



SEBARAN SPASIAL KARBON TANAH GUNUNG MARAPI

Vivin Auliadesti¹, Gusnidar¹, Dian Fiantis^{1*}

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
Jl. Limau Manis, Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25163

*Corresponding Author: dianfiantis@yahoo.com

ABSTRACT

[SPATIAL DISTRIBUTION SOIL CARBON MARAPI MOUNTAIN]. Volcanic activity will significantly affect the carbon component and its fraction in the soil. Volcanic soils have high carbon content. This study aimed to map the soil carbon and its fraction volcanic soil of Mt. Marapi. A total of 93 soil samples were taken with a grid interval of 750 x 750 m at a depth of 0-20 cm spread across the Southwest, West and Northwest areas affected by the eruption of Mt. Marapi at a radius of 4.5-7 km from the peak. The parameters analyzed were: bulk density, soil pH, C-organic, C fractions. The results showed that, soil pH ranged from 4.59-6.19 (pH H₂O) and 3.8-5.8 (pH KCl), C-organic ranged from 3.00%-14.16%, C-very labile ranged from 0.001-0.045%, C-labile ranged from 0.14-1.41%, C-bounds non-crystalline clay ranged from 0.20-2.10%, C-metal complex ranged from 0.11-1.70%. Soil pH in Northwest was different from those of in West and Southwest. Very labile carbon in Southwest slope was not the same as those found in West and Northwest. C-metal complex in Northwest soil did not the same as those found in West and Southwest. The diversity of carbon fractions can be used as a reference in tillage to maintain carbon storage and become a marker for soil health.

Keyword: *carbon dynamic, carbon fractionation, digital mapping, fire mountain, volcanic soil*

ABSTRAK

Aktivitas gunung api secara signifikan akan mempengaruhi komponen karbon dan fraksinya di dalam tanah. Tanah vulkanis memiliki kadar karbon yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan karbon tanah dan fraksinya pada tanah vulkanis Gunung Marapi. Sebanyak 93 sampel tanah diambil dengan interval grid 750 x 750 m pada kedalaman 0-20 cm yang tersebar di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut wilayah terdampak erupsi Gunung Marapi pada radius 4,5-7 km dari puncak erupsi. Parameter yang dianalisis yaitu: berat volume tanah, kemasaman tanah (pH H₂O dan pH KCl), C-organik tanah, fraksionasi C tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pH tanah berkisar antara 4,59-6,19 (pH H₂O) dan 3,8-5,8 (pH KCl), C-organik tanah berkisar antara 3,00%-14,16%, C-sangat labil tanah berkisar antara 0,001-0,045%, C-labil tanah berkisar antara 0,14-1,41%, C-terikat liat non kristalin tanah berkisar antara 0,20-2,10%, C- metal kompleks tanah berkisar antara 0,11-1,55. Tanah di wilayah Barat Laut memiliki pH yang berbeda dengan pH tanah di wilayah Barat dan Barat Daya. Karbon sangat labil tanah di wilayah Barat Daya berbeda dengan karbon sangat labil tanah di wilayah Barat dan Barat Laut. Nilai C-metal kompleks tanah di wilayah Barat Laut berbeda dengan nilai C-metal kompleks tanah wilayah Barat dan Barat Daya. Keberagaman fraksi karbon ini dapat dijadikan acuan dalam pengolahan tanah dalam mempertahankan simpanan karbon serta menjadi penanda untuk kesehatan tanah.

Kata kunci: *dinamika karbon, fraksionasi karbon, gunung api, pemetaan digital, tanah vulkanis*

PENDAHULUAN

Karbon organik tanah merupakan komponen dasar siklus karbon secara global, karena hampir seluruh makhluk hidup membutuhkan karbon dalam mendukung keberlanjutan ekosistem (Susanti *et al.*, 2021). Sumber utama C organik tanah berasal dari hasil dekomposisi serasah tanaman, hewan dan mikroorganisme di dalam tanah (Farrasati *et al.*, 2020). Peran penting C organik tanah adalah untuk mendukung pertanian berkelanjutan seperti indikator kesuburan tanah, perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, menjaga ketersediaan hara, serta menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme di dalam tanah (Smith *et al.*, 2013).

Status C organik dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti jenis tanah (Farrasati *et al.*, 2020), yaitu tanah vulkanis. Tanah vulkanis memiliki kandungan C-organik tanah tergolong tinggi (Fiantis *et al.*, 2023) karena C-organik tanah terikat dulu pada mineral liat non kristalin tanah (alofan dan imogolit), sehingga bahan organik tanah dapat terlindungi dari proses dekomposisi oleh mikroba di dalam tanah (Fiantis *et al.*, 2016). Karbon organik tanah terdiri atas beberapa fraksi seperti C sangat labil yang berasal dari mikroorganisme tanah seperti bakteri dan virus, C labil yang berasal dari senyawa sederhana seperti karbohidrat, protein, glukosa, maltose dan arginin. Karbon terikat mineral liat non kristalin merupakan C yang terikat pada mineral alofan dan ferihidrit. Karbon metal kompleks tanah merupakan C yang terikat pada logam Al dan Fe pada tanah (Fiantis *et al.*, 2022).

