

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ketersediaan nutrisi tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara akar dan mikroorganisme tanah, reaksi kimia, dan nutrisi yang hilang. Keberadaan nutrisi bergantung pada bagaimana nutrisi diserap ke dalam tanah, termasuk perubahan yang disebabkan oleh mikroba (fiksasi N₂, nitrifikasi, denitrifikasi), proses kimia (pertukaran ion, fiksasi, pengendapan, hidrolisis, dll), dan proses fisika (*leaching* dan *run off*) (Sashidhar dkk., 2020). Jumlah nutrisi yang diserap ke dalam tanah dibandingkan dengan nutrisi yang diserap oleh tanaman mempengaruhi efisiensi dan lingkungan (Gumelar dkk., 2020). Produksi tanaman dapat diukur melalui respon pupuk yang diserap oleh tanaman dengan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dengan proporsi yang seimbang. Dengan begitu, untuk memperoleh target produksi pangan, nutrisi yang dibutuhkan tanaman dan jumlah nutrisi yang diserap harus sebanding.

Pemakaian pupuk dalam jumlah besar dan terus menerus, ternyata tidak efisien, mengingat efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman yaitu hanya sekitar 30-35%, 18-20% dan 35-40% untuk N, P, dan K (Husen dan Iqbal, 2019). Hal ini dapat menyebabkan polusi lingkungan akibat pupuk yang lepas (Li dkk., 2019), peningkatan produksi gas rumah kaca, polusi tanah dan air via volatilisasi, *leaching* (Almutari, 2023) dan proses eutrofikasi akibat nutrisi yang berlebih (Akinnowo, 2023). Sekitar 40-70% nitrogen, 80-90% fosfor dan 50-70% kalium pada pupuk konvensional lepas dan tidak dapat diabsorpsi oleh tanaman (Duhan dkk., 2017).

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut dengan mengembangkan *slow-release fertilizer* (*SRF*), dimana nutrisi dilepaskan secara perlahan pada jangka waktu tertentu sehingga pelepasan nutrisi menjadi semakin kecil.

SRF merupakan pupuk yang dirancang untuk melepaskan nutrisi secara bertahap dalam jangka waktu tertentu dengan mempertimbangkan kebutuhan nutrisi tanaman sehingga memberikan efisiensi penggunaan nutrisi yang lebih tinggi dan mengurangi polusi lingkungan yang disebabkan nutrisi berlebih di tanah dan air. *SRF* menunjukkan efektivitas untuk mengurangi dosis penggunaan pupuk, pelepasan pupuk, meningkatkan efisiensi pupuk (Jumpapaeng dkk., 2023), dan meningkatkan nutrisi tanaman (Almutari, 2023). *SRF* yang ideal bersifat biodegradable, ramah lingkungan, efisien biaya, dan mampu memperlambat kecepatan pelepasan nutrisi (Ghumman dkk., 2023).

Pengembangan sistem untuk *slow-release* sudah banyak dikembangkan, termasuk polimer, hidrogel, tanah liat, dan sebagainya (Campos dkk., 2015). Pengembangan ini telah dilakukan untuk mengetahui kinetika pelepasan dan potensi efisiensinya. Sebagian besar *SRF* dikembangkan dengan metode enkapsulasi pupuk komersial dengan polimer sebagai materialnya. Modifikasi pupuk dengan cara *coating* untuk *slow-release fertilizer* juga banyak dilakukan. Pada *SRF*, nutrisi akan dilepaskan berdasarkan *coated* atau *binder system*. Pada *coated system*, nutrisi akan dilepaskan perlahan sejalan dengan material pelapis yang mulai retak/terbuka (Lubkowski, 2014). Namun, *coating material* dari polimer buatan atau petroleum bersifat *non-biodegradable* dan mahal, menyebabkan keterbatasan dalam aplikasi (Jumpapaeng dkk., 2023). Penggunaan

biopolimer yang biodegradabel, murah, dan ramah lingkungan sebagai bahan dasar *SRF* menjadi perhatian pada masa yang akan datang.

Formulasi *SRF* yang menggunakan biopolimer terbaru telah menarik perhatian karena ramah lingkungan dan mampu berkelanjutan tanpa menghasilkan polusi sekunder. Membran berbasis biopolimer lebih disukai daripada hidrogel sintetis karena biokompatibilitas, keamanan, dan keramahan lingkungan. Membran menarik perhatian untuk dikembangkan menjadi *SRF* melalui proses pembentukan ikatan silang dengan karakteristik menyerap dan menahan sejumlah besar air dan cairan. Dalam sistem ikatan silang menyerupai *bridging*, pembawa senyawa kimia aktif (*fertilizer*) menyesuaikan laju pelepasan berdasarkan interaksi kimia permukaan dan biopolimer properti. Beberapa biopolimer alam dapat digunakan sebagai matrik pembawa *fertilizer*, seperti lignin, gelatin, kitosan, asam polilaktat, karboksilatil selulosa, pati dan beberapa biopolimer yang lain (Bangar dkk., 2023; Boonying dkk., 2023; Shukla dkk., 2023; Yuan dkk., 2023).

