

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah lapisan terluar kerak bumi yang berperan penting dalam mendukung kehidupan, berfungsi sebagai media pertumbuhan tanaman, penyedia unsur hara, sumber air, dan tempat peredaran udara bagi organisme. Tanah yang sehat dan subur sangat diperlukan untuk mempertahankan ekosistem yang seimbang. Oleh karena itu, memahami karakteristik tanah sangat penting untuk pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pendapat Y. Zhang et al. (2023). Lybrand (2023), yang menjelaskan bahwa tanah memiliki kontribusi besar terhadap keberlanjutan ekosistem dengan mendukung kehidupan berbagai organisme dan memastikan kelangsungan hidup tanaman menegaskan bahwa tanah tidak hanya mendukung kehidupan organisme tetapi juga memainkan peran penting dalam mengatur siklus air dan mendukung pertumbuhan tanaman yang berkelanjutan.

Kawasan karst di Maros, Sulawesi Selatan, memiliki potensi geologi unik akibat proses karstifikasi yang berlangsung selama ribuan tahun. Tanah di daerah ini umumnya bertekstur lempung berdebu hingga liat dengan kandungan bahan organik rendah, berbeda dengan tanah di kawasan non-karst. Guo et al. (2024) yang menambahkan bahwa pengaruh batuan induk dan proses geokimia karst sangat menentukan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, khususnya dalam hal retensi air dan ketersediaan unsur hara. Penjelasan ini dikuatkan oleh Chen et al. (2020), yang mengungkapkan bahwa mineral liat seperti kaolinit dan illit yang terbentuk di kawasan ini mempengaruhi struktur tanah dan sifat fisiknya

Struktur tanah merupakan faktor krusial dalam menentukan kualitas tanah yang mendukung fungsi tanah dan pertumbuhan tanaman. Tanah dengan struktur yang baik ditandai dengan porositas yang cukup, yang memungkinkan pergerakan air dan udara serta memberi ruang bagi akar untuk berkembang. Sebaliknya, tanah yang kompak dapat menghambat pertumbuhan akar, pergerakan air, serta distribusi nutrisi yang diperlukan tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Savi et al. (2019) menjelaskan bahwa pemadatan tanah di daerah karst dapat mengurangi porositas tanah, menghambat aliran air, dan menurunkan efisiensi pertumbuhan akar. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari karakteristik struktur tanah, terutama di kawasan karst, karena hal ini tidak hanya mempengaruhi aspek pertanian, tetapi juga keberlanjutan ekosistem dan pengelolaan sumber daya alam. Tanah dengan porositas yang tinggi memiliki kemampuan lebih baik dalam mempertahankan ketersediaan air dan udara, mendukung pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim (Guimarães et al., 2017)

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menilai kualitas struktur tanah adalah *Visual Evaluation of Soil Structure* (VESS). Metode ini merupakan pendekatan yang sederhana namun efisien untuk mengevaluasi kualitas struktur tanah, dengan fokus pada elemen-elemen penting seperti agregat tanah, porositas, dan keberadaan akar tanaman. Hal ini diperjelas oleh Guimarães et al. (2017), metode VESS sangat berguna untuk memantau degradasi tanah, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur. Karena tidak memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks. VESS memberikan

penilaian visual yang cepat dan mudah diterapkan, menjadikannya alat yang ideal untuk digunakan di lapangan. Emami et al. (2024) juga mengungkapkan bahwa pengukuran visual menggunakan VESS dapat digunakan untuk memantau perubahan kualitas tanah pasca-perubahan penggunaan lahan, yang sangat bermanfaat untuk manajemen tanah yang lebih berkelanjutan

VESS berfungsi sebagai pendekatan semi-kuantitatif yang memungkinkan penilaian cepat perubahan struktur tanah. Metode ini berfokus pada penggambaran agregat tanah, porositas, dan perakaran, yang berhubungan dengan penyimpanan dan pengangkutan air, perkembangan akar, dan serapan hara. Berdasarkan evaluasi visual, tanah diberi skor (Sq) yang menggambarkan kualitas struktural tanah, dengan rentang nilai 1 hingga 5, di mana skor 1 menunjukkan kualitas struktural yang baik dan skor 5 menunjukkan kualitas yang buruk. VESS memiliki biaya yang sangat rendah karena hanya memerlukan sekop dan bagan VESS, tanpa bahan habis pakai. Meskipun membutuhkan pelatihan untuk evaluasi yang akurat, metode ini tidak memerlukan pengetahuan pedologi yang mendalam, menjadikannya alat yang sangat efisien untuk karakterisasi dan pemantauan degradasi tanah, terutama di daerah terpencil dengan infrastruktur terbatas (Goularte et al., 2020).

Selain VESS, terdapat metode lain yang digunakan untuk pengamatan struktur tanah secara visual, seperti *Soil Quality Index* (SQI) dan *Soil Structure Rating* (SSR). SQI mengintegrasikan berbagai parameter fisik, kimia, dan biologis untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kualitas tanah. Chaudhry et al. (2024) menyatakan bahwa SQI lebih cocok digunakan untuk pengukuran kualitas tanah dalam jangka panjang karena memungkinkan pemantauan perubahan kualitas tanah secara menyeluruh. Selain itu, Marion et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan SQI yang berbobot dapat lebih efisien dalam mendeteksi perubahan kualitas tanah dibandingkan dengan metode lainnya, karena memberikan informasi yang lebih terintegrasi.

