINGKASAN

Kota Tomohon merupakan salah satu daerah di Sulawesi Utara yang struktur tanahnya didominasi oleh proses vulkanik yang bersumber dari beberapa sistem gunung api berbeda yang ada disekitarnya. Perbedaan sumber material tanah dapat menyebabkan munculnya zona-zona dengan kandungan unsur dan mineralogi berbeda yang berimplikasi pada variasi tingkat kesuburan tanah. Disisi lain, peningkatan populasi serta aktivitas manusia di kota tersebut dapat berdampak pada meningkatnya material ataupun partikel antropogenik yang mengandung logam berat. Untuk itu telah dilakukan penelitian dengan tujuan menginvestigasi dan menganalisis nilai suseptibilitas magnetik dan geokimia tanah, serta observasi morfologi dan mineralogi partikel tanah pada berbagai zona peruntukan di Kota Tomohon dalam rangka mengetahui tingkat kesuburan dan polusi logam berat serta membuat pemetaan parameter-parameter tersebut pada daerah yang dikaji. Metode digunakan adalah metode magnetometri dalam hal ini metode kemagnetan batuan dengan parameter utama suseptibilitas magnetik, *scanning electron microscopy* untuk observasi morfologi dan mineralogi litogenik maupun antropogenik, serta metode geokimia untuk memperoleh data komposisi unsur yang terdapat dalam sampel tanah. Hasil yang diperoleh menunjukkan sebaran sifat magnetik tanah di wilayah Kota Tomohon memiliki nilai yang bervariasi antara $105,77 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $2539,63 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, sementara nilai X_{FD} bervariasi antara 0.52 hingga 4.82. Hal ini menunjukkan bahwa tanah pada beberapa lokasi di Kota Tomohon memiliki kandungan logam berat Fe yang relatif tinggi secara khusus pada area bagian barat wilayah tersebut. Observasi SEM dilakukan untuk mengidentifikasi sumber logam berat Fe apakah berasal dari proses litogenik ataupun antropogenik.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas kemurahanNya sehingga penelitian kami sepanjang tahun 2022 boleh berjalan dengan baik. Penelitian ini telah menghasilkan distribusi spasial sifat magnetik tanah diseluruh kota Tomohon yang digunakan untuk menganalisis tingkat kesuburan dan potensi polusi logam berat. Kami berterima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi (Unsrat) yang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Unsrat telah membiayai penelitian ini dengan skim Riset Terapan Unggulan Universitas Sam Ratulangi (RTUU) tahun 2022. Masukan yang konstruktif akan diterima dengan senang hati untuk penyempurnaan hasil-hasil yang kami peroleh. Akhir kata, kiranya hasil penelitian ini boleh bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kesejahteraan umat manusia.

Manado, November 2022

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1. Suseptibilitas Magnetik	2
2.2. Spektrofotometer Optik ICP-OES dan <i>Scanning Electron Microscope</i>	2
2.2. <i>State of The Art</i> dan <i>Road Map</i> Penelitian	3
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	6
BAB 4 METODE PENELITIAN	7
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	9
5.1. Hasil	9
5.2. Luaran yang Dicapai	12
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	14
DAFTAR PUSTAKA	15
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta jalan penelitian hingga tahun 2024	4
Gambar 2. Peta jalan bidang anggulan Keanekaragaman Hayati, Kebencanaan, Lingkungan, Sumber Daya Air dan Perubahan Iklim	5
Gambar 3. Bidang anggulan penelitian berdasarkan Rencana Strategis Penelitian Unsrat 2021 – 2025	6
Gambar 4. Peta lokasi Kota Tomohon. Bagian berwarna merah muda adalah lokasi padat pemukiman yang berada disepanjang jalan utama Kota Tomohon. Pengambilan data ataupun sampel akan dilakukan pada 200 titik terdistribusi pada zona peruntukan lahan yang berbeda.	8
Gambar 5. Distribusi titik pengambilan sampel	9
Gambar 6. Hubungan antara nilai X_{LF} dan X_{HF} menunjukkan korelasi yang tinggi	10
Gambar 7. Hubungan antara nilai X_{LF} dan X_{FD}	10
Gambar 8. Variasi dan kontur suseptibilitas magnetik untuk seluruh wilayah Kota Tomohon	11
Gambar 9. Morfologi mineral magnetik sampel Tanah T05	11
Gambar 10. Analisis komposisi unsur mineral magnetik sampel Tanah T05	12
Gambar 11. Morfologi hasil ekstraksi sampel Tanah T084 menunjukkan bulir-bulir magnetik dengan konsentrasi Fe yang relatif tinggi.	12
Gambar 12. Bulir magnetik pada sampel Tanah T085 menunjukkan konsentrasi Fe yang relatif tinggi	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Keterkaitan Judul Penelitian & Bidang Fokus/Unggulan Penelitian	L1
Lampiran 2. Foto Kegiatan	L2
Lampiran 3. Luaran HKI Hak Cipta	L3

BAB 1. PENDAHULUAN

Kota Tomohon merupakan kawasan hortikultura di Sulawesi Utara yang seiring waktu terus berkembang dalam hal populasi dan aktivitas sehingga berkontribusi pada meningkatnya material antropogenik ditanah. Struktur tanah di daerah ini walaupun didominasi oleh endapan dan hasil pelapukan tufa vulkanik, namun berasal dari beberapa gunung api berbeda disekitarnya antara lain Gunung Lokon, Gunung Mahawu, dan sistem gunung api Tondano yang letusannya telah membentuk Danau Tondano [1]. Hal ini tentunya dapat menyebabkan perbedaan karakteristik fisika maupun geokimia tanah yang berimplikasi pada variasi tingkat kesuburan tanah di daerah tersebut [2,3,4].

Sifat fisika dan geokimia tanah permukaan pada prinsipnya sangat terkait dengan proses pelapukan material induk pada bagian dibawahnya, namun dengan berkembangnya industri dan semakin padatnya transportasi maka tanah dibagian permukaan saat ini banyak yang terpolusi logam berat ditandai dengan anomali sifat fisika dan geokimia tanah permukaan terhadap material induknya [5]. Konsentrasi logam berat yang berlebihan dapat memberi dampak kurang baik bagi kesehatan manusia [6] dan terhadap ekosistem lingkungan [7]. **Permasalahannya** bahwa hingga saat ini belum pernah dilakukan kajian tentang tingkat kesuburan dan tingkat polusi logam berat pada berbagai zona peruntukan yang ada di Kota Tomohon, padahal informasi tersebut sangat berguna untuk optimalisasi produktivitas pertanian maupun untuk hal terkait manajemen lingkungan bagi kesehatan populasi penduduk.

