

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia karena berkontribusi terhadap ketahanan pangan, penyerapan tenaga kerja, serta pertumbuhan ekonomi nasional. Sektor pertanian menyumbang sekitar 12,4% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan menyerap sekitar 29,5% tenaga kerja [1]. Namun demikian, produktivitas pertanian masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah degradasi kualitas lahan yang terus meningkat. Kementerian Lingkungan Hidup (2021) melaporkan bahwa laju degradasi tanah di Indonesia mencapai sekitar 100.000 hektar per tahun [2]. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara semakin menurun sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk sebagai sumber nutrisi tanaman.

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman karena berfungsi dalam pembentukan protein, klorofil, asam nukleat, serta berbagai proses metabolisme. Salah satu sumber nitrogen yang paling banyak digunakan dalam sektor pertanian adalah pupuk urea karena memiliki kandungan nitrogen yang tinggi, yaitu sekitar 46%, serta harga yang relatif terjangkau. Namun, pupuk urea konvensional memiliki kelemahan karena sangat mudah larut dalam air sehingga unsur nitrogen dilepaskan dengan cepat setelah diaplikasikan ke tanah. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian besar nitrogen tidak dapat dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi rendah.

Menurut Ahmad dkk. (2024), penggunaan pupuk urea dapat menyebabkan kehilangan nitrogen sebesar 40–70% melalui proses pencucian (*leaching*), volatilisasi amonia (NH_3), dan transformasi nitrogen di dalam tanah [3]. Setelah diaplikasikan, urea mengalami proses hidrolisis menjadi ion amonium (NH_4^+), kemudian mengalami nitrifikasi menjadi nitrat (NO_3^-). Pelepasan nitrogen yang berlangsung sangat cepat menyebabkan konsentrasi nitrogen di dalam tanah meningkat dalam waktu singkat, kemudian menurun drastis akibat kehilangan ke lingkungan. Rendahnya efisiensi penggunaan nitrogen (*nitrogen use efficiency*) tersebut tidak hanya meningkatkan kebutuhan pemupukan secara berulang, tetapi

juga menimbulkan dampak lingkungan berupa pencemaran air akibat pencucian nitrat dan emisi gas amonia ke atmosfer.

Permasalahan tersebut mendorong berkembangnya teknologi pupuk lepas lambat atau *Slow Release Fertilizer* (SRF). Teknologi ini dikembangkan untuk mengatur laju pelepasan unsur hara sehingga nutrisi tersedia secara bertahap sesuai dengan kebutuhan tanaman. Berbeda dengan pupuk konvensional yang melepaskan unsur hara secara cepat, pupuk lepas lambat mampu mempertahankan ketersediaan nutrisi melalui mekanisme difusi, adsorpsi, maupun pertukaran ion. Agustina dkk. (2018) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk lepas lambat mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, mengurangi kehilangan unsur hara, memperpanjang waktu ketersediaan nutrisi di dalam tanah, serta menekan dampak negatif terhadap lingkungan [4].

Salah satu material yang banyak dikembangkan sebagai bahan pembawa (*carrier material*) dalam formulasi pupuk lepas lambat adalah zeolit alam. Zeolit merupakan mineral aluminosilikat berpori dengan kapasitas tukar kation tinggi, yang mampu mengikat ion amonium (NH_4^+) secara efektif [3]. Penelitian di Lampung menunjukkan bahwa aplikasi zeolit dapat meningkatkan retensi air tanah hingga 20% dan mengurangi kehilangan nitrogen sebesar 34,5% [4], menjadikannya alternatif strategis dalam pengembangan pupuk nitrogen berkelanjutan. Selain itu, zeolit juga memiliki kemampuan menetralkan pH tanah masam, seperti ultisol, melalui pertukaran ion Al^{3+} dengan Ca^{2+} [5].

