

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertambangan dan pengolahan nikel adalah salah satu sektor penting dalam pembangunan ekonomi Indonesia, terutama di kawasan Indonesia bagian timur yang memiliki cadangan nikel sangat besar. Namun, di balik manfaat ekonominya, kegiatan tambang dan keberadaan smelter nikel dapat memberikan tekanan yang cukup besar terhadap lingkungan, khususnya tanah. Padahal, tanah adalah media utama pendukung pertanian dan ekosistem darat. Tanah di sekitar area smelter nikel sering kali mengalami perubahan sifat kimia tanah akibat jatuhnya debu, aliran limbah, proses sedimentasi, dan penumpukan logam berat yang bersifat racun dan sulit terurai (Maga et al., 2025)

Gangguan pada sifat kimia tanah, seperti perubahan pH, penurunan kapasitas tukar kation (KTK), dan berkurangnya bahan organik, dapat membuat tanah menjadi kurang subur dan meningkatkan peluang munculnya unsur-unsur beracun bagi tanaman (Islamiati, 2024). Tanah dengan pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat membuat logam berat menjadi lebih mudah larut sehingga lebih cepat diserap oleh tanaman. Jika KTK dan bahan organik berkurang, kemampuan tanah menahan unsur hara juga melemah, sehingga logam berat lebih mudah bergerak dan meningkatkan risiko pencemaran. Kondisi ini tidak hanya menghambat pertumbuhan tanaman, tetapi juga dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam menyediakan unsur hara (Khasanah, 2021).

Situasi ini menjadi penting untuk di perhatikan, di kabupaten Bantaeng yang menjadi salah satu wilayah yang mengalami perkembangan pesat pada sektor industri pengolahan logam berat nikel, terutama melalui peningkatan aktivitas smelter. Proses pembakaran dan peleburan bijih, berpotensi dapat menghasilkan debu dan partikel logam berat. Partikel-partikel ini dapat jatuh ke permukaan tanah dan memengaruhi kondisi tanah, misalnya mengubah pH, meningkatkan akumulasi logam, serta menurunkan KTK dan bahan organik akibat terganggunya vegetasi di sekitar area industri (Nabila & Budianta, 2025).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tanah di sekitar kawasan industri dan pertambangan, termasuk kawasan pengolahan nikel, rentan mengalami pencemaran dan perubahan sifat kimia seperti pH yang cenderung masam, kandungan bahan organik yang rendah, serta KTK yang tidak stabil. Kondisi ini berdampak pada menurunnya kemampuan tanah untuk mendukung kegiatan pertanian dan meningkatkan risiko gangguan lingkungan, terutama bila tanah tersebut digunakan sebagai lahan pertanian (Khasanah et al., 2021).

Parameter pH, KTK, dan C-organik merupakan indikator penting untuk melihat perubahan kualitas tanah akibat aktivitas industri. pH tanah berpengaruh terhadap pergerakan logam berat dan ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme. KTK menentukan kemampuan tanah menyimpan ion hara dan logam, sehingga berhubungan langsung dengan kesuburan (Rusdiyah, 2025). C-organik menjadi sumber energi bagi mikroorganisme dan berperan dalam pembentukan struktur tanah serta peningkatan KTK (Irawan et al., 2021). Perubahan pada salah satu parameter ini dapat menunjukkan adanya gangguan pada ekosistem tanah.

Namun hingga saat ini, informasi dasar mengenai kondisi kimia tanah di sekitar smelter nikel di Kabupaten Bantaeng masih sangat minim. Penelitian lokal yang tersedia umumnya hanya menyoroti potensi pencemaran lingkungan secara umum dari aktivitas industri, bukan analisis spesifik terhadap parameter pH, KTK, dan bahan organik tanah. Padahal, data awal ini sangat penting untuk pemantauan jangka panjang, menilai dampak industri, merancang upaya konservasi, dan membuat kebijakan lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik sifat kimia tanah dikawasan smelter Kabupaten Bantaeng. Sehingga dapat memberikan informasi dasar mengenai kondisi tanah di wilayah tersebut serta dapat menjadi acuan masyarakat, pemerintah daerah, dan industri dalam menyusun strategi mitigasi dan pengelolaan lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan nilai pH, kapasitas tukar kation (KTK), dan kandungan bahan organik pada setiap titik sampel tanah, serta menganalisis variasi ketiga sifat kimia tanah tersebut secara deskriptif berdasarkan perbedaan jarak dari kawasan smelter. Melalui tujuan ini, penelitian diharapkan mampu menggambarkan perubahan kondisi kimia tanah yang mungkin dipengaruhi oleh aktivitas smelter, sehingga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai sebaran dan dinamika sifat kimia tanah di area studi.