Namun, meskipun SQI dan SSR memberikan informasi yang lebih terintegrasi, VESS tetap unggul dalam hal kecepatan dan kemudahan penerapan di lapangan. VESS memungkinkan evaluasi langsung tanpa memerlukan alat laboratorium yang mahal atau rumit, menjadikannya sangat efisien untuk penelitian lapangan, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur. VESS memberikan penilaian visual yang cepat dan praktis untuk karakterisasi struktur tanah, yang hanya memerlukan sekop dan bagan VESS. Turniški et al. (2023) menyoroti bahwa VESS sangat berguna dalam pemantauan degradasi tanah secara real-time, membuatnya lebih unggul dalam aplikasi lapangan yang memerlukan evaluasi instan. Maji & Mistri (2024) menemukan bahwa meskipun SQI memberikan indikator yang lebih luas dalam menilai kualitas tanah secara keseluruhan, VESS lebih efisien dalam memberikan penilaian yang lebih cepat dan relevan terkait perubahan struktural tanah dalam jangka pendek, yang penting untuk pemantauan kondisi tanah secara langsung.

Meskipun metode VESS telah digunakan di berbagai negara, penerapannya di kawasan karst Indonesia, khususnya di Maros, masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada tanah di kawasan non-karst atau menggunakan metode yang lebih kompleks.

Tanah di Kelurahan Leang-leang, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, yang berkembang dari batugamping diyakini memiliki struktur

tanah yang unik terhadap pola penggunaan lahan berbeda. Pengolahan yang tidak sama diduga menimbulkan struktur tanah yang bervariasi, seperti pemadatan atau penurunan porositas, yang dapat mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan air untuk mendukung pertumbuhan akar tanaman. Karena itu, menarik untuk dipelajari bagaimana interaksi antara batugamping dengan penggunaan lahan terhadap struktur tanah. Saya memfokuskan evaluasi struktur tanah dengan metode pengamatan *Visual Evaluation of Soil Structure*.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mempelajari karakteristik struktur tanah pada tutupan lahan belukar, sawah, dan hutan di kawasan karst Maros yang berkembang dari batugamping, menggunakan metode *Visual Evaluation of Soil Structure* (VESS)

1.3 Teori

Struktur tanah adalah penyusunan partikel-partikel tanah (pasir, debu, dan liat) dan bahan organik membentuk agregat tanah (Zech et al., 2022). Struktur tanah merupakan salah satu indikator penting dari kualitas tanah (Jarvis et al., 2024). Struktur tanah yang baik ditandai dengan porositas yang memadai, memungkinkan pergerakan udara dan air, serta memberi ruang bagi akar tanaman untuk tumbuh secara optimal (Rossi et al., 2022). Struktur tanah memengaruhi banyak proses di dalam tanah, termasuk infiltrasi air, erosi, dan pencucian hara. Struktur tanah yang tidak baik, misalnya tanah yang padat mengurangi kapasitas retensi air dan udara (G. Li et al., 2025), mengakibatkan munculnya masalah aerasi, penurunan infiltrasi, hambatan pertumbuhan akar, dan cenderung memiliki kesuburan tanah yang rendah (Savi et al., 2019).

Struktur tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk bahan organik, tekstur, aktivitas biologis tanah serta pH. Bahan organik memiliki peran penting dalam pembentukan agregat dan peningkatan porositas, yang berfungsi untuk mempertahankan air dan memberi ruang bagi pertumbuhan akar (Hu et al., 2020). Pengaruh bahan organik terhadap struktur tanah bergantung pada bagaimana lahan tersebut dikelola. Praktik pengelolaan yang tidak ramah lingkungan, seperti aktivitas penambangan, pengolahan tanah berlebihan, dan pengurangan tutupan vegetasi alami, dapat mengurangi jumlah bahan organik tanah, dan mendorong proses pemadatan tanah (Teferi et al., 2016).

Tanah yang kehilangan bahan organik cenderung memiliki porositas rendah, sehingga mengurangi kemampuan tanah dalam menyimpan dan mengalirkan air yang dibutuhkan akar tanaman, menyebabkan degradasi tanah, penurunan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, dan rentan terhadap dampak perubahan iklim (Hu et al., 2020).

Kandungan bahan organik dalam tanah berkaitan dengan penggunaan lahan. Pengelolaan lahan yang mengutamakan pemeliharaan bahan organik, misalnya melalui sistem agroforestri (Elagib & Al-Saidi, 2020) dapat meningkatkan kualitas struktur tanah (Guo et al., 2019), mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Abbas et al., 2017), dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap proses degradasi (Masebo et al., 2025). Sebaliknya, pengelolaan lahan yang buruk, misalnya sistem pertanian monokultur dapat

menyebabkan penurunan bahan organik tanah, mendorong pemadatan tanah, dan mengurangi efisiensi retensi air dan udara dalam tanah (Guimarães et al., 2017).