Studi mengenai fraksi karbon pada tanah vulkanis sudah beberapa diteliti. Di Gunung Tandikek, nilai C-sangat labil, C-labil dan C-metal kompleks tanah masing-masing berkisar 0,84-1,52%, 0,80-8,38%, dan 0,81-1,67% (Seprianto, 2016). Di wilayah Gunung Talang, fraksi C-sangat labil tanah berkisar 0,004-0,062%, C-labil tanah berkisar 0,20-3,37%, C-terikat mineral liat non kristalin tanah berkisar 1,08-3,50%, dan C-metal kompleks berkisar 0,15-1,72% (Auliadesti, 2023). Studi di wilayah Gunung Sinabung mendapati fraksi C-sangat labil tanah berkisar 0,46-1,20%, C-labil berkisar 1,20-1,65%, C-terikat mineral liat non kristalin berkisar 0,60-0,82%, dan C-metal kompleks tanah berkisar 0,36-0,88% (Fiantis *et al.*, 2024). Studi di wilayah Gunung Sinabung mendapati fraksi C-sangat labil tanah berkisar 0,46-1,20%, C-labil berkisar 1,20-1,65%, C-terikat mineral liat non kristalin berkisar 0,60-0,82%, dan C-metal kompleks tanah berkisar 0,36-0,88% (Fiantis *et al.*, 2024). Informasi mengenai nilai dan sebaran spasial fraksi karbon tanah di wilayah Gunung Marapi hingga saat ini masih sedikit dan bahkan belum diketahui. Wilayah Gunung Marapi

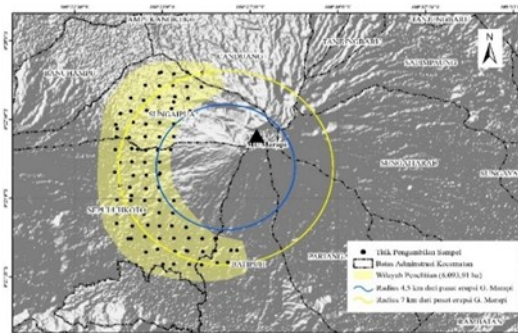
merupakan salah satu zona vulkanis yang diduga memiliki dinamika C yang unik akibat pengaruh aktivitas vulkanis yang berlangsung secara terus menerus. Untuk memahami dinamika fraksi karbon dengan lebih jelas, diperlukan metode yang dapat menunjukkan sebaran fraksi karbon tanah secara akurat dan mudah dipahami.

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode geostatistik menggunakan kriging telah dikenal beberapa dekade terakhir yang dapat memudahkan proses pemetaan sifat tanah dalam analisis dan interpretasi variasi spasial tanah (Lyu *et al.*, 2018). Metode menggunakan kriging dapat meningkatkan akurasi estimasi nilai fraksi C tanah dan lebih efisien dalam mempresentasikan pola distribusi karbon tanah dibandingkan metode geostatistik lainnya (Nikpey *et al.*, 2017). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini ialah untuk memetakan sebaran karbon tanah dan fraksinya pada tanah vulkanis Gunung Marapi. Hasil dari studi ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengolahan tanah dalam mempertahankan simpanan karbon organik dan menjadi penanda untuk kesehatan tanah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret sampai bulan Desember 2024. Penelitian dilakukan di wilayah Gunung Marapi di radius 4,5 – 7 km bagian Barat, Barat Daya, dan Barat Laut. Area penelitian mencakup wilayah Kabupaten Agam (Kecamatan Sungai Pua) dan Kabupaten Tanah Datar (Kecamatan X Koto) (Gambar 1). Luas wilayah penelitian sekitar 6.094 ha yang terbagi pada beberapa penggunaan lahan seperti sawah, hortikultura, kebun campuran, dan hutan.



Gambar 1. Peta pengambilan sampel

Pelaksanaan penelitian

Desain pengambilan sampel tanah dibuat dengan *overlay* pada aplikasi pemetaan GIS berdasarkan peta

geologi dan data penggunaan lahan menggunakan Google Earth. Metode grid digunakan untuk penentuan pengambilan sampel tanah dengan interval 750 x 750 m persegi. Total lokasi pengambilan sampel adalah sebanyak 93 lokasi. Sampel tanah yang diambil adalah sampel tanah utuh dan sampel tanah terganggu. Sampel tanah utuh diambil menggunakan ring sampel dan sampel tanah terganggu diambil menggunakan bor *Belgie* pada kedalaman 0-20 cm.

Analisis tanah dan analisis statistik

Berat volume tanah dan kadar air tanah diukur berdasarkan berat kering oven dari sampel tanah utuh menggunakan ring sampel pada kondisi kapasitas lapang. Kemasaman tanah (pH H₂O dan pH KCl) diukur menggunakan elektroda kaca dengan perbandingan larutan 1:5. Karbon organik (C-Organik) tanah menggunakan metode Walkley and Black, karbon sangat labil (ekstraksi air panas), karbon labil (pencucian HCl 6M), karbon terikat mineral liat non kristalin (ekstraksi larutan ammonium oksalat 0,2 M), karbon humus metal kompleks (ekstraksi natrium pirofosfat) (Fiantis *et al.*, 2023). Setelah hasil analisis sifat kimia dan fisika tanah di laboratorium didapatkan, data diolah menggunakan perangkat lunak pengolah data Microsof Exel, selanjutnya data dilakukan uji statistik menggunakan perangkat lunak statistik uji t Student's pada taraf 5% yang dikelompokkan berdasarkan tiga arah mata angin (Barat Daya, Barat dan Barat Laut) dan olah *kriging* dengan perangkat lunak pemetaan GIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemasaman tanah di wilayah Gunung Marapi

