

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Eutrofikasi adalah proses peningkatan produktivitas badan air yang ditandai dengan pertumbuhan alga yang berlebihan akibat peningkatan nutrisi (Welch & Lindell, 1992). Eutrofikasi merupakan masalah yang dapat ditemukan di perairan yang berdekatan dengan lahan pertanian. Lahan pertanian tersebut menggunakan pupuk dalam jumlah besar secara tidak efisien, sehingga ketika sebagian pupuk tercuci oleh air hujan, residu dari pertanian ini masuk ke badan air. Hal ini akan menyebabkan sumbangan residu kimia ke sungai dan dapat mempengaruhi kualitas airnya (Alfionita *et al.*, 2019).

Pada bidang pertanian, pemupukan merupakan faktor penting pada peningkatan produktivitas pertanian. Pemupukan adalah suatu tindakan perawatan tanaman yang berdampak signifikan pada produksi dan pertumbuhan tanaman. Tujuan pemupukan adalah menambah unsur hara dalam tanah, sehingga membantu tanaman menyerap nutrisi yang diperlukan sesuai kebutuhannya (Norasyifah *et al.*, 2019). Pupuk merupakan material yang mengandung unsur hara penting untuk pertumbuhan tanaman (Sitanggang *et al.*, 2022). Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman diberikan melalui penambahan pupuk pada media tanam, sehingga tanaman bisa tumbuh dan berproduksi secara optimal (Sholih, 2015). Pupuk dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan asalnya, yaitu pupuk alami dan pupuk buatan. Pupuk alami berasal dari sumber daya alam atau bahan-bahan yang ditemukan di alam, seperti pupuk kandang, kompos, dan pupuk hijau. Sementara itu, pupuk buatan dibuat dengan mencampur berbagai bahan kimia untuk menyediakan unsur hara spesifik seperti kalium, nitrogen, dan fosfor. Contoh pupuk buatan meliputi NPK, urea, Zwavelzure Amonium, KCl, SP-36, dan sebagainya (Kusumawati, 2021).

Pupuk kalium termasuk salah satu pupuk penting bagi tanaman, karena kadar unsur hara kalium di tanah umumnya masih rendah. Beberapa jenis pupuk kalium yang tersedia meliputi kalium klorida (KCl), kalium nitrat (KNO_3), dan kalium sulfat (K_2SO_4) (Rahmadini, 2022). Pupuk kalium yang umum digunakan adalah pupuk KCl, dengan kandungan kalium yang dapat diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K^+ (Oesman & Rahmaniah, 2022). Pupuk kalium memiliki banyak fungsi, antara lain

berperan dalam fotosintesis, berperan dalam pembentukan protein, terlibat dalam transfer energi untuk proses metabolisme dalam tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman, dan meningkatkan pertumbuhan akar (Gopalasundaram *et al.*, 2012; Kusumawati, 2021; Mozumder *et al.*, 2007). Penggunaan pupuk kalium memang bermanfaat bagi tanaman, namun penggunaan pupuk yang berlebihan demi hasil pertumbuhan optimal bisa menjadi berbahaya. Penggunaan pupuk secara berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan pertanian, mengurangi keanekaragaman hayati, merugikan tanaman, dan kesehatan manusia, serta menyebabkan kematian mikroorganisme tanah (Albarkah *et al.*, 2023). Maka dari itu, dalam mengatasi masalah penggunaan pupuk berlebih adalah dengan menggunakan pupuk pelepasan terkendali atau *slow/controlled release fertilizer* (S/CRF).