1.3 Landasan Teori

Sifat kimia tanah memegang peranan penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah dan kemampuannya dalam mendukung pertumbuhan tanaman serta menjaga kestabilan ekosistem. Melalui berbagai indikator kimia, dapat dipahami bagaimana proses-proses reaksi berlangsung di dalam tanah, bagaimana unsur hara dilepaskan dan diserap oleh akar, serta sejauh mana tanah mampu mengikat dan menahan ion-ion tertentu, termasuk logam berat. Beberapa parameter utama yang sering digunakan dalam kajian kesuburan dan kualitas tanah adalah pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), dan kandungan bahan organik atau C-organik (Sholihat et al., 2024). Ketiga parameter ini saling berkaitan dan memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi kimia tanah, terutama pada lahan yang terpapar aktivitas industri seperti pertambangan dan smelter nikel.

pH tanah merupakan ukuran tingkat kemasaman atau kebasaaan tanah yang berkaitan dengan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dan ion hidroksil (H^-) dalam larutan tanah. Nilai pH berada pada skala 0–14, di mana $pH < 7$ menunjukkan tanah masam, $pH = 7$ netral, dan $pH > 7$ bersifat basa (Maghfiroh et al., 2022). pH tanah menjadi parameter yang sangat penting karena memengaruhi hampir seluruh proses kimia, biologis, dan fisik di dalam tanah, termasuk ketersediaan unsur hara dan pergerakan logam berat. Pada tanah yang terlalu masam, ketersediaan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) cenderung menurun, sementara kelarutan unsur mikro dan logam berat seperti Al dan Fe meningkat (Romadhon & Hermiyanto, 2021). Secara umum, pH tanah dibedakan menjadi sangat masam ($pH < 4,5$), masam ($4,5-5,5$), agak masam ($5,6-6,5$), netral ($6,6-7,5$), dan basa ($> 7,5$), dan di daerah tropis yang

terpengaruh aktivitas industri serta pertambangan, termasuk sekitar smelter nikel, kondisi tanah masam hingga agak masam sering dijumpai (Balai Penelitian Tanah, 2005).

Kapasitas tukar kation (KTK) adalah kemampuan tanah untuk menjerap dan menukar kation-kation yang terdapat dalam larutan tanah pada permukaan koloid bermuatan negatif. Nilai KTK biasanya dinyatakan dalam satuan $\text{me}/100 \text{ g}$ tanah atau $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ tanah dan menggambarkan kapasitas tanah untuk menyimpan kation hara penting seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ . Besarnya KTK dipengaruhi oleh kandungan liat, jenis mineral liat, dan kandungan bahan organik tanah tanah yang kaya fraksi liat dan bahan organik umumnya memiliki KTK tinggi, sedangkan tanah bertekstur kasar dan miskin bahan organik cenderung memiliki KTK rendah (Harefa & Zebua, 2024). Mineral liat seperti montmorillonit memiliki KTK lebih tinggi dibandingkan kaolinit tipe Dalam konteks pencemaran, KTK berperan penting karena tanah dengan KTK tinggi tidak hanya mampu menyimpan unsur hara lebih lama dan mengurangi pencucian, tetapi juga berpotensi mengikat logam berat dalam jumlah besar, sehingga di kawasan sekitar smelter nikel, nilai KTK menjadi indikator penting untuk menilai potensi akumulasi ion logam seperti Ni^{2+} dan Fe^{2+} yang dapat mempercepat degradasi sifat kimia tanah (Nabila & Budianta, 2025).

Bahan organik tanah adalah fraksi tanah yang berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang telah mengalami proses pelapukan dan mineralisasi sehingga menjadi bentuk yang lebih stabil. Kandungan bahan organik umumnya dinyatakan sebagai C-organik, yaitu jumlah karbon organik dalam tanah, dan sering dijadikan indikator penting kualitas dan kesuburan tanah (Salsavira et al., 2024). Tingginya kandungan bahan organik dapat membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara sekaligus berfungsi sebagai penyangga hara, yang mendukung kesuburan tanah dengan mempengaruhi faktor biologis, fisik dan kimia tanah melalui pembentukan agregat tanah, peningkatan porositas, serta perbaikan struktur tanah. Selain itu, bahan organik mengandung banyak gugus bermuatan negatif yang dapat menjerap kation sehingga turut meningkatkan nilai KTK (Kamisah, 2024).