Tanah di wilayah penelitian Gunung Marapi memiliki nilai pH H₂O antara 4,59-6,19 tergolong masam hingga agak masam, sedangkan pH KCl tanah antara 3,8-5,8. Nilai pH H₂O tanah pada wilayah Barat Daya dan Barat memiliki nilai yang sama, tetapi memiliki nilai yang berbeda dengan wilayah Barat Laut. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh sumbangan material vulkanis segar mengandung unsur sulfur (S) akan mengalami oksidasi yang dapat menyebabkan pH tanah menurun (Wahyuni *et al.*, 2012). Kemasaman tanah pada wilayah penelitian juga terjadi akibat tingginya curah hujan mencapai 2.724 mm/tahun. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan kation basa tercuci (Ca²⁺ dan Mg²⁺) (Liyanda *et al.*, 2012) dan digantikan oleh H⁺ dan Al³⁺ yang akan mendominasi di dalam tanah (Delfianto *et al.*, 2021). Nilai pH KCl tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut berturut-turut yaitu 5,06; 4,21; 5,03, berdasarkan uji t memiliki nilai yang sama pada semua wilayah (Tabel 1).

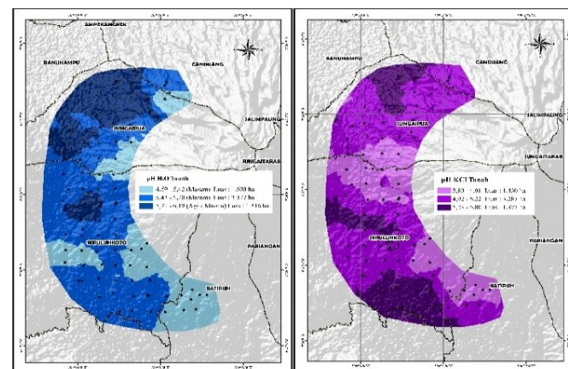
Tabel 1. rata-rata nilai kemasaman tanah (pH H₂O dan pH KCl) tanah wilayah Gunung Marapi

Sektor	pH H ₂ O	pH KCl
Barat Daya	5,42 (b)	5,06 (a)
Barat	5,53 (b)	4,21 (a)
Barat Laut	5,69 (a)	5,03 (a)

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji t, p>0,05

Tanah pada Andisol memiliki pH analisis awal 5,83 menjadi 4,70-5,63 setelah diinkubasi dengan abu vulkanis pada bulan pertama (Yuliana *et al.*, 2017). Kemasaman tanah wilayah penelitian juga diasumsikan karena penggunaan pupuk ZA, Urea, dan Phonska oleh petani yang berada pada penggunaan lahan hortikultura, sawah dan kebun campuran (Tabri *et al.*, 2018).

Sebaran spasial kemasana tanah dibagi menjadi tiga. Tanah dengan nilai pH H₂O antara 5,71-6,19 (agak masam) memiliki luas 1.316 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut. Tanah dengan nilai pH H₂O antara 5,43-5,70 (masam) merupakan sebaran nilai pH H₂O tanah yang paling luas 3.177 ha dominan tersebar di wilayah Barat. Tanah dengan nilai pH H₂O antara 4,59-5,42 (masam) memiliki luas 1.600 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya. Untuk tanah dengan nilai pH KCl antara 5,23-5,80 memiliki luas 1.377 dominan tersebar di wilayah Barat Daya. Tanah dengan nilai pH KCl antara 3,80-4,91 memiliki luas 1.430 ha dominan tersebar di wilayah Barat. Tanah dengan nilai pH KCl antara 4,92-5,22 memiliki luas 3.287 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut (Gambar 2).



Gambar 2. Sebaran spasial pH H₂O tanah (kiri) dan pH KCl tanah (kanan) Gunung Marapi

Berat volume dan karbon organik tanah di wilayah Gunung Marapi

Berat volume tanah di wilayah Gunung Marapi berkisar 0,53-0,99 Mg/m³. Tanah di wilayah Barat Laut, Barat dan Barat daya memiliki BV yaitu 0,81 Mg/m³, 0,87 Mg/m³, dan 0,87 Mg/m³. Nilai BV tanah memiliki nilai yang sama pada semua sebaran

wilayah (Tabel 2). BV tanah rendah di wilayah penelitian akibat keberadaan mineral liat non kristalin tanah (alofan, imogolit dan ferihidrit) yang memiliki porositas tinggi karena strukturnya yang berlubang-lubang (Harsh *et al.*, 2002). BV tanah dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah yang tinggi dapat menurunkan BV tanah. Bahan organik merupakan bahan pengikat agregat tanah, sehingga rongga terdapat pada tanah sehingga BV tanah rendah. Semakin tinggi bahan organik yang terdapat di dalam tanah maka BV tanah semakin rendah (Ulfa *et al.*, 2024).

Tabel 2. Rata-rata nilai berat volume dan C organik tanah wilayah G. Marapi

Sektor	Berat Volume Tanah (Mg/m ³)	%C-organik Tanah
Barat Daya	0,81 (a)	5,00 (a)
Barat	0,87 (a)	4,13 (a)
Barat Laut	0,87 (a)	5,07 (a)

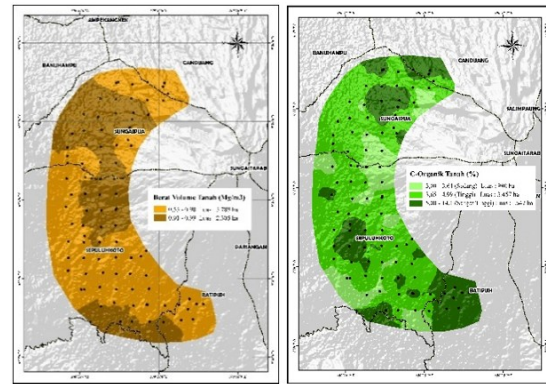
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji t, $p>0,05$

Tanah pada wilayah Gunung Marapi memiliki nilai C-organik antara 3,00-14,18% tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Nilai C-organik tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut adalah 5,00%, 4,13%, dan 5,07%. Semua tanah mempunyai kadar C-organik tergolong sama (Tabel 2). Karbon organik tanah di wilayah penelitian tergolong tinggi karena C-organik tanah terikat dulu pada badan mineral liat non kristalin tanah, sehingga bahan organik tanah akan terlindungi dari proses dekomposisi oleh mikroorganisme di dalam tanah.