Slow/controlled release fertilizer (S/CRF) adalah jenis pupuk yang melepaskan unsur hara secara bertahap sesuai dengan pola penyerapan tanaman. Sistem ini memastikan unsur hara dalam pupuk tetap berada di tempatnya dan tidak terbawa oleh air, sehingga memberikan manfaat yang optimal. Proses pembuatan S/CRF melibatkan pelapisan pupuk dengan membran semipermeabel yang mampu menahan beberapa zat, sementara zat lainnya dapat dilepaskan (Noor *et al.*, 2022). Keuntungan dari pelepasan pupuk secara berkala adalah mampu menahan pupuk dalam waktu lama dan menahan kelembapan tanah, serta mengendalikan erosi tanah. Berdasarkan hal tersebut, dengan menerapkan sistem S/CRF, pupuk dapat dilepaskan secara berkala sesuai dosis yang dibutuhkan tanaman pada masa perkembangannya (Anggraini *et al.*, 2021).

S/CRF dapat dibentuk dengan memanfaatkan potensi hidrogel sebagai material pembentuknya. Material hidrogel menjadi salah satu topik yang telah banyak dikaji pada beberapa tahun terakhir, karena pemanfaatannya dalam berbagai bidang seperti, pertanian (Rekso *et al.*, 2016), farmasi dan medis (Ramadhani *et al.*, 2021), rekayasa jaringan sel (Mahanani, 2013), dan pengolahan air (Jing *et al.*, 2013). Hidrogel merupakan jaringan tiga dimensi yang bersifat viskoelastik dengan rantai polimer hidrofilik yang saling terhubung. Ikatan silang ini memberikan hidrogel struktur fisik serta elastisitas yang memungkinkan material ini untuk meregang dan menyusut sesuai dengan kebutuhan (Indriyani *et al.*, 2023). Hidrogel sangat diperlukan pada bidang pertanian sebagai pembenah tanah karena hidrogel memiliki kemampuan

mengembang (*swelling*) serta menyerap cairan dalam jumlah besar. Hidrogel juga dapat menahan unsur hara dalam pupuk sehingga dapat memperbaiki sifat-sifat tanah (Abobatta, 2018). Polimer seperti polivinil alkohol, polivinil pirrolidon, selulosa, poliakrilamida, asam poliakrilat, pati, dan xhantan gum dapat dimanfaatkan sebagai material pembentuk hidrogel (Astrini *et al.*, 2019; Erizal & Abidin, 2011; Erizal & Sunarni, 2009; Pratama & Suprpto, 2022).

Hidrogel berbasis PVA merupakan salah satu jenis hidrogel yang banyak digunakan di berbagai bidang karena memiliki sifat non-karsinogenik (Erizal *et al.*, 2012). PVA adalah polimer *biodegradable* yang bersifat hidrofilik, larut dalam air, dapat membentuk lapisan film dengan baik, mudah diolah, dan tidak beracun. Hidrogel PVA memiliki kekurangan pada sifat mekaniknya, sehingga perlu dilakukan penambahan bahan lain atau sebagai pengikat silang (Pamela *et al.*, 2016). Metode pengikatan silang secara kimiawi adalah sebuah teknik dalam pembuatan hidrogel yang memanfaatkan bahan kimia tambahan sebagai perantara untuk membentuk ikatan kovalen antara polimer yang bereaksi. Hasil dari metode ini adalah hidrogel yang memiliki sifat permanen dan dapat digunakan pada berbagai jenis material, baik sintetis maupun alami. Sebagai contoh, natrium borat digunakan sebagai agen perantara dalam proses pembentukan ikatan silang (Adi, 2012).

Natrium borat sebagai agen pengikat silang terhadap PVA dapat menghasilkan hidrogel yang memiliki kestabilan cukup tinggi di dalam air (Wang *et al.*, 2021). Borat berfungsi sebagai agen pengikat silang untuk PVA karena ikatan silang yang terbentuk antara satu unit ion borat dari natrium borat dan dua unit diol dari PVA dapat memperkuat stabilitas mekanik hidrogel (Dave & Nath, 2018). Al-Emam *et al.* (2020) menyatakan hidrogel PVA/Borat masih menunjukkan kelemahan dalam fleksibilitas dan sifat mekaniknya yang terlihat dari beberapa pengujian di mana hidrogel mengalami kerusakan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan fleksibilitas serta sifat mekaniknya dilakukan penambahan polimer alam seperti alginat.