Kitosan merupakan biopolimer yang biodegradabel, tidak beracun, dan biokompatibel serta tersedia melimpah di alam, dan cukup potensial sebagai bahan dasar *SRF* (Amalia, 2011). Namun begitu, masalah kekuatan mekanik yang rendah dan kelembaban yang tinggi menyebabkan terbatasnya pemanfaatan kitosan untuk *SRF*. Untuk mengatasi kekurangan dari kitosan, perlu dilakukan modifikasi struktur melalui substitusi pada gugus amina dan hidroksil (Gabriele dkk., 2021). Kitosan berpotensi sebagai matriks untuk *SRF*. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan kitosan di bidang pertanian. Aplikasi kitosan di bidang pertanian contohnya biosida (fungisida, bakterisida, insektisida, dll), pupuk nitrogen, dan

biostimulan atau *growth regulator*. Kitosan dapat dibuat menjadi membran untuk dimanfaatkan sebagai *SRF* (Gumelar dkk., 2020).

Pembentukan ikatan hidrogen intermolekular, adanya gugus reaktif, dan tautsilang, pembentukan garam dengan asam organik dan anorganik dengan sifat pengompleksan dan *chelating*, konduktivitas ionik, pembentukan film adalah karakteristik kitosan. Dengan adanya gugus amino, kitosan dapat membentuk kompleks dengan senyawa lain dan juga memasuki sistem vaskular tanaman dan mengarah pada aktivasi jalur metabolisme fisiologi tanaman. Senyawa polimer ini dapat berikatan dengan polimer alami lainnya dan dikombinasikan dengan pupuk serta nutrisi, yang mampu menyediakan kebutuhan nutrisi tanaman, juga membantu memperbaiki tekstur tanah. Kitosan, polimer alami yang mudah dimodifikasi, dapat berperan sebagai pelapis (*coating*) pupuk. Polimer ini dengan *controlled release* dapat meningkatkan umur simpan nutrisi (Eun dkk., 2020; Kashyap dkk., 2015; Riseh dkk., 2023).

Pada penelitian (Silakshmi dkk., 2013) mengemukakan bahwa taut silang kitosan dengan asam dikarboksilat dapat meningkatkan kekuatan termal dan mekanik kitosan. Preparasi membran kitosan-asam adipat melalui metode *casting/evaporation* menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap air dan stabilitas mekanik yang bagus saat berkontak dengan air secara terus menerus (Cai dkk., 2012). Pada penelitian (Gabriele dkk., 2021), menggunakan asam suksinat untuk meningkatkan kelarutan, fleksibilitas, ketahanan dan stabilitas termal membran kitosan. (Sedyakina dkk., 2017) menyebutkan bahwa asam dikarboksilat sebagai

agent tautsilang ionik untuk kitosan berhasil menghasilkan biomaterial 3D dengan porositas tinggi.

Dengan mempelajari hal-hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan reaksi taut silang antara kitosan dengan asam dikarboksilat dengan jumlah rantai karbon yang berbeda (asam suksinat, asam adipat, dan asam glutarat) untuk mempelajari karakter membran kitosan yang akan digunakan sebagai membran SRFs. Taut silang antara kitosan dengan asam dikarboksilat diharapkan mampu membentuk struktur kerangka 3 dimensi (*bridging*), struktur model ini akan memiliki ruang-ruang kosong yang selanjutnya dapat diisi dengan larutan *fertilizer*. Selain itu, model struktur *bridging* dapat mengatur pelepasan larutan urea ke lingkungan secara berkala dan terkontrol karena stabilitas mekanik dan termal.

I.2 Tujuan

1. Mendapatkan membran kitosan tertaut silang asam dikarboksilat (asam suksinat, asam glutarat, dan asam adipat).
2. Menentukan pengaruh asam suksinat, asam glutarat, dan asam adipat terhadap karakter membran kitosan.
3. Menghasilkan membran *SRF* dari kitosan-asam dikarboksilat-urea.
4. Menentukan efektivitas membran kitosan termodifikasi sebagai *SRF*.