Proses dekomposisi bahan organik tanah dapat berjalan dengan lambat akibat pengaruh iklim seperti suhu rendah pada dataran tinggi sehingga aktivitas mikroorganisme akan menurun dan berpengaruh pada proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah (Diza *et al.*, 2017). Sumber bahan organik tanah dapat berasal dari pelapukan vegetasi seperti rerumputan, dedaunan, akar tanaman, maupun batang atau ranting yang berada di atas tanah (Siregar *et al.*, 2017), dan juga dengan menambahkan pupuk organik seperti kompos (Krauss *et al.*, 2017).

Sebaran spasial berat volume tanah dibagi menjadi dua. Tanah dengan nilai BV antara 0,53-0,99 Mg/m³ memiliki luas 3.789 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya dan tanah dengan nilai BV antara 0,91-0,99 Mg/m³ memiliki luas 2.305 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut. Sedangkan Sebaran spasial C-organik tanah dibagi menjadi tiga. Tanah dengan nilai C-organik antara 5,00-14,1% memiliki luas 1.647 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya. Tanah dengan nilai C-organik 3,00-3,64% (sedang) memiliki luas 990 ha dominan tersebar di wilayah Barat. Tanah nilai C-

organik 3,65-4,99% (tinggi) memiliki luas 3.457 ha tersebar merata di seluruh wilayah (Gambar 3).



Gambar 3. Sebaran spasial berat volume tanah (kiri) dan %C-organik tanah (kanan) wilayah G. Marapi

Karbon sangat labil dan karbon labil tanah di Wilayah Gunung Marapi

Tanah pada wilayah Gunung Marapi memiliki nilai C-sangat labil berkisar 0,001-0,045% tergolong sangat rendah. Nilai C-sangat labil tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut adalah 0,0096%, 0,014% dan 0,018%. Tanah di wilayah Barat dan Barat Laut memiliki nilai C-sangat labil yang sama, sedangkan nilai C-sangat labil di wilayah Barat Daya memiliki nilai yang berbeda dengan wilayah Barat dan Barat Laut (Tabel 3). Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pH H₂O tanah (4,99-5,42) tergolong masam di wilayah Barat Daya, sehingga nilai C-sangat labil rendah di wilayah tersebut. Tanah dengan pH masam dapat menurunkan jumlah dan aktivitas mikroba di dalam tanah, sehingga proses dekomposisi C dapat terhambat (Zamanian & Kuzyakov, 2019).

Nilai C-labil tanah di wilayah Gunung Marapi berkisar 0,14-1,41% tergolong sangat rendah hingga rendah. Nilai C-labil tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut adalah 0,84%, 0,82% dan 0,88%. Semua nilai C-sangat labil tanah di wilayah Gunung Marapi memiliki nilai yang sama (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata C sangat labil dan C labil tanah wilayah Gunung Marapi

Sektor	%C sangat labil	%C labil
Barat Daya	0,009 (b)	0,84 (a)
Barat	0,014 (a)	0,82 (a)
Barat Laut	0,018 (a)	0,88 (a)

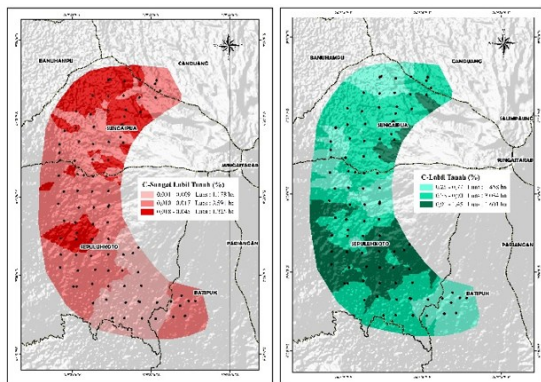
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji t, $p>0,05$

Fraksi C sangat labil merupakan C yang terkandung dalam mikroorganisme tanah seperti bakteri dan virus (Uchida *et al.*, 2012). C-sangat labil tanah didapat dari ekstraksi dengan air panas (Fiantis *et al.*, 2023). Karbon sangat labil yang rendah di dalam

tanah karena mudah mengalami proses dekomposisi karena molekul-molekulnya berukuran sangat kecil (Fiantis *et al.*, 2024). Faktor lain yang mempengaruhi rendahnya C-sangat labil tanah adalah terjadinya pemadatan pada tanah yang sering terjadi pada penggunaan lahan sawah maupun hortikultura yang berpengaruh terhadap respirasi mikroba di dalam tanah (Liu *et al.*, 2023). Selain itu, pemadatan tanah akan mengurangi ketersediaan C organik untuk aktivitas mikroba di dalam tanah.