Alginat merupakan polisakarida linier yang bersifat anionik dan diperoleh dari alga cokelat. Alginat memiliki daya absorpsi yang tinggi, dan menyebabkan hidrogel dapat terurai secara hayati (M. Zhang & Zhao, 2020). Alginat merupakan polisakarida anionik yang dapat membentuk hidrogel tanpa perlu pemanasan dan tanpa pelarut beracun (Lee & Mooney, 2012). Alginat telah banyak digunakan dan diteliti karena

sifatnya yang dapat terbiodegradasi, biaya yang relatif rendah, toksisitas rendah, serta kemampuannya untuk membentuk gel (Pereira *et al.*, 2013). Kombinasi PVA dengan alginat efektif dalam meningkatkan fleksibilitas serta sifat mekaniknya yang dilihat dari kemampuan *swelling* dari hidrogel yang tinggi (Ramadhani *et al.*, 2021).

Penggunaan *filler* seperti *Charcoal*, *nanoclay*, dan *cellulose nanowhiskers* dapat memperkuat struktur jaringan hidrogel, serta memperoleh hidrogel yang lebih ramah lingkungan. Dibandingkan dengan *filler* lainnya, *Charcoal* menunjukkan keunggulan seperti biaya yang lebih rendah dan banyaknya sumber seperti jerami, cangkang, dan bambu, yang dapat dengan mudah dipersiapkan melalui proses karbonisasi (Cao & Li, 2021). *Charcoal* termasuk kedalam kelas karbon, serta memiliki kelebihan ramah lingkungan, mudah didapatkan, ekonomis untuk aplikasi pertanian, dan dapat menyerap CO₂. Penambahan *Charcoal* pun dilakukan untuk memperluas ukuran pori dan meningkatkan nilai permeabilitas hidrogel (Gunawan *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dilakukan sintesis komposit hidrogel-*biochar* untuk aplikasi pertanian dan pupuk pelepas terkendali hasilnya menunjukkan pelepasan nutrisi N-P-K yang terkontrol (Das & Ghosh, 2022), dan sintesis hidrogel berbasis PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/*Charcoal* dalam bentuk lembaran sebagai CRF untuk pupuk kalium telah menunjukkan sifat pelepasan yang terkontrol (Indriati, 2023). Bentuk lembaran hidrogel untuk S/CRF masih dapat ditingkatkan performanya untuk pengendalian pupuk lepas lambat dengan cara membuat modifikasi bentuk granula yang dilapisi dengan hidrogel sebagai penambah lapisan. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi dengan penambahan *Charcoal* pada hidrogel PVA/Borat/Alginat sebagai *filler*, serta bentuk yang awalnya lembaran, dimodifikasi dengan membentuk menjadi granula CaCO₃-KCl yang dilapisi dengan hidrogel sehingga kemampuan untuk melepaskan pupuk akan jauh lebih lambat.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana konsentrasi *Charcoal* optimum pada sintesis lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*?
2. Bagaimana karakteristik lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*?

3. Bagaimana performa agrokimia lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*?
4. Bagaimana performa agrokimia granula PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* /CaCO₃-KCl?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi *Charcoal* optimum pada sintesis lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* ditinjau dari *swelling ratio*, *water retention*, dan *water contact angle*.
2. Mengetahui karakteristik struktur, morfologi, dan hidrofilisitas lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*.
3. Mengetahui performa agrokimia lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* berdasarkan parameter *swelling ratio*, *water retention*, biodegradabilitas, dan perilaku pelepasan.
4. Mengetahui performa agrokimia granula PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* /CaCO₃-KCl berdasarkan perilaku pelepasan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Alternatif material ramah lingkungan untuk kemajuan teknologi dan praktik pertanian di Indonesia, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan pupuk.
2. Alternatif teknologi dalam pemanfaatan *Charcoal* sehingga dapat meningkatkan manfaat dan nilai ekonominya.