Aktivitas smelter nikel memengaruhi sifat kimia tanah di sekitarnya melalui deposisi debu industri, perubahan reaksi tanah, dan penurunan kandungan bahan organik. Debu yang dihasilkan proses peleburan mengandung logam berat seperti Ni, Fe, dan Co yang kemudian mengendap di permukaan tanah dan terakumulasi pada lapisan atas (topsoil), sehingga mengubah sifat kimia tanah (Nashrullah et al., 2025). Selain itu, interaksi antara logam dengan senyawa sulfat dan oksida dari proses smelter dapat memicu reaksi oksidasi yang menurunkan pH tanah, menjadikannya lebih masam dan pada akhirnya meningkatkan kelarutan serta mobilitas logam berat (Romadhon & Hermiyanto, 2021). Perubahan tutupan lahan akibat berkurangnya vegetasi di sekitar smelter juga menurunkan suplai bahan organik dan meningkatkan risiko erosi, sehingga kandungan bahan organik tanah menurun (Sholihat et al., 2024). Kombinasi deposisi logam berat, penurunan pH, dan berkurangnya bahan organik membuat tanah di sekitar smelter nikel menjadi lebih rentan mengalami degradasi sifat kimia dan penurunan kesuburan.

BAB II

METODOLOGI

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Borongloe dan Desa Papanloe, Kecamatan Pajukukkang, Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Tamalanrea, Makassar. Waktu penelitian ini berlangsung mulai dari bulan Juni-Oktober 2025.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang di gunakan dilapangan , cangkul, linggis, meteran bar, plastik cetik, *software Avenza Maps*, kamera, alat tulis, dan bahan yang digunakan adalah sampel tanah dan peta kerja. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam laboratorium pada penelitian ini dan dapat dilihat pada tabel 2.1.

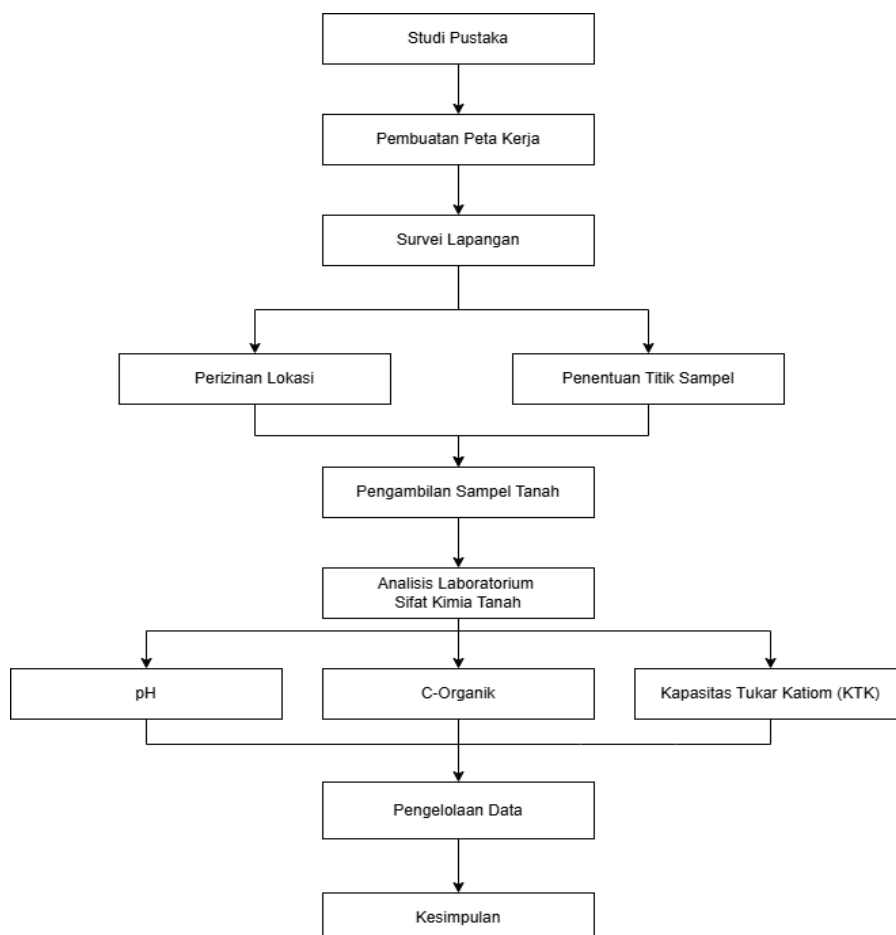
Tabel 2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Parameter	Alat	Bahan
pH	pH meter, gelas ukur, pengaduk.	Sampel tanah, aquades.
KTK	Timbangan analitik, gelas ukur, labu semprot, kertas saring.	Sampel tanah, Larutan amonium asetat 4 M, pH 7,0, larutan Etanol, larutan HCl 4 N, asam borat, larutan NaOH, Indikator Conway, larutan H ₂ SO ₄
C-ORGANIK	Pipet ukur, erlenmeyer, , pipet tetes, buret.	Sampel tanah, asam sulfat pekat, kalium dikromat, (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ .6 H ₂ O, Indikator diphenylamin.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengetahui sifat kimia tanah pH, KTK, dan C-Organik di sekitar kawasan smelter nikel Kabupaten Bantaeng.