C-labil berasal dari senyawa C sederhana (glukosa, maltosa, arginine) yang dapat bereaksi cepat di dalam tanah dan sensitif terhadap pengolahan tanah (Haynes, 2005). Rendahnya C-labil tanah karena cepat bereaksi dan mudah mengalami proses dekomposisi menyebabkan keberadaannya menjadi rendah atau sedikit di dalam tanah (Pires *et al.*, 2017). Di wilayah penelitian yang berada di sekitar Gunung Marapi dominan penggunaan lahan untuk tanaman hortikultura dan padi-padian. Pengolahan tanah di wilayah penelitian umumnya dilakukan secara intensif oleh petani seperti pengolahan tanah yang dilakukan secara berulang dan tidak dilakukan rotasi tanaman. Rendahnya C labil tanah dapat disebabkan pengolahan tanah yang terlalu sering karena C-labil memiliki tingkat sensitivitas tinggi terhadap pengolahan pada tanah (Ermadani *et al.*, 2018). Keberadaan C labil dalam tanah bersifat sangat *mobile*, mudah terurai dan sensitif terhadap pengolahan tanah (Wang *et al.*, 2004).

Sebaran spasial C-sangat labil dan C-labil dibagi menjadi tiga. Tanah dengan nilai C-sangat labil di wilayah penelitian Gunung Marapi 0,01%-0,017% dominan tersebar di wilayah Barat dengan luasan mencapai 3.591 ha. Tanah dengan nilai C-sangat labil antara 0,001-0,009% memiliki luas 1.178 ha hanya tersebar di wilayah Barat Daya. Tanah dengan nilai C-sangat labil antara 0,018-0,045% memiliki luas 1.325 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut.



Gambar 4. Sebaran spasial %C sangat labil (kiri) dan %C labil tanah (kanan) wilayah G. Marapi

Sedangkan tanah dengan sebaran nilai C-labil tanah antara 0,78-0,90% memiliki luas 3.591 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut. Tanah dengan nilai C-labil antara 0,25-0,77% memiliki luas 1.458 ha dominan tersebar di wilayah Barat. Tanah dengan nilai C-labil antara 0,91-1,45% memiliki luas 1.601 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya (Gambar 4).

Karbon terikat mineral liat non kristalin dan karbon metal humus kompleks tanah di wilayah Gunung Marapi

Fraksi C terikat mineral liat non kristalin tanah antara 0,20-2,10% tergolong sangat rendah hingga rendah di wilayah Gunung Marapi. Nilai C terikat mineral liat non kristalin tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut adalah 1,08%, 1,01%, dan 1,00%. Hasil uji t, mendapatkan nilai C terikat mineral liat non kristalin tanah di wilayah Barat dan di wilayah Barat Daya memiliki nilai yang berbeda, sedangkan nilai di wilayah Barat dengan wilayah Barat Laut memiliki nilai yang sama (Tabel 4). Perbedaan nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh sumbangan material vulkanis pada tanah yang akan membentuk mineral alofan. Mineral alofan dapat mengikat karbon di dalam tanah sehingga keberadaannya di dalam tanah menjadi rendah (Takahashi & Dahlgren, 2016).

Nilai C metal kompleks tanah antara 0,11-1,55% tergolong sangat rendah hingga rendah. Nilai C metal kompleks tanah di wilayah Barat Daya, Barat dan Barat Laut adalah 0,56%, 0,50% dan 0,71%. Nilai C metal kompleks tanah di wilayah Barat dan Barat Laut memiliki nilai yang berbeda, sedangkan nilai C metal kompleks tanah di wilayah Barat Daya memiliki nilai yang sama di kedua kelompok wilayah (Tabel 4). Perbedaan nilai C humus metal kompleks di wilayah penelitian disebabkan oleh rendahnya kadar logam pengompleks (Al dan Fe) yang tersedia. Tanah terdampak erupsi abu vulkanis segar yang masih mengalami pelapukan awal akan menyebabkan ion Al^{3+} dan Fe^{3+} belum banyak tersedia dalam larutan tanah sehingga belum membentuk kompleks humus (Grazia *et al.*, 2007).

Tabel 4. Rata-rata C teikat mineral liat non kristalin dan C metal kompleks wilayah Gunung Marapi.

Sektor	%C terikat mineral liat non kristalin	%C metal kompleks
Barat Daya	1,08 (b)	0,56 (a)
Barat	1,01 (a)	0,50 (a)
Barat Laut	1,00 (a)	0,71 (b)

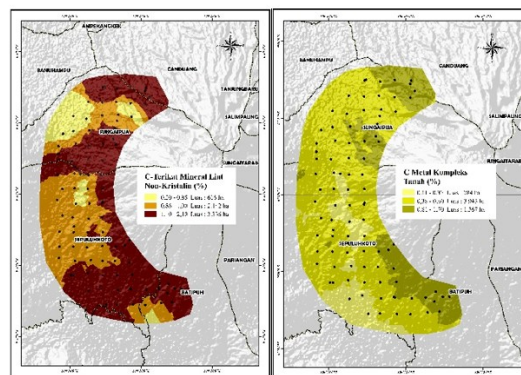
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji t, $p > 0,05$

Karbon yang diekstrak menggunakan asam ammonium oksalat merupakan C yang terikat pada badan mineral liat non kristalin seperti alofan, imogolit dan ferihidrit. Karbon tanah yang diekstraksi menggunakan amonium oksalat merupakan C yang ketersediaannya dipengaruhi oleh kandungan mineral liat non-kristalin tanah vulkanis seperti alofan, imogolit dan ferihidrit (Fiantis *et al.*, 2023). Nilai C terikat mineral liat non kristalin yang rendah didalam tanah disebabkan oleh C tersimpan didalam badan mineral alofan, imogolit dan ferihidrit sehingga keberadaan rendah di dalam tanah. Mineral liat non kristalin dapat menstabilkan karbon melalui reaksi pertukaran ligan anion (Takahashi & Dahlgren, 2016). Mineral liat non kristalin tanah terbentuk jika pH tanah > 5, yaitu tergolong masam, jika alofan dan ferihidrit terbentuk maka karbon tanah akan terperangkap (Dahlgren *et al.*, 2004). Mineral liat non kristalin ditandai dengan adanya kandungan Si₀ dan Al₀ akan membentuk mineral alofan dan Fe₀ akan membentuk mineral ferihidrit, unsur tersebut yang akan mengikat karbon di dalam tanah (Ozaytekin, 2011).