Salah satu metode fisika yang potensial untuk kajian tingkat kesuburan tanah sekaligus identifikasi logam berat adalah metode kemagnetan batuan melalui parameter suseptibilitas magnetik [8]. Metode ini tidak merusak, relatif mudah serta cepat dalam menentukan terutama material berbasis metal dan bersifat magnetik [9]. Dalam beberapa kasus, material polutan tidak hanya dapat diidentifikasi berdasarkan unsur penyusunnya melainkan dapat dikenali dengan analisis morfologi melalui observasi *scanning electron microscope* dan *energy dispersive X-ray* (SEM-EDX). Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan SEM untuk menelusuri sumber dari polusi logam berat [10]. Kedua metode di atas jika dipadukan dengan pengukuran geokimia dapat memberikan gambaran komprehensif tentang kandungan unsur serta logam berat dalam tanah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Suseptibilitas Magnetik

Metode pengukuran menggunakan prinsip-prinsip kemagnetan dikenal dengan magnetometri. Salah satu metode dalam magnetometry adalah metode kemagnetan batuan (*rock magnetism*) yaitu suatu metode yang mempelajari sifat-sifat magnetik dari batuan, tanah, dan sedimen dimana hasil-hasilnya dapat digunakan untuk mengetahui berbagai proses yang telah terjadi di bumi [12]. Sifat-sifat magnetik muncul saat terbentuknya mineral-mineral pembawa sifat magnetik dari reaksi-reaksi kimia yang terjadi pada magma yang mendingin menjadi batuan. Sifat dari mineral-mineral tersebut menjadi jelas ketika temperatur batuan berada di bawah batas kritis *blocking temperature* yang biasa disebut dengan temperatur Curie. Pada saat itu, momen-momen magnetik pada mineral pembawa sifat magnetik mengalami proses penjajaran dan berubah dari *state* paramagnetik yang memiliki sifat magnetik lemah menjadi ferro- atau ferrimagnetik yang memiliki sifat magnetik kuat.

Proses pelapukan yang menyebabkan perubahan batuan menjadi tanah menyebabkan perubahan jenis mineralogy, ukuran bulir, *domain state*, dan konsentrasi dari mineral magnetik bergantung pada mekanisme serta kondisi lingkungan ketika proses perubahan tersebut berlangsung. Perubahan karakteristik dasar dari mineral magnetik tersebut, seperti konsentrasi, dan ukuran bulirnya berimplikasi pada perubahan sifat magnetiknya [9].

Salah satu parameter yang penting dalam metode ini adalah parameter suseptibilitas magnetik. Parameter ini menggambarkan level kekuatan sifat magnetik material yang diperoleh pada saat sampel sementara diberikan induksi magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik berkaitan erat dengan konsentrasi unsur besi (Fe) dan mineral besi oksida antara lain seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) serta variasi ukuran bulir magnetik dalam sampel.

2.2. Spektrofotometer Optik ICP-OES dan *Scanning Electron Microscope*

Salah satu metode geokimia untuk penentuan unsur-unsur dalam sampel adalah dengan menggunakan teknik spektrofotometer optik yang dikenal dengan nama *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES). Teknik ini memiliki sensitivitas tinggi, kemampuan pengukuran dengan ketelitian yang tinggi karena dapat membedakan panjang

gelombang emisi dari unsur hingga 0,1 nm , serta dapat dilakukan secara mudah dan cepat. Tingkat deteksi unsur hingga satuan ppb membuat ICP-OES banyak digunakan untuk menginvestigasi unsur-unsur mikro atau minor dalam sampel antara lain unsur-unsur logam berat [13].

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu instrument yang digunakan untuk observasi morfologi mineral melalui pemindaian permukaan objek menggunakan berkas sinar electron. SEM juga umumnya dilengkapi dengan *energy dispersive X-ray* (EDX) yang berfungsi mengkarakterisasi unsur ataupun oksida dari suatu objek. Dalam perkembangannya metode pemindaian menggunakan SEM-EDX telah diaplikasikan untuk mengkaji berbagai hal, antara lain untuk mengidentifikasi polutan pada tanah. Huliselan dkk telah memperlihatkan contoh morfologi polutan pada tanah dengan memanfaatkan SEM [14], sementara Sharma dkk telah menunjukkan pemanfaatan SEM-EDX dalam mengkarakterisasi unsur-unsur logam berat pada tanah [15].

2.3. State of The Art dan Peta Jalan (Road Map) Penelitian

Kajian sifat magnetik pada sampel alamiah mulai dilakukan pada batuan sejak tahun 1938 oleh Koenigsberger dan Thellier serta Nagata pada tahun 1943. Pada era 1970 – 1980an kajian sifat magnetik mulai marak dilakukan pada objek sedimen untuk melihat hubungan sifat magnetik terutama dengan variabilitas iklim dimotori oleh Roy Thompson dan John Dearing. Gagasan kajian sifat magnetik pada tanah mulai berkembang sejak tahun 1977 oleh Mullins [16] dan secara intensif mulai dilakukan oleh Maher dan Taylor pada tahun 1988 [17]. Hingga saat ini telah banyak kajian tentang sifat-sifat magnetik batuan, tanah, maupun sedimen yang digunakan untuk mengungkap berbagai proses di bumi baik yang terjadi pada masa kini maupun masa lalu [9].

Penggunaan metode kemagnetan batuan secara khusus parameter suseptibilitas magnetik telah dilakukan oleh Safiuddin dkk tahun 2011 [18] untuk mengkaji tingkat pelapukan yang berimplikasi pada perubahan ukuran bulir tanah. Beberapa penelitian juga telah dilakukan untuk melihat hubungan antara jenis dan tekstur tanah dengan parameter suseptibilitas magnetik [19,20], mengkaji perilaku sifat magnetik pada profil tanah di area rawan longsor [21], serta karakteristik magnetik tanah pada lahan pertanian [22,23].

Dalam perkembangannya, sifat magnetik telah dimanfaatkan untuk proses monitoring dan evaluasi lingkungan. Kajian ini dikenal dengan kemagnetan lingkungan atau *environmental*

magnetism. Salah satu kajian dalam kemagnetan lingkungan adalah pemanfaatan sifat magnetik untuk mengidentifikasi daerah terpolusi. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara sifat magnetik dan polusi logam berat pada tanah [8,24].

Tim peneliti memiliki kompetensi pada bidang yang dikaji. Ketua peneliti dalam hal ini memiliki kompetensi dibidang kemagnetan batuan, sementara anggota peneliti masing-masing memiliki kompetensi dibidang kimia dan geofisika. Kompetensi dari keseluruhan tim peneliti diperlihatkan dengan keterlibatannya dalam beberapa penelitian terkait yang telah dikerjakan, dimana hasil-hasilnya telah dipublikasi pada jurnal ilmiah baik internasional maupun nasional (lihat lampiran) serta pembuatan HKI. **Pada tahun 2021** tim peneliti yang sama antara lain telah melakukan analisis dan pemetaan sifat magnetik dan konduktivitas listrik pada lahan pertanian di daerah Rurukan melalui skim RTUU dengan luaran yang telah dihasilkan adalah **dua buah HKI *granted*** dan **satu artikel *accepted*** pada prosiding internasional terindeks **scopus**. Adapun peta jalan (*road map*) dari rencana penelitian hingga beberapa tahun kedepan yang dirancang serta posisi dari penelitian yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 2. Topik kajian dari penelitian yang diusulkan berdasarkan Renstra Penelitian Unsrat tahun 2021 – 2025 adalah bersesuaian bidang unggulan Keanekaragaman Hayati, Kebencanaan, Lingkungan, Sumber Daya Air dan Perubahan Iklim pada topik **Teknologi dan Manajemen Lingkungan** (Gambar 3).