2.4 Tahapan Penelitian



Gambar 2.1 Bagan Alur Penelitian

2.4.1 Tahapan Persiapan dan Perencanaan

Tahap awal penelitian meliputi penyusunan rencana kerja secara sistematis untuk memastikan proses pengumpulan data dapat berlangsung efektif. Kegiatan persiapan mencakup penentuan lokasi penelitian berdasarkan arah angin dominan, jarak dari smelter, aksesibilitas, serta potensi perubahan sifat kimia tanah akibat emisi industri. Selain itu, disusun rancangan kebutuhan alat, dan bahan, serta pedoman teknis pengambilan sampel. Tahapan ini juga mencakup penjadwalan kegiatan mulai dari survei awal hingga analisis laboratorium.

2.4.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis dan hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan dampak industri smelter terhadap perubahan sifat kimia tanah. Sumber pustaka yang dikaji meliputi jurnal nasional dan internasional, buku teks kimia tanah, standar analisis laboratorium.

2.4.3 Pembuatan Peta Kerja

Penyusunan peta kerja dilakukan untuk memberikan representasi spasial wilayah penelitian yang mencakup batas area serta lokasi titik pengamatan, sehingga proses pengambilan data di lapangan dapat berlangsung secara sistematis dan tepat sasaran.

2.4.4 Survei Lapangan

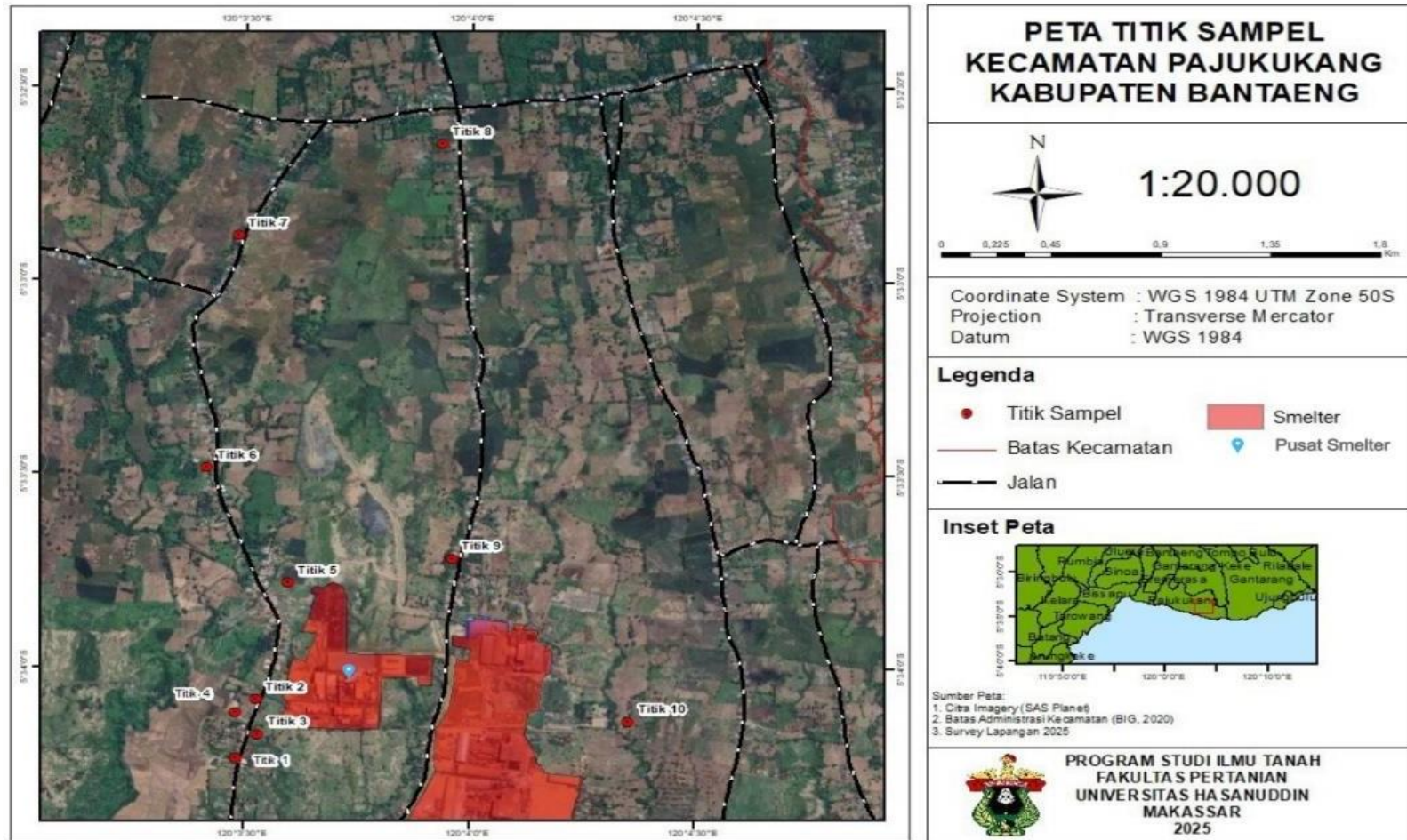