Karbon yang diekstraksi menggunakan larutan Na-pirofosfat merupakan karbon yang dikomplekskan dengan logam seperti Al dan Fe disebut dengan C-metal kompleks (Neculman *et al.*, 2013). Pada Andisol umumnya banyak mengandung mineral alofan yang berasal dari pelapukan material vulkanis yang akan lebih banyak menghasilkan senyawa polimer Al dibandingkan dengan kompleks Al dan humus (Aran *et al.*, 2001). Berdasarkan hasil penelitian, pH tanah yang lebih dari 5, dapat menyebabkan unsur Al dan Fe tersimpan dalam bentuk mineral alofan. Kondisi tersebut dapat mengurangi ikatan Al dan Fe dengan senyawa humus, sehingga pembentukan C-metal kompleks di dalam tanah menjadi rendah. (Panichini *et al.*, 2017). Sebaliknya jika tingkat kemasaman tanah tinggi (pH <4,5), yang disebabkan pencucian kation dari tanah akan memicu “efek anti alofan”, sehingga Al lebih banyak berikatan dengan humus karena pembentukan alofan dan ferihidrit terhambat akibat pH tanah rendah (Dahlgren *et al.*, 2004).

Sebaran spasial C-terikat mineral liat non kristalin dan C-metal kompleks dibagi menjadi tiga (Gambar 5). Tanah dengan nilai C-terikat mineral liat non kristalin antara 0,20-0,85% memiliki luas 616 ha dominan tersebar di wilayah Barat Laut. Tanah dengan nilai C-terikat mineral liat non kristalin antara 0,86-1,00% memiliki luas 2.142 ha dominan tersebar di wilayah Barat. Tanah dengan nilai C-terikat mineral liat non kristalin antara 1,10-2,10% memiliki luas 3.336 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya. Tanah dengan nilai C-metal kompleks antara 0,11-0,37% memiliki luas 784 ha yang dominan tersebar di wilayah Barat Daya. Tanah dengan nilai C-metal kompleks antara 0,38-0,80% memiliki luas 3.943 ha

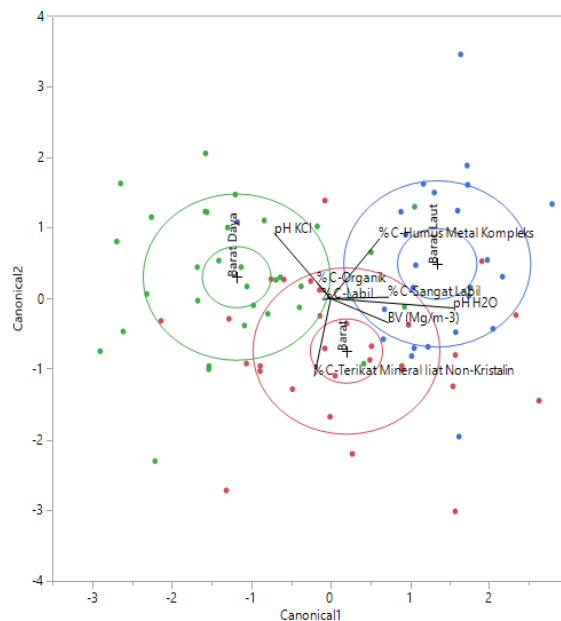
domina tersebar di wilayah Barat Laut. Tanah dengan nilai C-metal kompleks antara 0,81-1,70% memiliki luas 1.367 ha dominan tersebar di wilayah Barat Daya.



Gambar 5. Sebaran spasial %C terikat mineral liat non kristalin (kiri) dan %C metal kompleks tanah (kanan) wilayah G. Marapi

Sidik jari kimia tanah di wilayah Gunung Marapi

Berdasarkan hasil analisis diskriminan yang ditampilkan pada uji canonical plot yang dikelompokkan berdasarkan arah mata angin (Barat Daya, Barat dan Barat Laut) menunjukkan adanya pola pemisah yang cukup jelas dengan parameter analisis yang digunakan. Berat volume tanah, kemasaman tanah, C-organik, dan fraksionasi C memiliki peran dalam membedakan karakteristik tanah pada setiap kategori (Gambar 6).



Gambar 6. Fraksionasi karbon tanah di wilayah Gunung Marapi

Tanah di Wilayah Barat Daya lebih dipengaruhi oleh nilai pH KCl, yang menandakan bahwa tingkat ke-

masaman tanah memiliki peran penting membedakan tanah di wilayah tersebut. Sedangkan tanah di wilayah Barat Laut memiliki hubungan yang erat dengan C-metal kompleks dan pH H₂O, yang menunjukkan tanah di wilayah Barat Laut memiliki kadar humus lebih tinggi. Tanah di bagian Barat memiliki karakteristik tanah lebih banyak dipengaruhi oleh C-sangat labil, C-labil, C-terikat mineral liat non kristalin dan berat volume tanah. Hasil analisis diskriminan menunjukkan adanya hubungan saling berkesinambungan antara wilayah Barat dan Barat Laut, serta wilayah Barat dan Barat Daya. Tanah di bagian Barat Laut memiliki kedekatan karakteristik dengan C-metal kompleks tanah, dan tanah di wilayah Barat memiliki kedekatan karakteristik dengan C-terikat mineral liat non kristalin, menandakan bahwa tanah di wilayah Barat Laut dan Barat memiliki bahan organik yang lebih stabil.