Potensi zeolit sebagai material pupuk lepas lambat telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Ahmad dkk. (2024) mengembangkan pupuk urea-zeolit menggunakan metode impregnasi, yaitu memasukkan larutan urea ke dalam struktur pori zeolit sehingga terjadi interaksi antara molekul urea dengan permukaan aktif zeolit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi urea-zeolit mampu memperlambat pelepasan NH_4^+ dibandingkan urea tanpa zeolit. Pada rasio urea dan zeolit 1:1, pelepasan NH_4^+ dapat dipertahankan hingga hari ke-14, sedangkan pada pupuk urea konvensional pelepasan maksimum terjadi sekitar hari ke-7. Selain itu, formulasi tersebut mampu menurunkan kehilangan nitrogen akibat volatilisasi amonia dari sekitar 44% menjadi 29% [3].

Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Agustina dkk. (2018) menunjukkan

bahwa pemanfaatan zeolit alam Indonesia sebagai bahan penyusun pupuk lepas lambat NPK mampu menurunkan laju kelarutan unsur hara secara signifikan. Formulasi (N-P-K)+zeolit menghasilkan laju kelarutan sekitar 9,63 ppm/jam pada media tanah, jauh lebih rendah dibandingkan pupuk tanpa penambahan zeolit. Temuan tersebut memiliki struktur pori serta kemampuan adsorpsi zeolit berperan penting dalam mengendalikan pelepasan unsur hara sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan tanaman [4].

Indonesia memiliki sumber daya zeolit alam yang melimpah, salah satunya berasal dari wilayah Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. Namun demikian, penelitian mengenai pemanfaatan zeolit alam Cipatujah masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada penggunaan zeolit dari daerah lain. Padahal, perbedaan asal zeolit dapat menyebabkan variasi komposisi mineral, struktur kristal, dan sifat adsorpsinya sehingga memengaruhi performa sebagai material pupuk lepas lambat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh aktivasi menggunakan larutan HCl, NaOH, dan NaCl terhadap karakteristik zeolit alam asal Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya dengan instrumen XRD dan FTIR?
2. Bagaimana pengaruh aktivasi menggunakan larutan HCl, NaOH, dan NaCl terhadap kapasitas tukar kation (KTK) zeolit alam asal Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya?
3. Bagaimana pelepasan amonium dan efektivitas formulasi impregnasi pupuk urea-zeolit yang dibuat menggunakan air pelarut bersuhu 70°C dan 25 °C dibandingkan dengan urea non-impregnasi pada media inkubasi air?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Karakteristik zeolit alam yang diuji meliputi Kapasitas Tukar Kation (KTK)

melalui metode titrasi, analisis kristalinitas dengan XRD serta analisis gugus fungsi dengan FTIR pada sampel zeolit murni dan zeolit dengan hasil aktivasi terbaik.

2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium (inkubasi air) belum mencakup uji lapangan skala besar.
3. Pengamatan pelepasan amonium (NH_4^+) dilakukan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada variasi waktu inkubasi 0,4,8,12,16 dan 20 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik zeolit alam asal Kecamatan Cipatujah Tasikmalaya setelah diaktivasi menggunakan variasi larutan HCl, NaOH dan NaCl dengan instrumen XRD dan FTIR.
2. Menganalisis kapasitas tukar kation (KTK) pada zeolit setelah aktivasi menggunakan variasi larutan HCl, NaOH dan NaCl.
3. Menganalisis pelepasan amonium dan efektivitas formulasi pupuk urea-zeolit dengan variasi suhu air pelarut (air panas 70°C dan air suhu ruang 25°C) dengan kontrol urea non-impregnasi pada media inkubasi air.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi untuk pendidikan yaitu memberikan data ilmiah tentang mekanisme pelepasan nitrogen dari pupuk zeolit-urea, masalah lingkungan, dan manfaat ekonomi dengan mengurangi biaya pemupukan berulang dan kehilangan hara, sehingga meningkatkan pendapatan petani dalam hasil panen yang melimpah.