Aktivitas biologis tanah yang melibatkan mikroorganisme tanah serta makrofauna seperti cacing tanah, berperan dalam pembentukan struktur tanah. Makrofauna dan mikroorganisme tanah membantu memecah bahan organik dan menghasilkan senyawa yang meningkatkan stabilitas agregat tanah (Lu et al., 2024). Aktivitas biologis juga berkontribusi pada pembentukan porositas tanah sangat penting untuk pergerakan air dan udara dalam tanah. Struktur tanah yang baik akan memungkinkan akar tanaman berkembang dengan baik, serta mendukung efisiensi penggunaan air dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Guimarães et al., 2017).

Karena pentingnya, diperlukan suatu sistem evaluasi struktur tanah yang handal, namun dapat dilakukan dengan cepat dan murah. Evaluasi struktur tanah bertujuan untuk menilai kondisi fisik tanah, khususnya dengan mengamati agregat, porositas, dan pertumbuhan akar tanaman. Evaluasi ini dapat dilakukan secara kuantitatif maupun semi-kuantitatif dengan memanfaatkan parameter fisik, kimia, dan biologis tanah. Salah satu metode yang telah digunakan adalah *Visual Evaluation of Soil Structure* (VESS) (Mora-Motta et al., 2024). VESS merupakan metode semi-kuantitatif yang menilai kualitas struktur tanah dengan mengamati agregat, porositas, dan keberadaan akar tanaman. VESS berguna untuk memantau degradasi tanah, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur, karena tidak memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks (Guimarães et al., 2017).

BAB II METODOLOGI

2.1 Tempat dan Waktu

Pengamatan dan pengambilan sampel tanah dilakukan di Kelurahan Leang-leang, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, pada koordinat 4°57'45.11"LS dan 119°42'50.15"BT. Lokasi penelitian terdiri dari tiga jenis penggunaan lahan, yaitu rumput belukar seluas 6 ha, sawah 21 ha, dan hutan 5 ha. Lahan belukar yang menjadi objek penelitian ini merupakan lahan bekas tambang yang saat ini telah ditumbuhi belukar. Aktivitas penambangan di lahan ini berlangsung sejak tahun 1997 dan dihentikan pada tahun 2019. Hingga saat ini, lahan bekas tambang tersebut belum pernah melalui proses reklamasi atau pemulihan setelah pasca penambangan. Selanjutnya, analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Fisika Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian ini berlangsung dari Oktober 2024 sampai Januari 2025.

2.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah:

1. Alat survei berupa *Global Position System* (GPS), bagan metode (VESS), kamera digital, treepoth, cangkul, linggis, sekop, pisau lapangan, meteran bar, ring sampel, lup, plastic, dan jangka sorong
2. Alat untuk analisa tanah ditunjukkan pada Tabel 1.

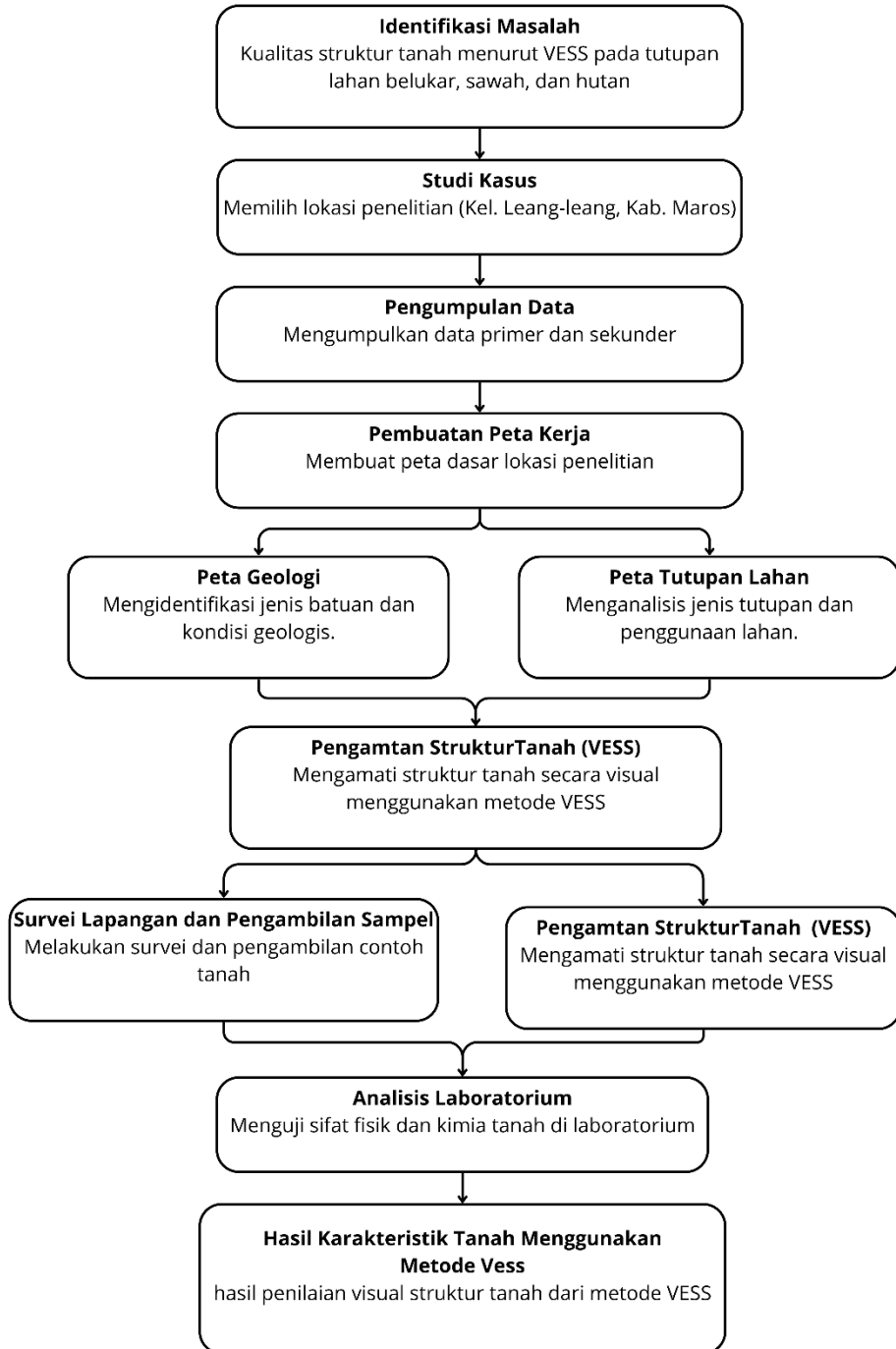
Tabel 1. Alat yang digunakan dalam analisis di laboratorium