KESIMPULAN

Tanah pada wilayah Gunung Marapi memiliki kemasaman tanah berkisar antara 4,59-6,19 (pH H₂O) dan 3,8-5,8 (pH KCl), kadar C-organik tanah berkisar antara 3,00%-14,18%, kadar C-sangat labil tanah berkisar antara 0,001-0,045%, kadar C-labil tanah berkisar antara 0,14-1,41%, kadar C-terikat mineral liat non kristalin tanah berkisar antara 0,20-2,10%, dan kadar C-metal kompleks tanah berkisar antara 0,11-1,70%. Sidik jari kimia tanah wilayah penelitian menunjukkan adanya kedekatan karakteristik antara tanah di wilayah Barat dengan Barat Laut, serta tanah di wilayah Barat dan Barat Daya. Kelompok tanah di wilayah Barat Laut memiliki karakteristik tanah yang lebih dipengaruhi oleh BV, pH H₂O, C-organik, C-labil, C-sangat labil, dan C-metal kompleks. Tanah di wilayah Barat Daya hanya dipengaruhi oleh pH KCl dan tanah di wilayah Barat dipengaruhi oleh BV, C-terikat mineral liat non kristalin, C-labil, C-sangat labil dan C-organik. Oleh karena itu, Keberagaman fraksi karbon tanah tersebut dapat dijadikan acuan dalam pengolahan tanah dalam mempertahankan simpanan karbon organik dan menjadi penanda untuk kesehatan tanah.

SANWACANA

Penelitian ini mendapat anggaran penelitian dari Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi. Penelitian Fundamental Reguler dengan Surat Keputusan No 041/E5/PG.02.00.PL/2024 dan Perjanjian/Kontrak No.57/UN16.19/PT.01.03/PL/2024 mendapat anggaran dari penelitian Distribusi Spasial Material Piroklastik Erupsi Gunung Marapi 2023-2024, Dinamika Mineral Liat Non-Kristalin dan Fraksi Karbon Organik Tanah Vulkanis, a.n Prof. Dr. Ir. Dian Fiantis, MSc.

DAFTAR PUSTAKA

- Aran, D., Gury, M. & Jeanroy, E. (2001). Organo-metallic complexes in an Andosol: A comparative study with a Cambisol and Podzol. *Geoderma*, 99(1–2), 65–79. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00064-1).
- Auliadesti, V. (2023). *Fraksionasi karbon dan stok karbon tanah perkebunan teh Gunung Talang* [Skripsi, Universitas Andalas]. Universitas Andalas.
- Dahlgren, R. A., Saigusa, M. & Ugolini, F. C. (2004). The nature, properties and management of volcanic soils. *Advances in Agronomy*, 82, 113–182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(03\)82003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)82003-5).
- Delfianto, R., Rayes, M. L. & Agustina, C. (2021). Morfologi dan klasifikasi tanah pada toposekuen lereng barat Gunung Kelud, Kediri, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 539–552. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.24>.
- Diza, K. V., Zulhemi & Syaryadhi, M. (2017). Monitoring suhu dan kelembaban menggunakan mikrokontroler Atmega328 pada proses dekomposisi pupuk kompos. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 2(3), 91–98.
- Ermadani, E., Hermansah, H., Yulnafatmawita, Y. & Syarif, A. (2018). Dynamics of soil organic carbon fractions under different land management in wet tropical areas. *Jurnal Solum*, 15(1), 26–39. DOI: <https://doi.org/10.25077/jsolum.15.1.26-39.2018>.
- Farrasati, R., Pradiko, I., Rahutomo, S., Sutarta, E. S., Santoso, H. & Hidayat, F. (2020). C-organik tanah di perkebunan kelapa sawit Sumatera Utara: Status dan hubungan dengan beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 43(2), 157–165. DOI: <https://doi.org/10.21082/jti.v43n2.2019.157-165>.
- Fiantis, D., Ginting, F. I., Padrikal, R., Prayoga, D., Arianto, B., Fajrianeldi, R. & Nelson, M. (2023). Carbon and phosphorus in volcanic soils of Mt. Kerinci (Sumatra) after long-term tea and paddy cultivation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(22), 3169–3184. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2253843>.
- Fiantis, D., Nelson, M., Shamshuddin, J., Goh, T. B. & Van Ranst, E. (2016). Initial carbon storage in new tephra layers of Mt. Talang in Sumatra as affected by pioneer plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(15), 1792–1812. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1208755>.