Gambar 1. Peta jalan penelitian hingga tahun 2024.



Gambar 2. Peta jalan bidang unggulan Keanekaragaman Hayati, Kebencanaan, Lingkungan, Sumber Daya Air dan Perubahan Iklim. Tulisan berwarna merah menunjukkan topik yang berhubungan dengan penelitian yang diusulkan [11].

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah (i) menginvestigasi dan menganalisis nilai suseptibilitas magnetik dan geokimia tanah, serta observasi morfologi dan mineralogi partikel tanah pada berbagai zona peruntukan di Kota Tomohon untuk mengetahui tingkat kesuburan dan polusi logam berat serta (ii) melakukan pemetaan parameter-parameter tersebut pada daerah yang dikaji.

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat bermanfaat dilakukan dalam rangka memperoleh data kuantitatif sebagai dasar untuk proses optimalisasi lahan pertanian dan manajemen lingkungan hidup di Kota Tomohon. Topik penelitian yang diusulkan dalam peta jalan penelitian Unsrat tahun 2021 – 2025 terkait erat dengan bidang unggulan Keanekaragaman Hayati, Kebencanaan, Lingkungan, Sumber Daya Air dan Perubahan Iklim, terutama pada topik riset Teknologi dan Manajemen Lingkungan (Gambar 3). Inovasi penelitian ini adalah penerapan sinergitas metode-metode geofisika dan geokimia untuk memberi nilai tambah pada kajian tanah dan lingkungan. Target luaran penelitian ini adalah (i) HKI Hak Cipta (tercatat), (ii) pemakalah pada pertemuan ilmiah internasional serta (iii) publikasi pada prosiding internasional terindeks scopus. Luaran-luaran ini bersesuaian dengan target output dalam RIP Unsrat sehingga berkontribusi dalam indikator capaian penelitian Unsrat tahun 2021 – 2025.



Gambar 3. Bidang unggulan penelitian berdasarkan Rencana Strategis Penelitian Unsrat 2021 – 2025 [11].

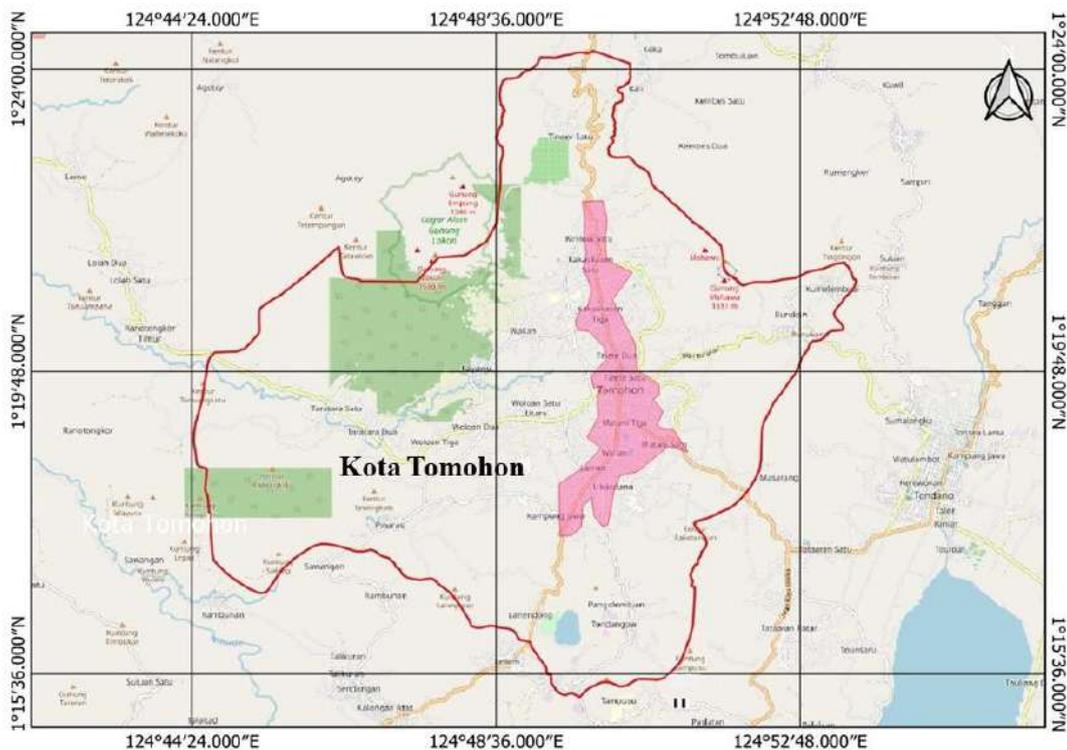
BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilaksanakan di Kota Tomohon Propinsi Sulawesi Utara dengan objek utama adalah tanah. Gambar 4 menunjukkan peta Kota Tomohon. Rencana titik data atau lokasi pengambilan sampel adalah sejumlah 200 titik yang merepresentasikan tanah dengan berbagai peruntukan, seperti tanah pemukiman, tanah pertanian, tanah disekitar jalan raya dan lain-lain. Data akan diperoleh baik secara pengukuran langsung di lapangan (*in situ*) maupun di laboratorium. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengukuran sifat magnetik (magnetometri)
Parameter magnetik yang diukur adalah suseptibilitas magnetik dengan menggunakan MS3 *susceptibility meter* yang dilengkapi sensor sesuai kebutuhan. Pengukuran parameter ini dilakukan dengan dua cara yaitu suseptibilitas magnetik permukaan (*surface magnetic susceptibility*) yang dilakukan secara *in situ* dengan menggunakan sensor MS3K serta pengukuran suseptibilitas magnetik berbasis massa dalam dua frekwensi yang dilaksanakan di laboratorium dengan menggunakan sensor MS3B. Untuk pengukuran dilaboratorium, sampel dikeringkan dan diukur massanya setelah dipreparasi dalam holder plastik yang disiapkan khusus untuk MS3B. Pengukuran suseptibilitas magnetik berbasis massa dilakukan pada dua frekwensi berbeda yaitu 4700 Hz dan 47 kHz. Pengukuran ini selain untuk mengetahui kuat/intensitas magnetik yang berkorelasi dengan konsentrasi mineral magnetik juga untuk memperoleh parameter-parameter suseptibilitas magnetik bergantung frekwensi yang berguna untuk mengidentifikasi partikel superparamagnetik dalam sampel tanah.
- Pengukuran geokimia dengan menggunakan ICP-OES.
Pengukuran dan analisis parameter kimia akan menggunakan spektrofotometer optik ICP-OES pada 30 sampel terpilih. Dua puluh sampel adalah tanah disekitar jalan raya dan dari daerah pemukiman yang padat, sedangkan sepuluh sampel dari lokasi pertanian, hutan, dan peruntukan lainnya di wilayah Kota Tomohon. Pengukuran ini untuk menginvestigasi penyebaran unsur-unsur utama yang menjadi indikator kesuburan tanah serta penyebaran unsur-unsur yang menjadi indikator pencemaran logam berat.
- Observasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX). Observasi akan dilakukan pada sampel yang

belum dan sudah diekstrak secara magnetik untuk melihat morfologi bulir tanah dari berbagai wilayah peruntukan serta mengidentifikasi morfologi spesifik dari polutan logam berat. Untuk mendapatkan kontras yang optimal maka observasi akan menggunakan metode *Secondary Electron (SE)* dan *Backscatter Electron (BSE)*. Investigasi unsur yang terkandung pada butiran mineral terpilih dalam sampel akan dilakukan menggunakan EDX.

