

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Unsur hara tanah merupakan faktor kunci penentu tingkat kesuburan tanah, untuk mengetahui kadar hara tanah perlu dilakukan analisis diantaranya metode pengukuran konvensional yang terdiri dari metode ekstraksi tanah, penyinaran tanah dan metode analisis spektrofotometri. Metode ekstraksi tanah melibatkan ekstraksi bahan tanah menggunakan larutan kimia tertentu untuk memperoleh konsentrasi unsur hara yang terlarut. Contoh larutan ekstraksi yang digunakan adalah HCL+NH₄F untuk menentukan kandungan P-Tersedia (Bray & Kurtz., 1945), analisis Nitrogen dengan 10mL NaOH 2M (Khan *et al.*, 2001), K tanah dengan amonium asetat (Carson, 1980) dan pengukuran unsur hara makro dan mikro dengan asam asetat (Lindsay & Norvell, 1978). Selanjutnya metode penyinaran tanah, yaitu metode yang memanfaatkan sinar-X atau sinar gamma untuk memperoleh konsentrasi unsur As, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn dan K-Tersedia (Ding *et al.*, 2018); (Hossain *et al.*, 2012) dan metode analisis Spektrofotometri unsur Al dan Fe (Kopacek *et al.*, 2001).

Metode pengukuran kesuburan tanah dapat dikembangkan dengan menggunakan teknologi berbasis sensor. Salah satu penelitian terbaru mengenai pengukuran unsur hara tanah menggunakan sensor adalah penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al.*, (2021) yang menerapkan teknologi sensor RFID (*Radio-Frequency Identification*) untuk mengukur ketersediaan unsur hara nitrogen total dalam tanah. Sensor RFID dirancang dengan menggunakan antena loop, kapasitor variabel, dan sensor resistif. Dalam penelitian ini, sensor RFID ditanam di dalam tanah untuk mengukur ketersediaan nitrogen dalam bentuk nitrat (Wang, *et al.*, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor RFID dapat digunakan untuk mengukur ketersediaan nitrogen total dalam tanah dengan akurasi yang tinggi dan memungkinkan pengukuran secara *real-time*. Selain itu, sensor ini dapat memperkirakan kebutuhan nitrogen tanaman dan memberikan informasi yang berguna untuk pengaturan pemupukan tanaman secara akurat. Namun, penggunaan

sensor dalam pengukuran unsur hara tanah masih dalam tahap pengembangan dan perlu diuji coba lebih lanjut untuk memastikan akurasi dan keandalannya

Perkembangan pengukuran unsur hara tanah dinilai masih membutuhkan proses yang panjang baik dari metode konvensional maupun penerapan teknologi sensor, untuk itu saat ini dikembangkan alat pendeteksi unsur hara makro dan mikro serta unsur logam tanah yang bersifat portabel diantaranya penerapan pXRF (Benedet *et al.*, 2021); (Xu *et al.*, 2019); (Lima *et al.*, 2019); (Andrade *et al.*, 2020), Spektroskopi pantulan (Mukhopandhyah *et al.*, 2020), sensor inframerah (Tang *et al.*, 2019), fusi multi sensor (Chatterje *et al.*, 2021), Model komputasi (Munawar, *et al.*, 2020), Metode dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Guidi *et al.*, 2021); (Pinilla *et al.*, 2016), metode dengan *penerapan Internet of Things* (IoT) (Helfer *et al.*, 2020); (Chen *et al.*, 2020).

Kehadiran instrumen portabel dianggap memiliki keunggulan karena dapat diterapkan langsung di lapangan namun tetap perlu pengkajian kalibrasi dengan bantuan alat karakterisasi. Penerapan alat karakterisasi yang umum digunakan saat ini adalah penerapan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dll. penerapan alat karakterisasi sebagai data base dalam perancangan alat telah dilakukan diantaranya karakterisasi sampel tanah dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui kandungan nitrit kemudian dilakukan pengujian nilai kapasitansi dengan instrumen alat *impedansi spektroskopi* (LCR meter) (Choez *et al.*, 2022), pengujian kandungan hara tanah (Ca, Mg, K dan P) dan logam Al kemudian digunakan Algoritma *machine learning* untuk memprediksi kandungan hara lainya (Benedet *et al.*, 2021).

Dari serangkaian metode pengukuran unsur hara yang dikembangkan masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan, diantaranya metode konvensional yang melibatkan prosedur khusus sesuai dengan kandungan parameter kesuburan tanah yang akan diukur dan memerlukan waktu analisis (Eviati *et al.*, 2009). Metode non konvensional dengan melibatkan alat karakterisasi seperti *X-Ray Fluorescence* (XRF) memiliki tarif layanan yang kurang efisien (Elsa.brin, 2023).