- Fiantis, D., Rudiyanto, Ginting, F. I., Utami, S. R., Sukarman, Anda, M., Jeon, S. H. & Minasny, B. (2022). Sustaining the productivity and ecosystem services of soils in Indonesia. *Geoderma Regional*, 28, e00488. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00488>.
- Fiantis, D., Rudiyanto, Gusnidar, Ginting, F. I., Padrikal, R., Prayoga, D., Arianto, B., Fajrianeldi, R. & Nelson, M. (2023). Carbon and phosphorus in volcanic soils of Mt. Kerinci (Sumatra) after long-term tea and paddy cultivation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(22), 3169–3184. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2253843>.
- Fiantis, D., Yulanda, N., Ginting, F. I. & Agustian. (2024). Digital mapping of soil organic carbon in volcanic soils after prolonged eruption Mt. Sinabung, Karo Regency, North Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1306(1), 012024. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1306/1/012024>.
- Grazia, M., Figlia, D., Bellanca, A., Neri, R. & Stefansson, A. (2007). Chemical weathering of volcanic rocks at the island of Pantelleria, Italy: Information from soil profile and soil solution investigations. *Chemical Geology*, 246, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.07.025>.
- Harsh, J., Chorover, J. & Nizeyimana, E. (2002). Allophane and imogolite. In J. B. Dixon & D. G. Schulze (Eds.), *Soil mineralogy with environmental applications* (pp. 291–322). *Soil Science Society of America*. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssabookser7.c9>.
- Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. *Advances in Agronomy*, 85, 221–268. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(04\)85005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)85005-3).
- Krauss, M., Ruser, R., Müller, T., Hansen, S., Mäder, P. & Gattinger, A. (2017). Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley–winter wheat cropping sequence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 324–333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029>.
- Liu, X., Rezaei, M., Van Zwieten, L., Esfandbod, M., Rose, M. T. & Chen, C. (2023). Microbial carbon functional responses to compaction and moisture stresses in two contrasting Australian soils. *Soil & Tillage Research*, 234, 105825. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105825>.
- Liyanda, M., Karim, A. & Abubakar, Y. (2012). Analysis of land suitability criteria for cocoa production of three cluster development in Pidie District. *Agrista*, 16(2), 62–79. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/agrista/article/view/289>.
- Lyu, H., Watanabe, T., Kilasara, M. & Funakawa, S. (2018). Effects of climate on distribution of soil secondary minerals in volcanic regions of Tanzania. *Catena*, 166, 209–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.005>.
- Neculman, R., Rumpel, C., Matus, F., Godoy, R., Steffens, M. & de la Luz Mora, M. (2013). Organic matter stabilization in two Andisols of contrasting age under temperate rain forest. *Biology and Fertility of Soils*, 49(6), 681–689. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0758-2>.
- Nikpey, M., Sedighkia, M. & Nateghi, M. B. (2017). Comparison of spatial interpolation methods for mapping the qualitative properties of soil. *Advances in Agricultural Science*, 5(3), 1–15. <http://www.aaasjournal.org>.
- Ozaytekin, H. H. (2011). Soil formation overlying volcanic materials at Mount Erenler, Konya, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35, 545–562. DOI: <https://doi.org/10.3906/tar-1102-2>.
- Panichini, M., Neculman, R., Godoy, R., Arancibia-Miranda, N. & Matus, F. (2017). Understanding carbon storage in volcanic soils under selectively logged temperate rainforests. *Geoderma*, 302, 76–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.023>.
- Pires, C. V., Schaefer, C. E. R. G., Hashigushi, A. K., Thomazini, A., Filho, E. I. F. & Mendonça, E. S. (2017). Soil organic carbon and nitrogen pools drive soil C-CO₂ emissions from selected soils in Maritime Antarctica. *Science of the Total Environment*, 596–597, 124–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.144>.
- Seprianto. (2016). *Fraksionasi karbon tanah vulkanis di Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung Kabupaten Padang Pariaman* [Skripsi, Universitas Andalas]. Universitas Andalas.
- Siregar, P., Fauzi & Supriadi. (2017). Effect of giving some organic matter and incubation period to some chemical fertility aspects of Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(2), 256–264.
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K.-H., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F. N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Masera, O., Böttcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., Mbow, C., ... Rose, S. (2013). How much land-based greenhouse gas mitigation

- can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Global Change Biology*, 19(8), 2285–2302. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12160>.
- Susanti, A., Khalil, M. & Sufardi, S. (2021). Evaluasi cadangan karbon tanah pada beberapa tipe penggunaan lahan kering di Kecamatan Blang Bintang Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(2), 69–78. DOI: <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i2.16960>.
- Tabri, F., Aqil, M. & Efendi, R. (2018). Uji aplikasi berbagai tingkat dosis pupuk ZA terhadap produktivitas dan mutu jagung. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 4(1), 24–30. DOI: <https://doi.org/10.26858/ijfs.v4i1.6012>.
- Takahashi, T. & Dahlgren, R. A. (2016). Nature, properties and function of aluminum-humus complexes in volcanic soils. *Geoderma*, 263, 110–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.032>.
- Uchida, Y., Nishimura, S. & Akiyama, H. (2012). The relationship of water-soluble carbon and hot-water-soluble carbon with soil respiration in agricultural fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 116–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.012>.
- Ulfa, N., Yulnafatmawita, Y. & Rasyidin, A. (2024). Kajian sifat fisika tanah pada beberapa umur tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) rakyat di Nagari Ladang Panjang Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat. *Agrikultura*, 35(2), 365–376. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i2.55692>.
- Wahyuni, E. T., Triyono, S. & Suherman. (2012). Penentuan komposisi kimia abu vulkanik dari erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(2), 150–159.
- Wang, W. J., Baldock, J. A., Dalal, R. C. & Moody, P. W. (2004). Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 2045–2058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.05.023>.
- Yuliana, A., Arifin, M. & Nurlaeny, N. (2017). Pengaruh partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap muatan variabel dan kemasaman Andisol. *Agrikultura*, 28(3), 118–125. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v28i3.15743>.
- Zamanian, K. & Kuzyakov, Y. (2019). Contribution of soil inorganic carbon to atmospheric CO₂: More important than previously thought. *Global Change Biology*, 25(1), e1–e3. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14463>.