

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pupuk nitrogen merupakan komponen penting dalam pertanian karena mampu meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman. Namun, penggunaan pupuk nitrogen sering kali tidak efisien karena sebagian besar nitrogen mudah hilang melalui pencucian, dekomposisi, volatilisasi, dan denitrifikasi. Akibatnya, terjadi pencemaran lingkungan seperti eutrofikasi perairan dan peningkatan emisi gas rumah kaca berupa N_2O (Du dkk., 2024). Oleh karena, digunakanlah pupuk lepas lambat (*slow release fertilizer*/SRF) untuk memperpanjang waktu pelepasan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman agar dapat menyerap nitrogen secara efisien.

SRF dapat dibuat melalui enkapsulasi atau pelapisan pupuk dengan membran maupun zat berpori yang mampu mengontrol pelepasan nutrisi secara bertahap (Vo dkk., 2021). Silika mesopori menjadi bahan yang ideal sebagai matriks pembawa dalam SRF karena memiliki struktur pori yang dapat diatur dan luas permukaan yang tinggi. Karakteristik ini memungkinkan silika mesopori mengontrol pelepasan zat dalam berbagai aplikasi seperti katalis, adsorben, pembawa obat, dan pupuk lepas lambat (Grini dkk., 2025). Sintesis silika mesopori umumnya dilakukan melalui metode sol-gel dengan bantuan surfaktan seperti *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) sebagai *template* pembentuk pori (Han dkk., 2021). Sifat amfifilik CTAB memungkinkan kontrol atas ukuran partikel, distribusi pori, dan luas permukaan spesifik silika dengan membentuk misel selama proses

sol-gel sehingga menciptakan rongga terstruktur yang dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan nutrisi (Lam dkk., 2019). Dalam hal ini, limbah kaca menjadi bahan baku yang menawarkan potensi besar sebagai sumber silika alternatif yang ramah lingkungan.

Kaca merupakan bahan yang banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk konstruksi, elektronik, dan kemasan. Limbahnya termasuk jenis limbah industri yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena sulit untuk terurai secara alami oleh mikroorganisme. Pada penelitian Ni'mah dkk. (2022) memiliki solusi untuk mengurangi pencemaran ini dengan mendaur ulang kaca untuk diolah lebih lanjut sebagai sumber untuk mendapatkan silika gel. Salah satu komponen utama dalam limbah kaca adalah silikon dioksida (SiO_2) dengan kadar sekitar 65-75%. Kandungan silika yang tinggi pada kaca memungkinkan proses ekstraksi natrium silikat, yang dapat berperan sebagai prekursor dalam sintesis silika gel. Proses ini umumnya dilakukan melalui metode alkali fusi yang dilanjutkan dengan metode sol-gel, sejalan dengan pendekatan sintesis silika mesopori berbasis CTAB.

Keberhasilan sintesis silika mesopori dapat dipengaruhi oleh konsentrasi surfaktan yang digunakan. Kim dkk. (2021) melaporkan bahwa penggunaan CTAB dalam jumlah rendah (0,125 g) menghasilkan silika mesopori berukuran besar dengan struktur pori yang belum terbentuk sempurna, sedangkan penggunaan berlebih (1,5 g) dapat menyebabkan ketidakaturan struktur partikel. Selain itu, peningkatan konsentrasi CTAB diketahui meningkatkan nilai zeta potensial dan luas permukaan spesifik, yang berkontribusi terhadap kestabilan dispersi dan kapasitas adsorpsi material.

Kemampuan adsorpsi ini menjadi aspek penting dalam aplikasi SRF. Wanyika dkk. (2012) menjelaskan studi mengenai silika mesopori sebagai penghantar urea menunjukkan bahwa partikel berukuran sekitar 150 nm dan pori sekitar 2.5 nm mampu mengadsorpsi hingga 15.5% urea kedalam pori dan kapasitas adsorpsi total mencapai 80%. Dalam uji *in situ*, urea bebas (kontrol) langsung terlepas sepenuhnya dalam waktu satu hari, sedangkan urea dengan matriks silika mesopori mengalami pelepasan bertahap dalam waktu lima hari. Temuan ini menegaskan bahwa struktur pori dan ukuran partikel memainkan peran penting dalam mengendalikan laju pelepasan nutrisi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada sintesis silika mesopori berbasis kaca dengan memvariasikan konsentrasi surfaktan CTAB sebagai *templating agent*, guna mengoptimalkan struktur pori material untuk aplikasi pupuk pelepasan lambat. Pada penelitian ini juga dilakukan beberapa karakterisasi, yaitu dianalisis menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk analisis kandungan silika dalam larutan natrium silikat, teknik Brunauer-Emmett-Teller (BET) untuk analisis struktur pori dan luas permukaan material, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada silika mesopori, dan Spektrofotometer UV-Vis untuk menguji kemampuan adsorpsi dan desorpsi urea dari pupuk.

I.2 Tujuan Penelitian

Berikut ini beberapa tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Memperoleh silika mesopori/CUAN sebagai pupuk lepas lambat melalui metode sol-gel.
2. Menentukan pengaruh penambahan CTAB terhadap karakteristik silika hasil sintesis
3. Menentukan kemampuan lepas lambat silika mesopori/CUAN.