Survei lapangan dilakukan untuk mengobservasi kondisi umum wilayah penelitian dan memastikan titik-titik sampel dapat diakses serta mewakili variasi jarak dari smelter. Kegiatan ini meliputi identifikasi kondisi topografi, penggunaan lahan, arah aliran udara, vegetasi dominan, serta potensi sumber polutan lainnya. Survei juga digunakan untuk menentukan batas area penelitian dan mencocokkan kondisi lapangan dengan peta dasar. Informasi dari survei menjadi dasar penentuan distribusi titik sampel yang representatif, baik pada zona dekat smelter maupun zona yang lebih jauh sebagai pembanding.

2.4.5 Perizinan Lokasi

Perizinan lokasi dilakukan untuk memperoleh persetujuan resmi dari masyarakat yang tinggal di kawasan sekitar industri smelter nikel. Surat ditujukan langsung kepada Kepala Desa sebagai kepala pemerintah di kawasan tersebut.

2.4.6 Penentuan Titik Sampel

Penentuan sampel tanah ditetapkan dengan menerapkan metode *purposive sampling* (pengambilan sampel secara sengaja), yang disesuaikan dengan jarak wilayah di sekitar area aktivitas smelter nikel.



Gambar 2.2 Peta Penentuan Titik Sampel

2.4.7 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dengan metode secara purposive sampling di sekitar kawasan smelter nikel pada kedalaman 0-20 cm. Sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik. Setelah itu, sampel dikering anginkan selama beberapa hari. Sampel tanah kemudian ditumbuk dan disaring untuk memisahkan batuan. Jumlah sampel tanah terdiri dari 10 sampel dari 10 titik pengambilan sampel yang setiap sampelnya sebanyak 2 kg.