Parameter	Peralatan
Tekstur	Hydrometer, gelas piala, gelas ukur, ayakan, pipet tetes dan neraca analitik.
C-Organik	Neraca analitik, labu ukur, pipet tetes dan alat Titrasi
pH	Neraca analitik, botol kocok, mesin pengocok dan pH meter
Kerapatan isi	Ring sampel, oven dan neraca analitik
Mineral liat	XRD dan aplikasi Match-4
Porositas	Picnometer

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel tanah terganggu dan sampel tanah utuh, bagan VESS, sistem lahan wilayah Kabupaten Maros, peta geologi skala 1:120.000, serta peta unit lahan skala 1:30.000.

2.3 Metodologi Tahapan Penelitian

Kerangka berpikir penelitian dengan metode *visual evaluation of soil structure*, tahapan penelitian ini sebagai berikut:



2.4 Studi pustaka

Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka dengan mengkaji literatur yang relevan dan mendukung penelitian ini. Selain itu, data sekunder berupa peta tutupan lahan dan peta geologi turut dikumpulkan sebagai pendukung dalam pelaksanaan penelitian.

2.5 Pembuatan peta kerja

yang di tumpang susun menggunakan peta geologi skala 1:120.000 dan peta unit lahan skala 1:30.000 sehingga menghasilkan peta unit lahan. Peta tersebut digunakan sebagai acuan untuk peta pengambilan sampel tanah.

2.6 Survei lapangan dan pengambilan sampel tanah

Survei lapangan penentuan kordinat lokasi menggunakan GPS. Pengambilan sampel tanah menggunakan metode *purposive sampling* dan pengambilan sampel. Kemudian pada masing- masing lapisan dari setiap profil diambil 1 kg sampel tanah terganggu untuk dianalisis di laboratorium, dan juga sampel tanah utuh untuk keperluan analisis sifat fisik dan kimiah tanah.

2.7 Pengamatan struktur tanah

Pengamatan struktur tanah dilakukan dengan menggali tanah sampai kedalaman 30 cm dan ukuran lubang 30 cm x 30 cm x 30 cm di tiga jenis tutupan lahan di kawasan karst Maros, yaitu lahan belukar, sawah, dan hutan. Struktur tanah pada setiap titik pengamatan dinilai menggunakan metode *Visual Evaluation of Soil Structure*. Pengambilan sampel tanah tidak dapat dilakukan pada tanah yang terlalu kering atau terlalu basah.

Pada setiap lokasi contoh tanah dilakukan pengamatan dan penghancuran (fragmentasi) agregat tanah. Hal ini dilakukan untuk melihat bentuk, pori, erakaran, dan mudah atau tidaknya dalam penghancuran agregat terbesar, kemudian dilakukan skoring dengan menggunakan Gambar 3.

2.8 Karakteristik Struktur Tanah dengan Metode VESS

Metode *Visual Evaluation of Soil Structure* (VESS) adalah teknik yang digunakan untuk menilai kualitas struktur tanah melalui pengamatan langsung terhadap elemen-elemen fisik tanah. Metode ini memberikan penilaian yang menggambarkan kemampuan tanah dalam menyerap air, menyimpan unsur hara, dan mendukung pertumbuhan akar tanaman (Ball et al., 2017)

Rumus perhitungan struktur kualitas tanah pada satu lahan (Ball et al., 2017) sebagai berikut:

$$\text{VESS } S_{q_{score}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_{qi}T_i}{TT} \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

- $S_{q_{score}}$ = Nilai VESS keseluruhan
 S_{qi} = Nilai VESS pada ketebalan ke-i
 T_i = Ketebalan sampel tanah ke-i
 TT = Ketebalan total seluruh tanah

Rumus ini digunakan untuk menghitung nilai keseluruhan VESS yang menggambarkan kualitas struktur tanah berdasarkan pengamatan pada berbagai kedalaman lapisan tanah. Setiap lapisan tanah yang diuji memiliki skor (S_{qi}) yang diperoleh melalui evaluasi visual, dan ketebalan lapisan tanah (T_i) digunakan untuk memberikan bobot terhadap skor tersebut. Ketebalan total (TT) adalah jumlah ketebalan seluruh lapisan tanah yang diuji, rumus ini memperhitungkan kedalaman lapisan tanah dalam memberikan nilai akhir kualitas struktur tanah (Wolfgramm et al., 2015). Skor VESS diklasifikasikan dari S_q 1 (kualitas tanah baik) hingga S_q 5 (kualitas tanah buruk).

