

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian memegang peran penting dalam perekonomian global sebagai penyedia kebutuhan pangan bagi manusia, baik secara langsung atau tidak langsung (Basavegowda dan Baek, 2021). Produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh proses pemupukan, yaitu pemberian materi hara organik dan anorganik untuk menunjang pertumbuhan yang optimal.

Pupuk umumnya diaplikasikan dengan cara ditambahkan ke tanah atau melalui daun tanaman. Pupuk konvensional memiliki kelarutan tinggi, stabilitas termal rendah, dan massa molekul rendah sehingga efisiensi penyerapannya diketahui bahwa sekitar 80% fosfor, 50% nitrogen, dan 60% kalium tidak digunakan oleh tanaman karena faktor lingkungan seperti penguapan dan pencucian tanah, sehingga tidak terserap secara maksimal oleh tanaman (Arrieta dkk., 2022).

Pemupukan merupakan upaya penyediaan unsur hara ke dalam kompleks tanah, baik langsung maupun tidak langsung guna menunjang kebutuhan nutrisi tanaman. Hal ini dilakukan karena unsur hara dalam tanah mengalami perubahan akibat proses penguapan, pencucian, perkolasi, hingga penyerapan oleh tanaman saat masa panen (Rajiman, 2020). Penggunaan pupuk secara berlebihan juga dapat menjadi kendala utama dalam praktik pertanian konvensional. Menurut Basavegowda dan Baek (2021), fenomena ini tidak hanya memicu pencemaran badan air dan peningkatan salinitas tanah. Dampak negatif lainnya meliputi toksisitas pada jaringan tanaman, hambatan pertumbuhan, serta peningkatan

kerentanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. (Basavegowda dan Baek, 2021). Oleh karena itu, pengembangan teknologi pupuk yang mampu mengontrol laju pelepasan hara menjadi krusial untuk menjaga keberlanjutan produktivitas dan kesehatan lingkungan.

Untuk mengatasi rendahnya efisiensi pupuk konvensional tersebut, pengembangan pupuk lepas lambat atau *slow release fertilizer* (SRF) dapat menjadi solusi yang sangat relevan karena meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, meminimalkan dampak lingkungan, serta mengurangi frekuensi aplikasi pemupukan secara signifikan. Secara teknis, SRF bekerja dengan penyalutan atau enkapsulasi butiran pupuk menggunakan membran polimer berpori tidak larut air. Efektivitas pelepasan hara pada sistem ini sangat bergantung pada karakteristik membran, seperti ketebalan, jumlah lapisan pelapis, serta karakteristik komponen penyusun seperti porositas dan sifat hidrofilik yang mempengaruhi perilaku pelepasan SRF agar laju difusi hara dapat terkontrol sesuai dengan kebutuhan tanaman (Vo dkk., 2021).

Pengembangan sistem *slow release fertilizer* (SRF) berbasis membran polimer merupakan solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi pupuk NPK. Dalam sistem ini, polivinil alkohol (PVA) sering digunakan sebagai komponen penyusun membran karena sifatnya yang fleksibel, mampu membentuk film dengan kekuatan mekanik yang unggul, serta ketahanan termal yang baik (Kharisma dkk., 2020). Meskipun gugus hidroksil (-OH) pada PVA memfasilitasi interaksi air melalui mekanisme *swelling* (Ikhsan dkk., 2024), sifat hidrofilisitasnya yang terlalu tinggi menyebabkan membran cepat larut dan melepaskan nutrisi secara instan saat

terkena air. Oleh karena itu, polivinil alkohol (PVA) sering diintegrasikan sebagai paduan (*blend*) dengan kitosan karena sifatnya yang cukup ideal, yaitu biokompatibel, *biodegradable*, serta memiliki kemampuan pembentukan film yang baik juga berfungsi untuk menciptakan jalur difusi yang lebih kompleks.

Matriks PVA/kitosan membentuk struktur membran yang efektif mengontrol laju difusi air dan pelepasan nutrisi. Keberadaan kitosan mampu bertindak sebagai penghambat fisik yang mengatur laju masuknya air dan keluarnya hara melalui interaksi gugus aktif antara-polimer. Karakteristik tersebut menjadikan membran paduan PVA/kitosan solusi strategis untuk mengurangi pemborosan pupuk NPK sekaligus mengoptimalkan efektivitas pemupukan (Riseh dkk., 2023). Meskipun begitu, hal ini juga menjadi tantangan karena membran PVA/kitosan cenderung memiliki stabilitas yang rendah saat berada dalam media berair. Untuk memperkuat integritas membran dan memperlambat jalur difusi nutrisi, diperlukan proses taut silang (*crosslinking*).

Dalam penelitian ini, asam glutamat dipilih sebagai agen penautsilang karena keunggulannya yang bersifat alami, tidak toksik, dan ramah lingkungan. Gugus karboksilat pada asam glutamat akan bereaksi dengan gugus amino kitosan dan gugus hidroksil PVA, membentuk jaringan tiga dimensi yang lebih rapat (Rodríguez-Félix dkk., 2023). Melalui modifikasi ini, membran PVA/kitosan yang ditautsilangkan dengan asam glutamat diharapkan mampu menekan laju pelepasan pupuk NPK secara lebih efektif, sekaligus mendukung prinsip pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

- a. Membuat membran PVA/kitosan melalui mekanisme taut silang menggunakan asam glutamat sebagai sistem *slow release fertilizer* berbasis NPK.
- b. Menganalisis karakteristik fisikokimia dan morfologi membran hasil modifikasi.
- c. Menganalisis pengaruh rasio PVA/CS tertaut silang asam glutamat terhadap karakteristik pelepasan nutrisi NPK sebagai sistem *slow release fertilizer*.