2.4.8 Analisis Laboratorium

Setelah sampel tiba di laboratorium, selanjutnya dilakukan analisis sifat kimia tanah. Analisis sifat kimia tanah meliputi pH tanah, C-organik dan kapasitas tukar kation (KTK) yang mengikuti prosedur di laboratorium. Berikut parameter dan metode analisis yang akan digunakan:

Tabel 2.2. Parameter pengamatan

Parameter	Metode
pH Tanah	pH meter
Kapasitas Tukar Kation (KTK)	Ekstrak NH_4OAc pH 7
C-organik	Walkley & Black

Sumber: Mukklisin et al. (2023).

a. Analisis Sifat Kimia Tanah

1. pH Tanah

Sampel tanah yang telah dikeringkan dan diayak ukuran 2 mm ditimbang sebanyak 10 gram, kemudian dicampurkan dengan 25 mL air suling atau larutan KCl 1N pada rasio 1:2,5. Campuran tersebut diaduk dan dibiarkan selama 30 menit sehingga ion-ion dalam tanah mencapai kesetimbangan dengan larutan. Selanjutnya, pH meter dikalibrasi menggunakan larutan buffer standar (pH 4, 7, dan 10), kemudian elektroda dicelupkan ke dalam suspensi tanah untuk membaca nilai pH setelah pembacaan stabil. Nilai pH yang diperoleh menggambarkan tingkat keasaman tanah yang berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara dan mobilitas logam berat di dalam tanah.

2. KTK

Sampel tanah sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam kolom ekstraksi dan dijenuhkan berulang kali menggunakan larutan NH_4OAc 1N pH 7 hingga semua situs pertukaran terisi oleh ion NH_4^+ . Setelah itu, tanah dicuci dengan etanol untuk menghilangkan NH_4OAc bebas yang tidak teradsorpsi. Ion NH_4^+ yang terikat kemudian dielusi menggunakan larutan NaCl 1N, dan larutan hasil elusi dianalisis untuk menentukan jumlah NH_4^+ yang terlepas, baik melalui metode destilasi maupun spektrofotometri. Jumlah NH_4^+ yang terukur selanjutnya digunakan untuk menghitung KTK tanah dalam satuan $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, yang mencerminkan kemampuan tanah menahan dan bertukar kation.

3. C-organik

Tanah sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambah 10 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N dan 20 mL H_2SO_4 pekat untuk memulai reaksi oksidasi. Campuran didiamkan selama 30 menit agar proses oksidasi berlangsung sempurna. Setelah itu,

campuran diencerkan dengan air suling dan ditambahkan beberapa tetes indikator ferroin. Sisa $K_2Cr_2O_7$ yang tidak bereaksi kemudian dititrasi menggunakan larutan $FeSO_4$ 0,5N hingga terjadi perubahan warna.

2.4.9 Pengelolaan Data

Analisis data dilakukan setelah memperoleh data analisis laboratorium hasil analisis tersebut diinterpretasikan untuk memahami karakteristik sifat kimia tanah pH, KTK, dan C-Organik.

a. Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk menghitung nilai dasar berupa nilai minimum, maksimum, dan rata-rata dari setiap parameter yang diamati, termasuk pH tanah, KTK, dan C-organik. Statistik deskriptif berfungsi untuk menunjukkan rentang variasi dan nilai tipikal dari masing-masing parameter sehingga mampu memberikan gambaran umum karakteristik lokasi penelitian. Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk menilai tingkat variasi antar titik sampel serta potensi adanya pola tertentu terkait jarak terhadap smelter.

Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai rata-rata:

1). Rumus Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = rata -rata

X_i = nilai tengah

n = banyak data

Sumber: *Sutisna, 2020*.

b. Klasifikasi Berdasarkan Standar Agronomi

Klasifikasi berdasarkan standar agronomi yang dikelompokkan dalam tiga parameter analisis yaitu pH, KTK, dan C-Organik dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2.3. Klasifikasi pH Tanah

Nilai pH	Kelas
<4,5	Sangat Masam
4,5 - 5,5	Masam
5,6 - 6,5	Agak Masam
6,6 - 7,5	Netral
7,6 - 8,0	Agak Basa
>8,0	Basa

Sumber: *Balai Penelitian Tanah. (2005)*.

Tabel 2.4. Klasifikasi Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Nilai KTK	Kelas
<5	Sangat Rendah
5-16	Rendah
17-24	Sedang
25-40	Tinggi
>40	Sangat Tinggi

Sumber: Balai Penelitian Tanah. (2005).

Tabel 2.5. Klasifikasi Bahan Organik (C-Organik)

Nilai C-Organik	Kelas
<1	Sangat Rendah
1-2	Rendah
2-3	Sedang
3-5	Tinggi
>5	Sangat Tinggi

Sumber: Balai Penelitian Tanah. (2005).