Tabel 2. Klasifikasi skor kualitas struktur tanah (Ball et al., 2017; Cherubin et al., 2019; (Dwi et al., 2021)

Skor	Kualitas Struktur Tanah	Perbaikan manajemen lahan
1-2	Baik	Tidak diperlukan perubahan pengelolaan lahan
2-3	Sedang	Perlu ditingkatkan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut
3-5	Buruk	Perlu segera dilakukan perbaikan kondisi tanah untuk pertumbuhan tanaman

Pada skor satu sampai dua, tanah menunjukkan kualitas fisik yang baik, dengan struktur tanah yang stabil, porositas yang cukup, dan perkembangan akar yang optimal. Oleh karena itu, tidak diperlukan pengelolaan lahan tambahan pada kondisi ini. Pada skor dua sampai tiga, kualitas fisik tanah masih baik, namun sudah berada pada ambang batas yang menunjukkan perlunya perhatian lebih untuk mencegah degradasi lebih lanjut. Skor tiga sampai lima mengindikasikan kualitas struktur tanah yang buruk, dengan pemadatan yang signifikan, sehingga perlu segera dilakukan perbaikan kondisi tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.

2.9 Analisis laboratorium

Tabel 3. Analisa laboratorium sifat fisik dan kimia tanah yang dilakukan

Parameter	Metode	Referensi
Tekstur tanah	Hidrometer	(Gee & Bauder, 1986)
pH	pH meter	(Dai et al., 2020)
Kerapatan isi	<i>Volumetric cylinder</i>	(Blake & Hartge, 1986)
Konduktivitas hidriolik	<i>Constant head</i>	(Klute & Dirksen, 1986)
C-organik	Walkley and Black	(Ou et al., 2017)
Porositas	<i>Calculation from partickel and bulk density</i>	((Danielson & Sutherland, 1986))
Mineral liat	XRD dan aplikasi Match-4	(Deon et al. 2022)

Tekstur tanah

Metode yang digunakan untuk menganalisis tekstur tanah adalah hidrometer, seperti yang dijelaskan oleh Gee dan Bauder (1986). Dimulai dengan mengambil sampel tanah yang telah dikeringkan dan diayak. Sampel tanah tersebut kemudian dicampurkan dengan air dan bahan pencucian lainnya untuk melarutkan partikel besar, seperti pasir. Kemudian, sampel diukur menggunakan hidrometer untuk menentukan kandungan fraksi pasir, debu, dan liat tanah. Pengukuran tekstur tanah ini berlandaskan pada hukum Stokes, yang mengatur penurunan partikel dalam fluida. Rumus yang digunakan dalam perhitungan tekstur tanah adalah:

$$d \frac{18\eta h}{v} \dots\dots\dots(2)$$

di mana:

- d = diameter partikel
- η = viskositas air
- h = waktu jatuh partikel
- v = kecepatan partikel

pH Tanah

Pengukuran **pH tanah** dilakukan dengan menggunakan **pH meter**, sebagaimana yang dijelaskan oleh Dai et al. (2020). Tahapan dalam metode ini dimulai dengan pembuatan suspensi tanah yang dicampur dengan air atau larutan KCl pada rasio tertentu, misalnya 1:1 atau 1:2.5. Setelah itu, sampel tersebut diukur menggunakan pH meter untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan tanah.

Kerapatan isi

Berdasarkan metode *volumetric cylinder* yang dijelaskan oleh Blake & Hartge (1986), pengambil sampel tanah utuh berbentuk silinder ditekan masuk ke dalam tanah hingga kedalaman yang diinginkan dan dikeluarkan dengan hati-hati untuk

mempertahankan volume tanah. Sampel dikeringkan hingga 105°C dan ditimbang. Kerapatan isi tanah dihitung dengan rumus:

$$\rho_b = \frac{M_{\text{tanah kering}}}{V_{\text{tanah}}} \dots \dots \dots (3)$$

di mana:

- ρ_b = kerapatan isi
- $M_{\text{tanah kering}}$ = massa tanah setelah dikeringkan,
- V_{tanah} = volume tanah.

Konduktivitas hidrolik

Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah dilakukan dengan metode *constant head*, seperti yang dijelaskan oleh Klute dan Dirksen (1986), sampel tanah utuh ditempatkan dalam tabung pengujian dengan dua ujung terbuka. Air disalurkan melalui tabung dan laju aliran dicatat. Pengukuran konduktivitas hidrolik dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{QL}{A\Delta h} \dots \dots \dots (4)$$

di mana:

- K = konduktivitas hidrolik
- Q = volume air yang mengalir
- L = panjang sampel tanah
- A = luas penampang tanah
- Δh = perbedaan tinggi antara kedua ujung.