Setelah semua parameter diukur dan dianalisis, maka hasil tersebut akan diplot dalam peta dengan menggunakan perangkat lunak Quantum GIS.

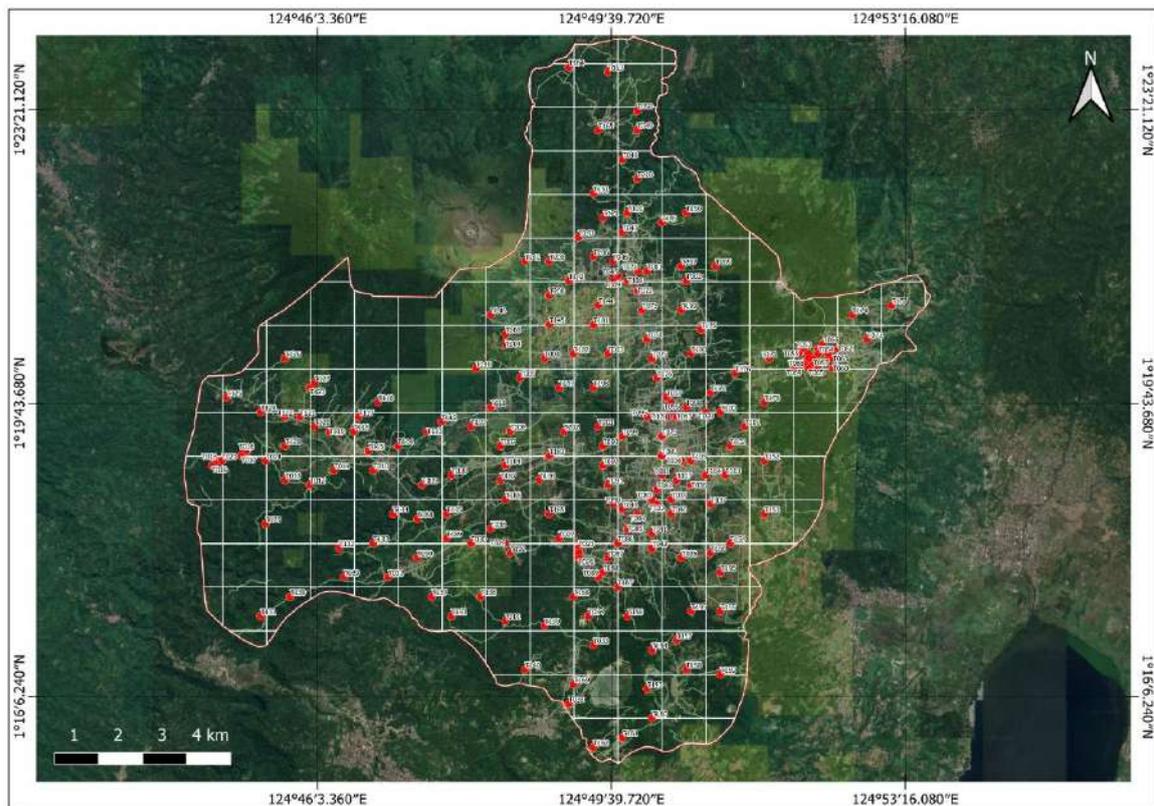


Gambar 4. Peta lokasi Kota Tomohon. Bagian berwarna merah muda adalah lokasi padat pemukiman yang berada disepanjang jalan utama Kota Tomohon. Pengambilan data ataupun sampel akan dilakukan pada 200 titik terdistribusi pada zona peruntukan lahan yang berbeda.

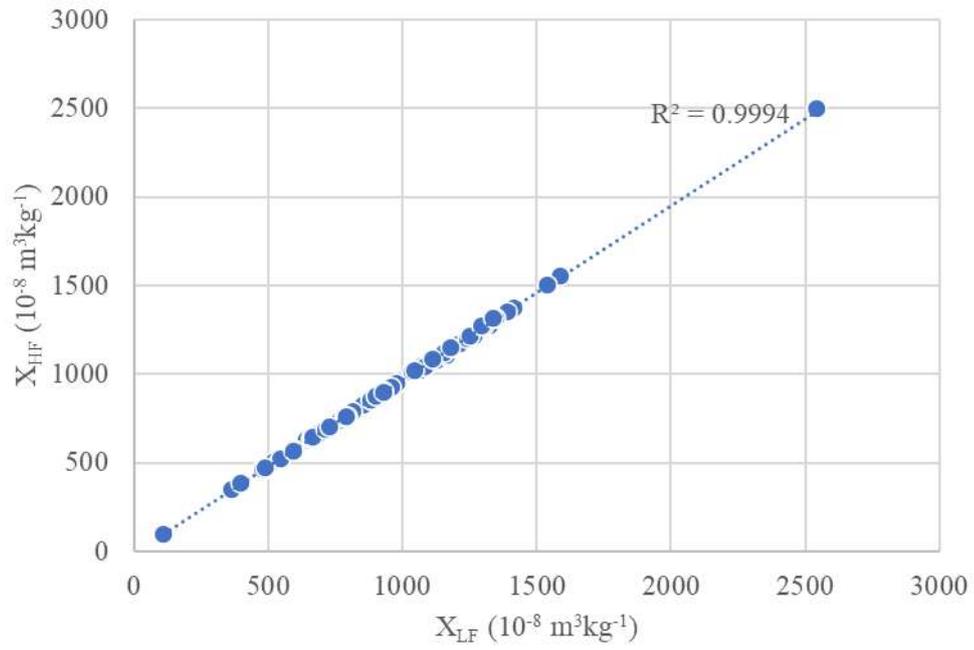
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil

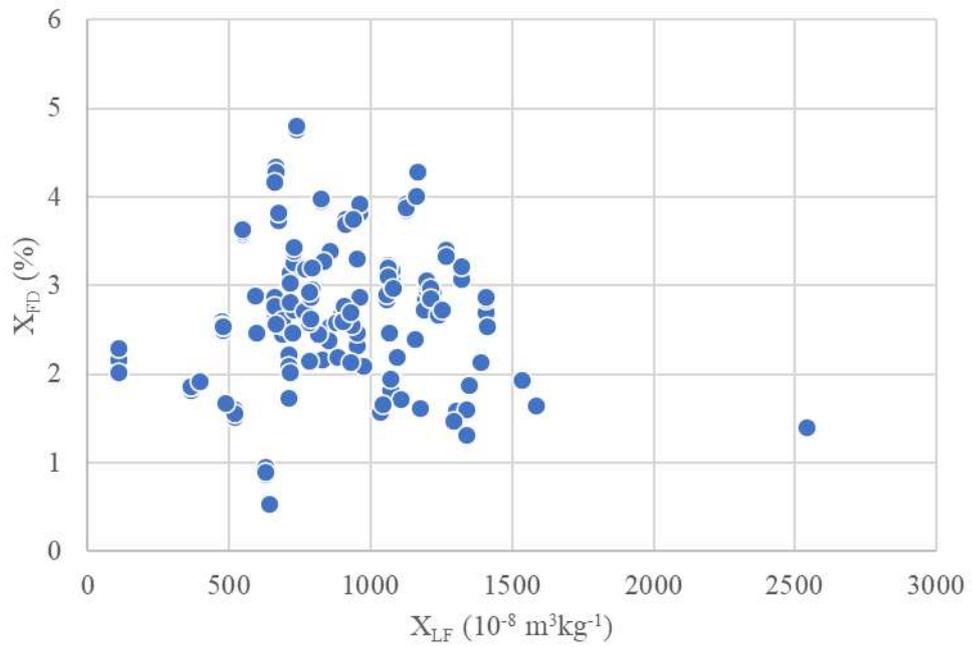
Pengukuran data sifat magnetik dilakukan pada 200 titik sampel yang tersebar diseluruh Kota Tomohon seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil pengukuran dan pengolahan data suseptibilitas magnetik berbasis massa yang dilakukan pada dua frekwensi berbeda yaitu 4700 Hz (X_{LF}) dan 47 kHz (X_{HF}), serta suseptibilitas bergantung frekwensi (X_{FD}) memiliki nilai yang bervariasi. Gambar 6 dan 7 masing-masing menunjukkan hubungan antara X_{LF} dan X_{HF} serta X_{LF} dan X_{FD} . Nilai X_{LF} bervariasi antara $105,77 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $2539,63 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, sedangkan X_{FD} bervariasi antara 0.52 hingga 4.82. Pemetaan distribusi nilai suseptibilitas magnetik menggunakan Quantum GIS diperlihatkan pada Gambar 8.



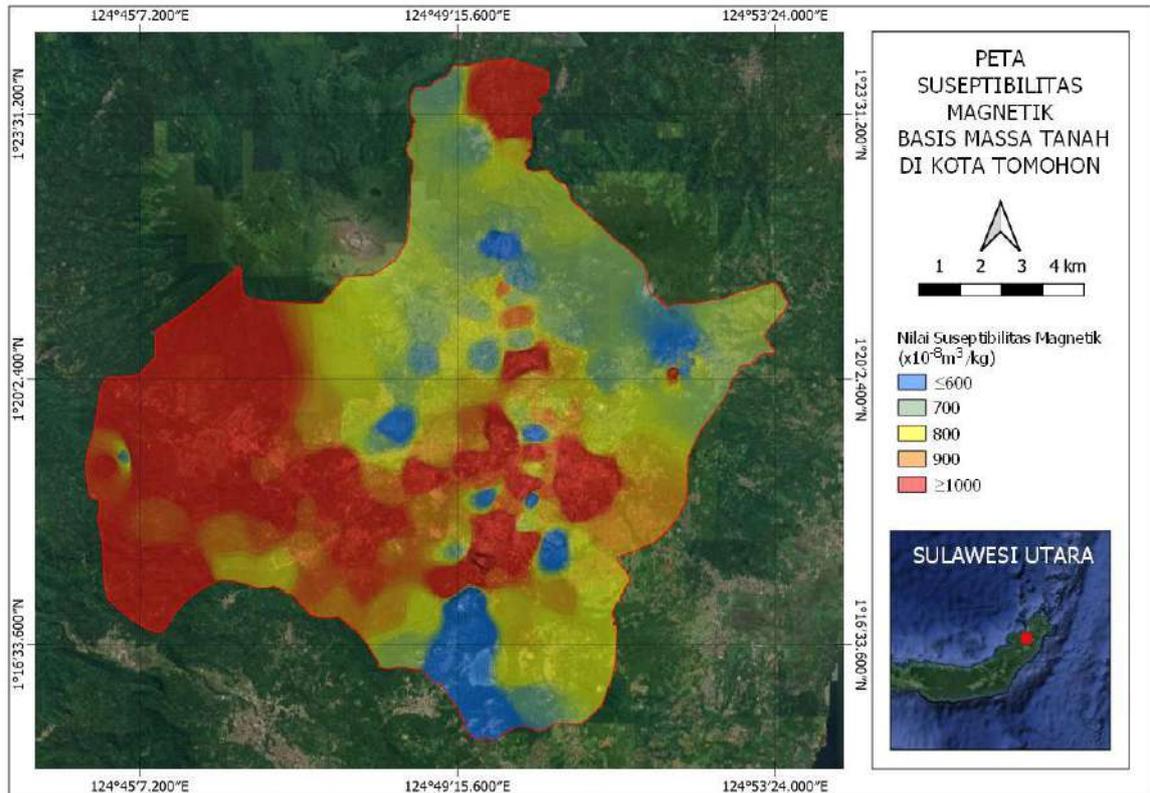
Gambar 5. Distribusi titik pengambilan sampel



Gambar 6. Hubungan antara nilai X_{LF} dan X_{HF} menunjukkan korelasi yang tinggi.

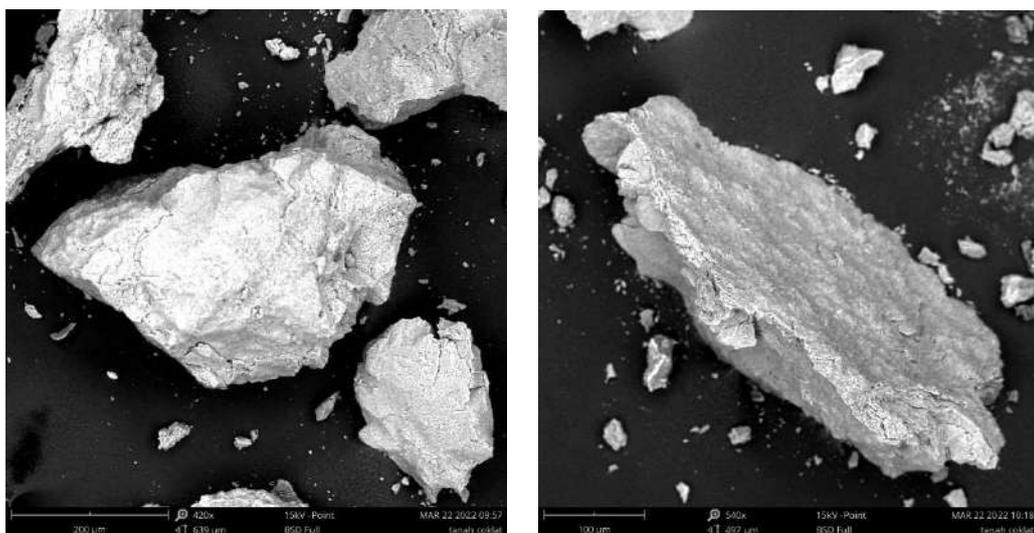


Gambar 7. Hubungan antara nilai X_{LF} dan X_{FD} .