Pentingnya kehadiran alat pengukur unsur hara tanah dengan akurasi yang baik dan terjangkau maka perlu dilakukan inovasi penelitian, untuk itu pada penelitian ini dilakukan karakterisasi tanah menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk melihat kandungan logam tanah serta uji laboratorium yang digunakan dalam penentuan kandungan C, P, N dan pH, selanjutnya pengukuran dengan menggunakan *LCR meter* sebagai alat ukur nilai impedansi. Dari serangkaian karakterisasi dan pengukuran yang telah dilakukan maka tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan model prediksi dan instrumen pengukur parameter kesuburan tanah.

1.2. Rumusan Masalah

Perlu adanya informasi unsur hara tanah yang tepat pada pelaku pertanian agar pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan baik. Saat ini petani sering kali mengambil keputusan atas dasar estimasi untuk memaksimalkan produksi pertanian, misal perlu atau tidaknya tindakan pemupukan dilakukan dan seberapa besar kebutuhan pupuk. Untuk menjawab kebutuhan petani dihadirkan instrumen pengukuran unsur hara secara langsung namun instrumen ini masih sulit ditemukan karena relatif tidak terjangkau oleh petani baik dari segi ekonomis maupun teknik pemakaian.

Dalam menciptakan instrumen pengukur yang baik perlu ada kajian riset mendalam agar ketelitian dari alat dapat di maksimalkan, saat ini informasi kandungan unsur hara sering dilakukan dengan menggunakan alat karakterisasi yang cukup mutakhir diantaranya *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan alat karakterisasi lainnya, alat karakterisasi ini cukup memberikan informasi yang detail untuk semua unsur logam yang ada pada tanah namun alat ini sulit dijangkau karena harga dan biaya karakterisasi cukup mahal, begitu juga dengan uji laboratorium yang memerlukan waktu dan teknis khusus dalam pengerjaannya.

Kehadiran alat karakterisasi dan uji laboratorium yang mampu memberikan hasil pengukuran cukup mutakhir dijadikan para peneliti sebagai dasar pengembangan alat pengukur yang lebih efisien, diantaranya pembuatan model dengan pengukuran nilai impedansi untuk mengukur unsur nitrit pada tanah dengan

hasil pengukuran menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) menjadi data sumber acuan pada model.

Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas pada umumnya penentuan unsur hara tanah didasarkan pada estimasi atau dilakukan dengan biaya karakterisasi yang mahal. untuk itu berdasarkan uraian dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik hasil pengukuran parameter kesuburan tanah dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), Uji Laboratorium dan LCR meter?
2. Bagaimana merancang model prediksi parameter kesuburan tanah berbasis data impedansi?
3. Bagaimana merancang instrumen pengukuran parameter kesuburan tanah berbasis data nilai impedansi?
4. Bagaimana tingkat akurasi dari model prediksi dan instrumen pengukur parameter kesuburan tanah?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengevaluasi karakteristik hasil pengukuran parameter kesuburan tanah dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), Uji analisis kimia tanah dan LCR (Induksi, Kapasistansi dan Resistansi) meter?
2. Merancang model prediksi parameter kesuburan tanah berbasis data impedansi?
3. Merancang instrumen pengukuran parameter kesuburan tanah berbasis data nilai impedansi?
4. Menganalisis validasi model prediksi dan instrumen pengukur parameter kesuburan tanah?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sampel tanah yang digunakan terbatas pada jenis tanah ultisol dan inseptisol. Sampel tanah ultisol diperoleh dari daerah Kabupaten Muaro Jambi dan inseptisol berasal dari Kabupaten Batang Hari

Provinsi Jambi. Pengujian sampel dilakukan dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan uji analisis kimia tanah (C-Organik, P-Tersedia, N-Total dan pH) serta penentuan nilai impedansi tanah dengan menggunakan alat LCR meter.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan akan memberikan manfaat antara lain :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya teori tentang pengukuran parameter kesuburan tanah dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), Uji laboratorium dan nilai impedansi, serta penerapan model dan instrumen pengukur untuk penentuan kadar hara dan unsur logam pada tanah.
2. Dari sisi aspek aplikasinya dapat bermanfaat bagi : a) Peneliti dalam bidang pertanian dapat menjadikan landasan untuk Penerapan dan pengembangan teknologi terkini berdasarkan hasil pengukuran *X-Ray Fluorescence* (XRF), Uji laboratorium dan nilai impedansi. b) Petani dapat memanfaatkan alat pengukur kesuburan tanah untuk mengetahui kandungan hara tanah yang dikelola sehingga keputusan terhadap jenis dan takaran pupuk dapat diterapkan sehingga optimalisasi hasil pertanian dapat tercapai. c) Bagi pihak lain sebagai referensi serta bahan informasi tentang penerapan teknologi dalam penentuan parameter tingkat kesuburan tanah.