C-organik

Pengukuran dilakukan menggunakan metode Walkley and Black. Sampel tanah dicampurkan dengan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan asam sulfat (H_2SO_4) untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat dalam tanah. Kemudian, Hasil reaksi oksidasi dititrasi menggunakan larutan ferrous sulfat ($FeSO_4$). Persentase C-organik dihitung menggunakan persamaan:

$$C_{\text{organik}} = \frac{V_{\text{titrasi}} \times N \times 0.003 \times 100}{M_{\text{tanah}}} \dots \dots \dots (5)$$

di mana:

- C_{organik} = volume titran yang digunakan
- V_{titrasi} = normalitas titran
- M_{tanah} = massa sampel tanah

Porositas

Berat jenis tanah mengindikasikan kepadatan relatif butiran tanah dibandingkan dengan air. Untuk menentukan nilai ini, dilakukan pengujian menggunakan alat piknometer, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\rho_s = \left(\frac{BT}{(BT+(BPA))-(BPTA)} \right) \times S \dots\dots\dots (6)$$

di mana:

- ρ_s = berat jenis
- BT = berat tanah (g)
- BPA = berat piknometer + tutup + air (g)
- BPTA = berat piknometer + tutup + tanah + air (g)
- S = suhu

Setelah mengetahui berat jenis tanah, kita dapat melanjutkan ke porositas, yang menggambarkan proporsi ruang kosong dalam tanah yang dapat diisi oleh air dan udara. Rumus yang digunakan untuk menghitung porositas:

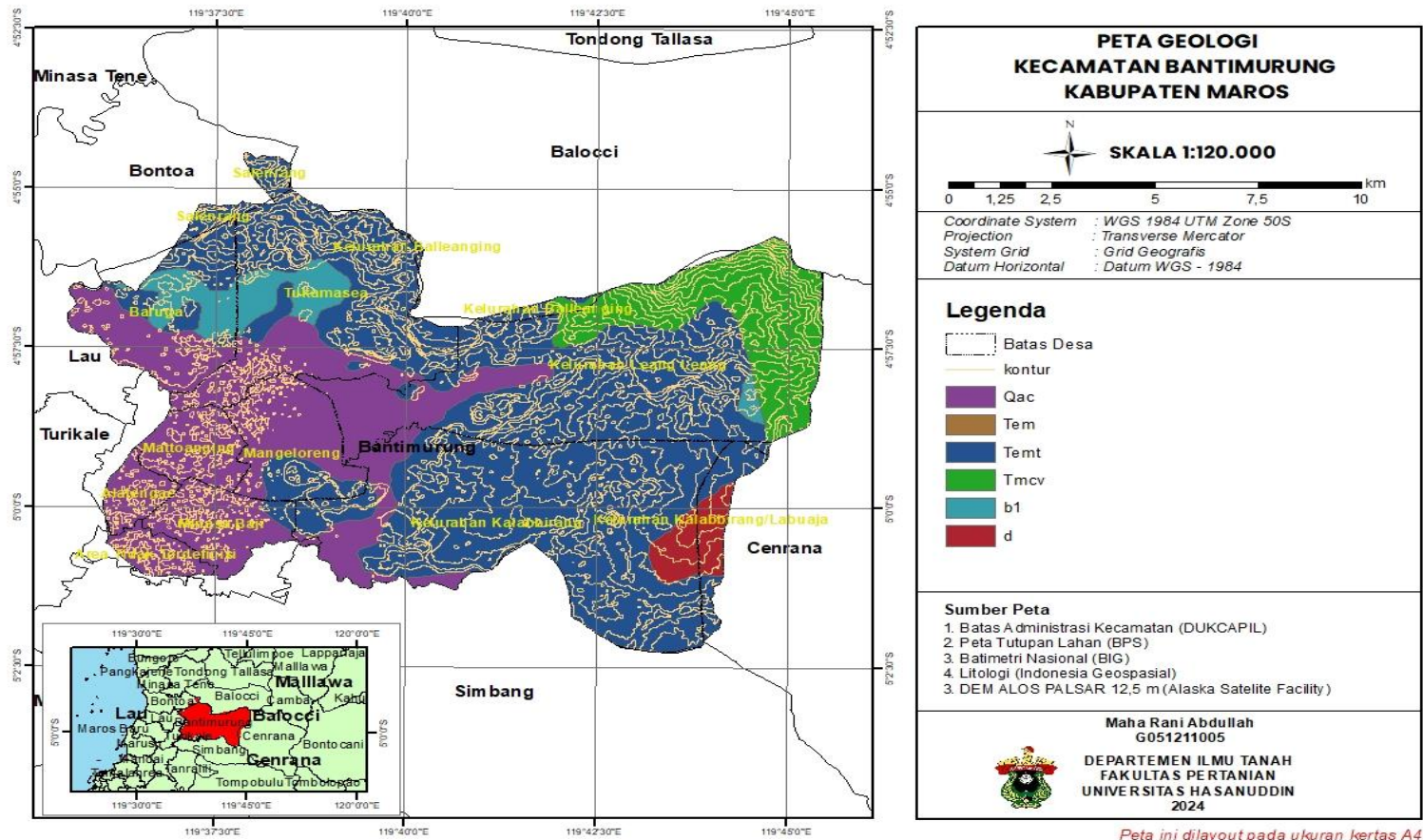
$$Porositas = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

di mana:

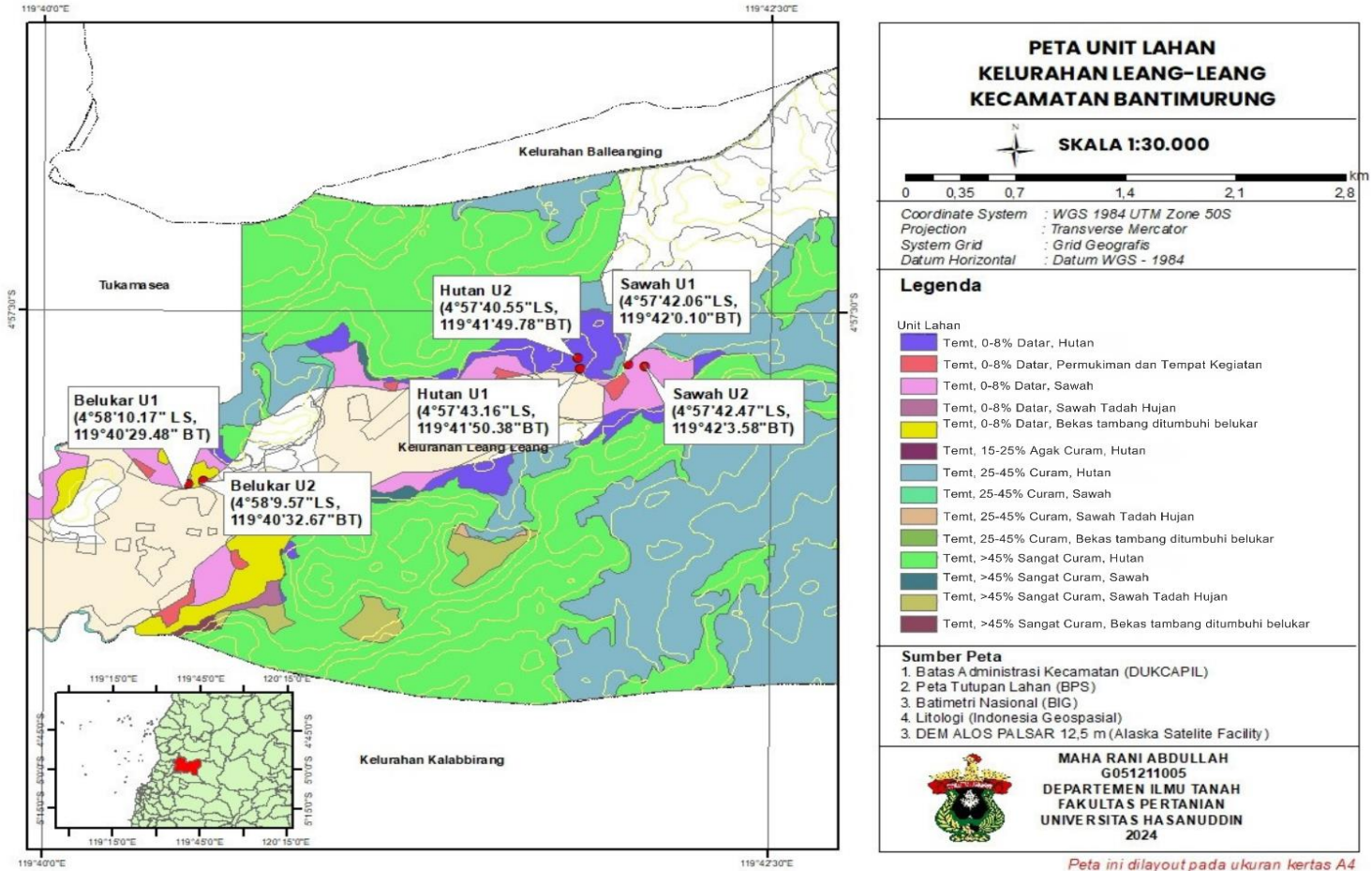
- ρ_b = kerapatan isi
- ρ_s = berat jenis

Mineral Liat

Untuk menganalisis mineral liat tanah, digunakan metode XRD dan aplikasi Match-4, sebagaimana dijelaskan oleh (Deon et al., 2022). Proses dimulai dengan penghalusan dan pemrosesan sampel tanah untuk memperoleh fraksi tanah halus. Sampel kemudian dianalisis menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi mineral liat yang ada dalam sampel. Analisis XRD dilakukan menggunakan perangkat lunak Match-4 untuk mencocokkan pola difraksi dan mengidentifikasi mineral berdasarkan sudut 2θ dan intensitas puncak difraksi.



Gambar 1. Peta geologi Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros.



Gambar 2. Peta unit lahan Kelurahan Leang-leang, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros.

Visual Evaluation of Soil Structure

Soil structure affects root penetration, water availability to plants and soil aeration. This simple, quick test assesses soil structure based on the appearance and feel of a block of soil dug out with a spade.

The scale of the test ranges from Sq1, good structure, to Sq5, poor structure.



Equipment:

Garden spade approx. 20 cm wide, 22-25 cm long.
Optional: light-coloured plastic sheet, sack or tray ~50 x 80 cm, small knife, digital camera.