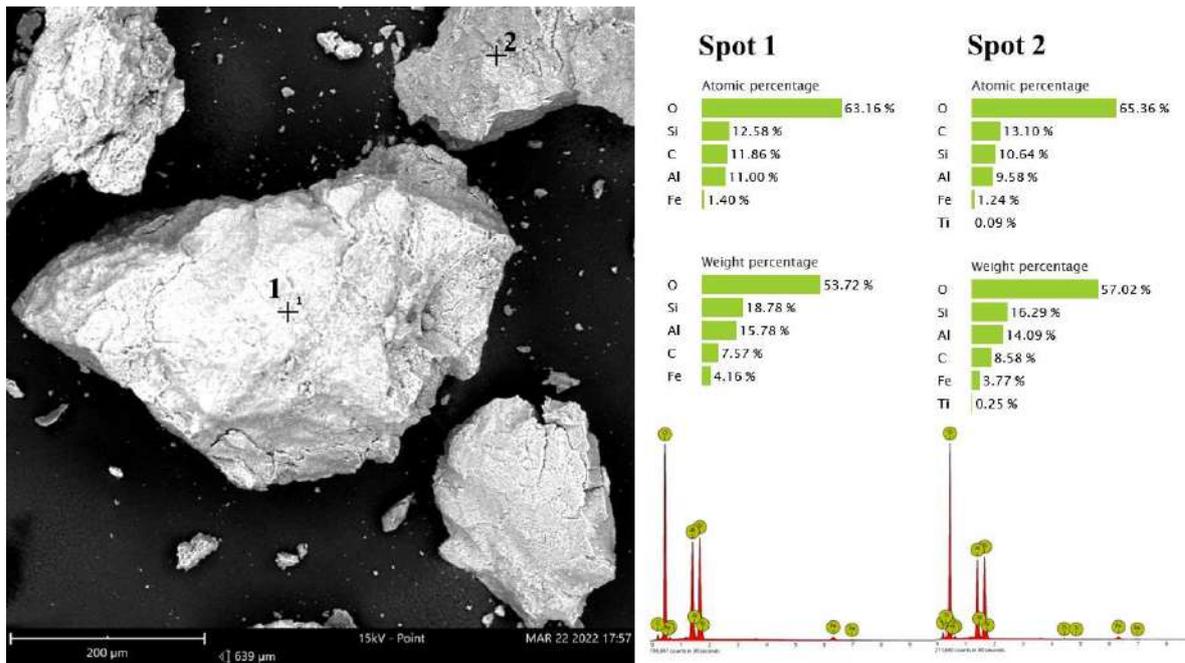


Gambar 8. Variasi dan kontur suseptibilitas magnetik untuk seluruh wilayah Kota Tomohon

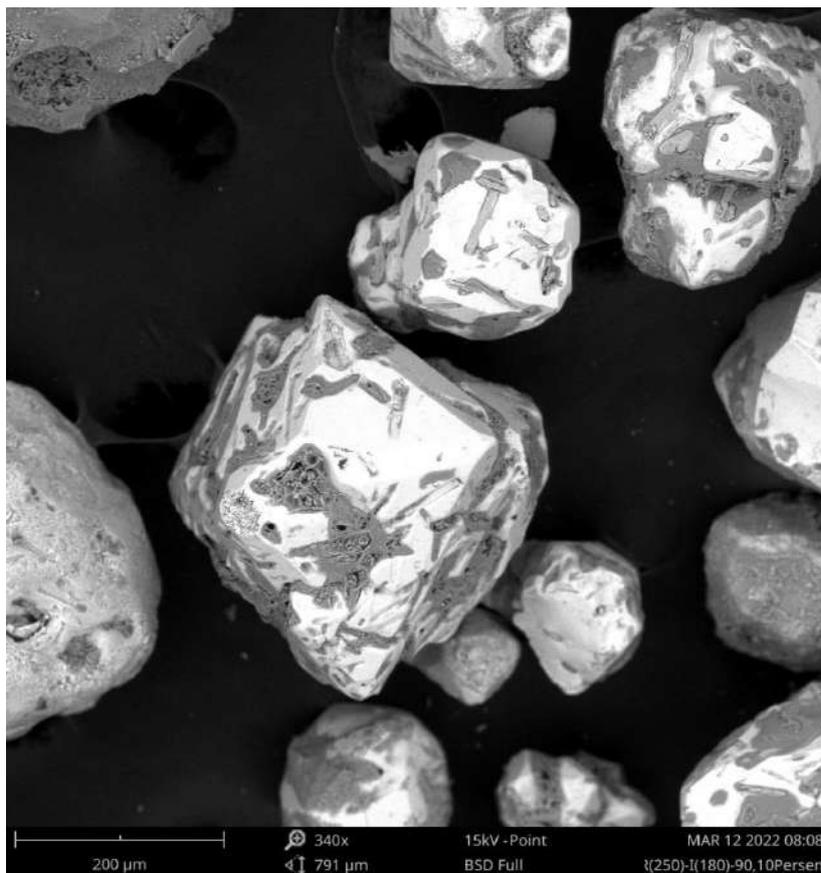
Observasi dan analisis morfologi dan mineralogi tanah Kota Tomohon telah dilakukan juga dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 9 dan 12 menunjukkan contoh hasil observasi SEM dan EDS pada beberapa sampel tanah.



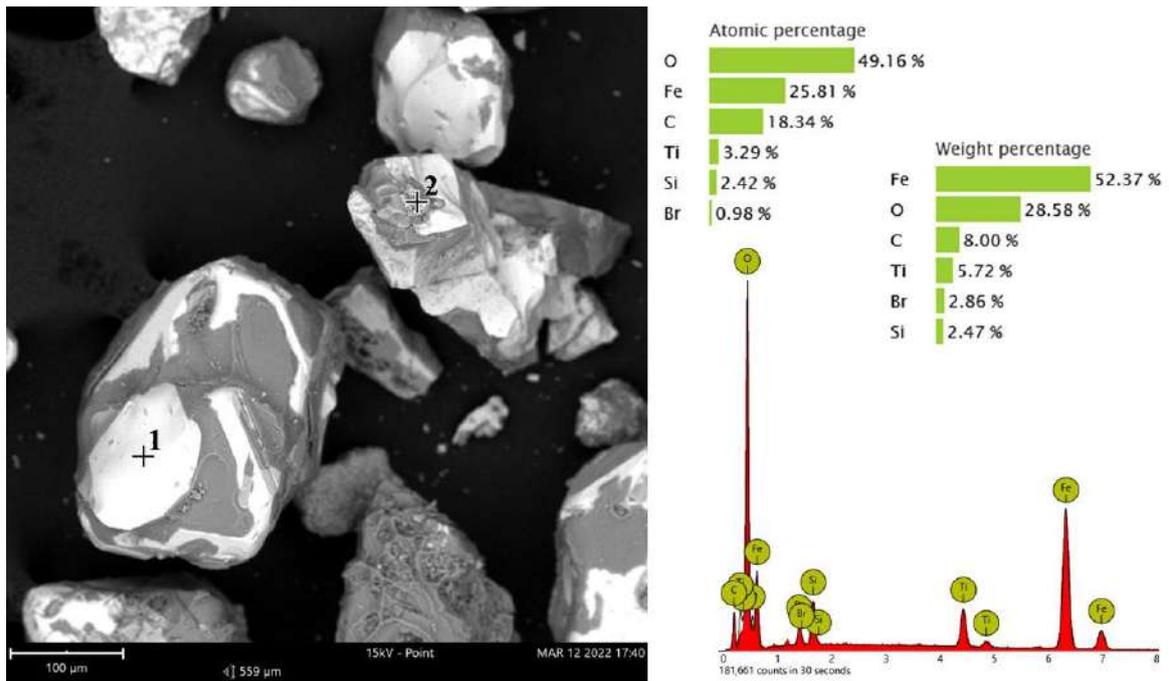
Gambar 9. Morfologi mineral magnetik sampel Tanah T05.