When to sample:

Any time of year, but preferably when the soil is moist.
If the soil is too dry or too wet it is difficult to obtain a representative sample.
Roots are best seen in an established crop or for some months after harvest.

Where to sample:

Select an area of uniform crop or soil colour or an area where you suspect there may be a problem. Within this area, plan a grid to look at the soil at 10, preferably more, spots. On small experimental plots, it may be necessary to restrict the number to 3 or 5 per plot.



Bruce Ball, SRUC (bruce.ball@sruc.ac.uk)
Rachel Guimarães, University of Maringá, Brazil (rachellocks@gmail.com)
Tom Batey, Independent Consultant (2033@rimbatey.fs.com) and
Lars Munkholm, University of Aarhus, Denmark (Lars.Munkholm@agrsci.dk)




















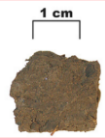
Method of assessment:

Step	Option	Procedure
Block extraction and examination		
1. Extract soil block	Loose soil	Remove a block of soil ~15 cm thick directly to the full depth of the spade and place spade plus soil onto the sheet, tray or the ground
	Firm soil	Dig out a hole slightly wider and deeper than the spade leaving one side of the hole undisturbed. On the undisturbed side, cut down each side of the block with the spade and remove the block as above.
2. Examine soil block	Uniform structure	Remove any compacted soil or debris from around the block.
	Two or more horizontal layers of differing structure	Estimate the depth of each layer and prepare to assign scores to each separately.
Block break-up		
3. Break up block (take a photograph - optional)		Measure block length and look for layers. Gently manipulate the block using both hands to reveal any cohesive layers or clumps of aggregates. If possible separate the soil into natural aggregates and man-made clods. Clods are large, hard, cohesive and rounded aggregates.
4. Break up of major aggregates to confirm score		Break larger pieces apart and fragment it until a piece of aggregate of 1.5 - 2.0 cm. Look to their shape, porosity, roots and easly of break up. Clods can be broken into non-porous aggregates with angular corners and are indicative of poor structure and higher score.
Soil scoring		
5. Assign a score		Match the soil to the pictures category by category to determine which fits best.
6. Confirm score from:	Block extraction	Difficulty in extracting the soil block
	Aggregate shape and size	Larger, more angular, less porous, presence of large worm holes
	Roots	Clustering, thickening and deflections
	Anaerobism	Pockets or layers of grey soil, smelling of sulphur and presence of ferrous ions
	Aggregate fragmentation	Break up larger aggregates ~ 1.5 - 2.0 cm of diameter fragments to reveal their type
7. Calculate block scores for two or more layers of differing structure		Multiply the score of each layer by its thickness and divide the product by the overall depth, e.g. for a 25 cm block with 10 cm depth of loose soil (Sq1) over a more compact (Sq3) layer at 10-25 cm depth, the block score is $(1 \times 10)/25 + (3 \times 15)/25 = \text{Sq } 2.2$.

Scoring: Scores may fit between Sq categories if they have the properties of both.
Scores of 1-3 are usually acceptable whereas scores of 4 or 5 require a change of management.

16 Oct 2012

(a)

Structure quality	Size and appearance of aggregates	Visible porosity and Roots	Appearance after break-up: various soils	Appearance after break-up: same soil different tillage	Distinguishing feature	Appearance and description of natural or reduced fragment of ~ 1.5 cm diameter
Sq1 Friable Aggregates readily crumble with fingers	Mostly < 6 mm after crumbling	Highly porous Roots throughout the soil			 Fine aggregates	 The action of breaking the block is enough to reveal them. Large aggregates are composed of smaller ones, held by roots.
Sq2 Intact Aggregates easy to break with one hand	A mixture of porous, rounded aggregates from 2mm - 7 cm. No clods present	Most aggregates are porous Roots throughout the soil			 High aggregate porosity	 Aggregates when obtained are rounded, very fragile, crumble very easily and are highly porous.
Sq3 Firm Most aggregates break with one hand	A mixture of porous aggregates from 2mm - 10 cm; less than 30% are < 1 cm. Some angular, non-porous aggregates (clods) may be present	Macropores and cracks present. Porosity and roots both within aggregates.			 Low aggregate porosity	 Aggregate fragments are fairly easy to obtain. They have few visible pores and are rounded. Roots usually grow through the aggregates.
Sq4 Compact Requires considerable effort to break aggregates with one hand	Mostly large > 10 cm and sub-angular non-porous; horizontal/platy also possible; less than 30% are < 7 cm	Few macropores and cracks All roots are clustered in macropores and around aggregates			 Distinct macropores	 Aggregate fragments are easy to obtain when soil is wet, in cube shapes which are very sharp-edged and show cracks internally.
Sq5 Very compact Difficult to break up	Mostly large > 10 cm, very few < 7 cm, angular and non-porous	Very low porosity. Macropores may be present. May contain anaerobic zones. Few roots, if any, and restricted to cracks			 Grey-blue colour	 Aggregate fragments are easy to obtain when soil is wet, although considerable force may be needed. No pores or cracks are visible usually.

(b)

Gambar 3. Tahapan metode VESS: sampul (a), Langkah-langkah penilaian Sq VESS (b) (Ball et al., 2007)