Gambar 10. Analisis komposisi unsur mineral magnetik sampel Tanah T05.



Gambar 11. Morfologi hasil ekstraksi sampel Tanah T084 menunjukkan bulir-bulir magnetik dengan konsentrasi Fe yang relatif tinggi.



Gambar 12. Bulir magnetik pada sampel Tanah T085 menunjukkan konsentrasi Fe yang relatif tinggi.

5.2. Luaran yang dihasilkan

Untuk sementara ini luaran yang dihasilkan adalah:

1. Presentasi pada seminar internasional ICON SMART 2022
2. HKI Hak Cipta tentang Peta Magnetik Tanah Kota Tomohon.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh setelah pelaksanaan penelitian ini:

1. Nilai suseptibilitas magnetik pada tanah Kota Tomohon bervariasi antara 105,77 m^3kg^{-1} hingga 2539,63 m^3kg^{-1} , sedangkan suseptibilitas magnetik bergantung frekwensi (X_{FD}) bervariasi antara 0.52 hingga 4.82.
2. Secara umum sifat magnetik tanah yang relatif tinggi berada pada wilayah bagian barat dari Kota Tomohon, sebagian kecil wilayah bagian utara serta pada jalur utama jalan raya Kota Tomohon.
3. Tanah Kota Tomohon didominasi oleh Aluminium Oksida dan Silika yang diperkirakan sebagai hasil pelapukan material vulkanik. Tanah pada daerah dengan sifat magnetik tinggi memiliki dikonfirmasi dengan menggunakan SEM-EDX memiliki bulir-bulir dengan konsentrasi besi ataupun besi oksida yang relatif tinggi.
4. Relatif tingginya konsentrasi zat besi terutama pada bagian barat wilayah Kota Tomohon diduga kuat berkorelasi dengan tingkat kesuburan tanah didaerah tersebut, sementara untuk dibagian jalan raya diperkirakan dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat.
5. Hasil observasi SEM-EDX menunjukkan bulir-bulir magnetik dengan konsentrasi Fe relatif tinggi masih didominasi oleh bulir-bulir yang bersifat litogenik.

6.2. Saran

Perlu dilakukan proses ekstraksi yang lebih baik untuk mendeteksi keberadaan bulir-bulir magnetik sebagai hasil aktivitas antropogenik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Siahaan, E. E., Soemarinda, S., Fauzi, A., Silitonga, T., Azimudin, T., Raharjo, I. B. 2005. Tectonism and Volcanism Study in the Minahasa Compartment of the North Arm of Sulawesi Related to Lahendong Geothermal Field, Indonesia. Proceeding World Geothermal Congress, Antalya Turkey, 1 – 5.
2. Bhavya, V.P., Kumar, A.S., Alur, A., Shivakumar, K.M., Shivanna, M. 2018. Soil Chemical Properties under Different Horticultural Cropping Systems with Different Depth. *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 6 (1), 1645-1651.
3. Jimenez, C.A., Benavides, B.J., Ospina-Salazar, D.I., Zuniga, E.O., Ochoa, O.B., Mosquera, G.C. 2017. Relationship between physical properties and the magnetic susceptibility in two soils of Valle del Cauca. *Revista De Ciencias Agrícolas* 34 (2), 33-45.
4. Allred, B.J., Daniels, J.J., Ehsani, M.R. 2008. *Handbook of Agricultural Geophysics*. CRC Press, Boca Raton, 410p.
5. Magiera, T., Lukasik, A., Zawadski, J., Rosler, W. 2019. Magnetic Susceptibility as Indicator of Anthropogenic Disturbances in Forest Topsoil: A Review of Magnetic Studies Carried Out in Central European Forest. *Ecological Indicators* 106, 105518.
6. Wang, X.S. 2013. Assessment of Heavy Metal Pollution in Xushou Urban Topsoils by Magnetic Susceptibility Measurements. *Journal of Applied Geophysics* 92, 76-83.
7. Liu, D., Ma, J., Sun, Y., Li, Y. 2016. Spatial Distribution of Soil Magnetic Susceptibility and Correlation with Heavy Metal Pollution in Kaifeng City, China. *Catena* 139, 53-60.
8. Rachwal, M., Kardel, K., Magiera, T., Bens, O. 2017. Application of Magnetic Susceptibility in Assessment of Heavy Metal Contamination of Saxonian Soil (Germany) Caused by Industrial Dust Deposition. *Geoderma* 295, 10-21.
9. Tamuntuan, G., Bijaksana, S., King, J., Russell, J., Fauzi, U., Maryunani, K., Aufa, N., Safiuddin, L. 2015. Variation of Magnetic Properties in Sediments from Lake Towuti, Indonesia, and Its Paleoclimatic Significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 420, 163-172.
10. Lu, S., Yu, X., Chen, Y. 2016. Magnetic Properties, Microstructure and Mineralogical Phase of Technogenic Magnetic Particles (TMPs) in Urban Soils: Their Source Identification and Environmental Implications. *Science of The Total Environment* 543, 239-247.
11. -----, 2020. Rencana Strategis Penelitian 2021 – 2025. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sam Ratulangi, 34p.

12. Goebel, M.O., Krueger, J., Fleige, H., Igel, J., Horn, R., Bachmann, J. 2017. Frequency dependence of magnetic susceptibility as a proxy fine-grained iron minerals and aggregate stability of south Chilean volcanic ash soils. *Catena* 158, 46-54.
13. Ali, M.F., Shakrani, S.A. 2014. A Comparison of ICP-OES and UV-Vis Spectrophotometer for Heavy Metals Determination in Soil Irrigated with Secondary Treated Wastewater. *International Journal of Civil & Environmental Engineering* 14 (1), 8-15.
14. Huliselan, E.K., Bijaksana, S., Srigutomo, W., Kardena, E. 2010. Scanning Electron Microscopy and Magnetic Characterization of Iron Oxide in Solid Waste Landfill Leachate. *Journal of Hazardous Materials* 179, 701-708.
15. Sharma, R., Patel, K.S., Lata, L., Milosh, H. 2016. Characterization of Urban Soil with SEM-EDX. *American Journal of Analytical Chemistry* 7, 724-735.
16. Mullins, C.E. 1977. Magnetic Susceptibility of The Soil and Its Significance in Soil Science. *Journal of Soil Science* 28, 223-246.
17. Maher, B.A., Taylor, R.M. 1988. Formation of Ultrafine-Grained Magnetite in Soils. *Nature* 336, 368-370.
18. Safiuddin, L.O., Haris, V., Wirman, R.P., Bijaksana, S. 2011. A Preliminary Study of Magnetic Properties on Laterite Soils as Indicators of Pedogenic Processes. *Latinmag Letters* 1 (1), 1-15.
19. Ramos, P.V., Dalmolin, R.S.D., Junior, J.M., Siqueira, D.S., De Almeida, J.A., Moura-Bueno, J.M. 2017. Magnetic Susceptibility of Soil to Differentiate Soil Environments in Southern Brazil. *Revista Brasileira Ciãncia do Solo* 41, e0160189
20. Agustine, E., Safiuddin, L.O., Tamuntuan, G., Fitriani, D., Bijaksana, S. 2015. The effectiveness of magnetic methods in delineating soil horizons: A case study of volcanic soil from Lembang, West Java. *AIP Conference Proceeding* 1656, 070013.
21. Eso, R., Safiuddin, L.O., Bijaksana, S., Ngkoimani, L.O., Agustine, E., Tamuntuan, G., Tufaila, M., Syaf, H., Harudu, L., Alfat, S., Usman, I., Hasrorayan, R., Ardin, A. 2019. Pattern of Variation Magnetic Properties and Chemical Elements of Soil Profile in Landslide Area of South East Sulawesi Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 311, 012008.
22. Bian, Y., Ouyang, T., Zhu, Z., Huang, N., Wan, H., Li, M. 2014. Magnetic properties of agricultural soil in the Pearl River Delta, South China — Spatial distribution and influencing factor analysis. *Journal of Applied Geophysics* 107, 36-44.
23. Zulaikah, S., Niarta, H.A., Herrin, J.S. 2020. Magnetic Signature of Paddy Soil in Malang and Madiun East Java – Indonesia. *AIP Conference Proceedings* 2251, 020002.

24. Govedarica, D.D., Gavrilov, M.B., Zeremsky, T.M., Govedarica, O.M., Hambach, U., Tomic, M.A., Sentic, I., Marcovic, S.B. 2018. Relationships Between Heavy Metal Content and Magnetic Susceptibility in Road Side Loess Profile: A Possible Way to Detect Pollution. *Quaternary International*, 1-12.

LAMPIRAN - LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN:

A. FORMULIR LUARAN PENELITIAN

Disesuaikan dengan data yang tersedia dari masing-masing dosen

1. Publikasi Jurnal: Nasional Terakreditasi / Internasional*) *coret yg tdk perlu

Nama Jurnal :

Judul Artikel :

Tanggal Submit/Daftar:

ISSN Volume No Halaman (...s/d...)

URL (<http://...>) => (khusus untuk artikel yang telah di publikasikan)

Lampirkan: **Bukti Submit atau Artikel yang telah diterbitkan**

2. Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

Judul HKI : **Peta Magnetik Tanah Kota Tomohon**

Jenis HKI (Paten, Paten Sederhana, Hak Cipta*) *coret yang tidak perlu

Nomor Pendaftaran : **EC00202288363**

Status (~~Terdaftar atau~~ **Granted***) *coret yang tidak perlu

Lampirkan: **Bukti Sertifikat**

B. FORMULIR LUARAN PROGRAM KEMITRAAN MASYARAKAT:

Disesuaikan dengan data yang tersedia dari masing-masing dosen

I. Publikasi Jurnal Nasional Ber-ISSN Terakreditasi.

Nama Jurnal :-

Judul Artikel :-

Tanggal Submit/Daftar: **Draft**

ISSN Volume No Halaman (...s/d....)

URL (<http://...>) (apabila ada) Lampirkan Artikel jurnal yang telah dipublikasikan

II. Publikasi Media Massa:

1. Koran/Majalah

Judul :

Nama Koran/Majalah :

Tanggal terbit :

Halaman :

Lampirkan bukti artikel yang telah dipublikasikan

2. Media Online (misalnya Youtube)

Judul :-

Tanggal Publikasi :-

Link/Laman : <http://fmipa-unsrat.com/index.php?idf=234&pf=&searchf=tayapu#ontitle>

C. KETERKAITAN JUDUL PENELITIAN:

No	URAIAN	Cek List (✓)	
		YA	TIDAK
1.	Berorientasi Kepasifikan		
2.	Berorientasi Kearifan Lokal	✓	
3.	Penelitian Produk Inovasi		
4.	Penelitian Protipe Industri		
5.	Penelitian Prototipe R & D		
6.	Penelitian Dimanfaatkan Masyarakat		

D. KETERKAITAN JUDUL PENGABDIAN:

No	URAIAN	Cek List (✓)	
		YA	TIDAK
1.	Berorientasi Kepasifikan		
2.	Berorientasi Kearifan Lokal		
3.	Sudah diterapkan oleh Masyarakat		

E. BIDANG FOKUS/UNGGULAN PENELITIAN:

No	URAIAN	Cek List (✓)	
		YA	TIDAK
1.	Pangan-Pertanian		
2.	Kesehatan dan Obat		
3.	Kemaritiman		
4.	Kebencanaan		
5.	Sosial Humaniora, Seni Budaya, dan Pendidikan		

FOTO KEGIATAN



REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202288363, 14 November 2022

Pencipta

Nama : **Gerald Hendrik Tamuntuan, Henry Fonda Aritonang dkk**
Alamat : Jl. Pramuka No. 122 Sario Kotabaru, Manado, Propinsi Sulawesi Utara, Manado, SULAWESI UTARA, 95113
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Sam Ratulangi**
Alamat : Gd.LPPM Lt-1. Jln. Kampus Unsrat, Manado, Sulawesi Utara, Manado, SULAWESI UTARA, 95115
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Peta**
Judul Ciptaan : **Peta Magnetik Tanah Kota Tomohon**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 14 November 2022, di Manado
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan : 000404107

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Gerald Hendrik Tamuntuan	Jl. Pramuka No. 122 Sario Kotabaru, Manado, Propinsi Sulawesi Utara
2	Henry Fonda Aritonang	Singkil Dua Lingk. IV, Kec. Singkil, Kota Manado, Propinsi Sulawesi Utara
3	Guntur Pasau	Perum Villa Risky Kairagi Blok A No. 18 Lingk II RT 00 Kel. Kairagi Dua
4	Tesalonika Karepouwan	Lingk I RT 01 Kel. Pandu Kec. Bunaken

