

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan aktivitas petani dalam memanfaatkan sumber daya alam melalui proses budidaya tanaman. Keberhasilan dalam pertanian ditentukan oleh berbagai faktor, seperti jenis tanaman, kondisi lahan, ketersediaan air dan pupuk sebagai nutrisi, serta iklim/cuaca yang ada (Baltzoi *et al.*, 2015). Untuk mendapatkan hasil pertanian yang berlimpah perlu dilakukan pemupukan, baik menggunakan pupuk tradisional/alami maupun pupuk buatan. Akan tetapi, penggunaan pupuk secara berlebihan akan menyisakan pupuk dan pestisida yang tidak diserap oleh tanaman, dengan bantuan penggerusan oleh air dapat terbawa ke perairan yang mengakibatkan risiko kerusakan lingkungan (seperti degradasi struktur tanah) dan/atau kontaminasi air (seperti terjadinya eutrofikasi/limbah cair) (Liu *et al.*, 2022) (Kargar *et al.*, 2017). Oleh karena itu, pentingnya pengembangan material yang dapat mengendalikan pelepasan nutrisi ke dalam tanah menjadi suatu bagian yang krusial dalam aktivitas pertanian (Yang *et al.*, 2018).

Salah satu pendekatan yang diharapkan dapat mengurangi pelepasan pupuk berlebih yaitu dengan mengendalikan laju pelepasan pupuk, yang disebut *controlled release fertilizer* (CRF). Dalam hal ini, terdapat beberapa jenis material yang dapat digunakan dalam pengaturan pelepasan pupuk, salah satunya adalah hidrogel. Hidrogel merupakan material yang memiliki kemampuan menyerap cairan dalam struktur jaringan tiga dimensi yang bersifat hidrofilik yang dapat mengembang (*swelling*) serta menciut (*deswelling*), akibat adanya gugus fungsional seperti hidroksil (R-OH), karboksil (R-COOH), atau amina/amida (R-NH₂/R-CONH₂), serta memiliki afinitas yang tinggi untuk menyerap air/cairan (Downs *et al.*, 2020). Hidrogel bersifat tidak larut dalam air, namun dapat menyerap dan mempertahankan cairan dalam strukturnya, serta melepaskannya secara seimbang sesuai keperluan. Kemampuan hidrogel untuk mempertahankan cairan pada strukturnya dipengaruhi adanya ikatan silang (*crosslinker*) antar prekursor

Siti Fatimah, 2023

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

penyusunnya yang berinteraksi melalui ikatan hidrogen (Tang *et al.*, 2021). Di samping itu, penggunaan *crosslinker* juga berguna meningkatkan hidrofilitas, laju *release*, kestabilan dan sifat mekanik pada hidrogel komposit. Hidrogel telah diterapkan luas dalam berbagai bidang selain pertanian, seperti pengolahan air limbah, adsorpsi ion logam (Gao *et al.*, 2020), zat warna (Makhado & Hato, 2021), aplikasi biomedis (Zhou *et al.*, 2018), penggunaan dalam kemasan makanan (Yang *et al.*, 2020), dan lainnya.

Secara lebih khusus, hidrogel dapat dimanfaatkan sebagai media tanam alternatif yang menggantikan tanah dalam budidaya tanaman, dengan kemampuan menyimpan dan mempertahankan nutrisi (nutrien) dalam strukturnya, karena dapat mengontrol laju pelepasan nutrisi yang disebut hidrogel *Controlled Release Fertilizer* (CRF) (Wang *et al.*, 2021) (Zhang *et al.*, 2022). Hidrogel CRF merupakan material komposit terdiri dari polimer dan/atau kopolimer dimana nutrisi/unsur hara ditambahkan ke dalam struktur hidrogel komposit (Das & Ghosh, 2022).

Berdasarkan kecepatan pelepasan nutrisi pada hidrogel CRF yang dikelompokkan menjadi *fast release* dan *slow release*, tergantung kesesuaian jenis polimer yang digunakan pada hidrogel (Liu *et al.*, 2022). Berbagai polimer hidrofilik, baik polimer alam (biopolimer) maupun polimer buatan (sintetik) telah dilaporkan sebagai material prekursor komposit hidrogel (Jaikumar *et al.*, 2014), diantaranya biopolimer seperti gelatin (Virgilio *et al.*, 2018), selulosa (Khoerunnisa *et al.*, 2016), kitosan (Luo *et al.*, 2020), akrilamida (Khoerunnisa *et al.*, 2021), serta pada polimer sintetik seperti poli (kaprolakton) (Liu *et al.*, 2023), poli (asam laktat) (Jang *et al.*, 2023), poli (etilen amina) (Dragan *et al.*, 2019), poli (vinil pirolidon)/PVP (Zhu *et al.*, 2023), dan seterusnya.

Poli(vinil alkohol) (PVA) merupakan salah satu polimer sintetik yang banyak digunakan sebagai polimer utama pada sintesis hidrogel karena mudah membentuk gel (*biocompatible*), bersifat hidrofilik yang dapat meningkatkan kapasitas hidrogel dalam menyerap air (Zhou *et al.*, 2018), *non-toxic*, serta mudah berikat silang dengan prekursor lain secara kimia-fisika yang cocok untuk diaplikasikan dalam pertanian. Namun, sifat mekanik PVA mudah rapuh karena PVA bersifat hidrofilitas, sehingga diperlukan modifikasi dengan polimer lain

Siti Fatimah, 2023

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLOORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya (Liu *et al.*, 2021). Disisi lain, natrium alginat (SA) adalah biopolimer yang bersifat hidrofilik, *biocompatible* (mudah menyesuaikan dan menghasilkan ikatan kimia yang baik), *biodegradable* (dapat terurai alami relatif cepat yang tidak mencemari lingkungan), dan dapat meningkatkan fleksibilitas gel PVA (Elkady *et al.*, 2020). Sementara itu, hidrogel komposit PVA/SA menghasilkan sifat mekanik yang lemah dan mudah larut dalam air, sehingga diperlukan polimer *crosslinker* untuk mempertahankan struktur hidrogel komposit (Zhang *et al.*, 2021).

Studi terdahulu telah melaporkan bahwa modifikasi hidrogel PVA dengan penambahan pengikat silang (*crosslinker*) seperti, glutaraldehid (GA) ke dalam hidrogel PVA/SA mampu signifikan meningkatkan *swelling ratio* hidrogel dengan rasio volume sama pada PVA:SA:GA sebesar 10:10:10. Sementara itu, ditambahkan dengan penyisipan ion Zn ke dalam hidrogel tersebut juga mampu memberikan nilai *swelling ratio* mencapai 480% (Hendrawan *et al.*, 2016). Kemudian pada perbedaan rasio yang teridentifikasi pada hidrogel PVA/SA/GA adalah 5:5:9, menunjukkan adanya ikatan hidrogen kuat dengan *swelling* sebesar 550% dalam interval 3 minggu (Hendrawan *et al.*, 2019). Lalu, penelitian lain yang mengonfirmasi bahwa terdapat interaksi ikatan hidrogen kuat antara PVA dan SA melalui penyisipan nanoselulosa dengan rasio volume 2:2:3 (Yue *et al.*, 2016). Lebih lanjut, pada hidrogel superabsorben PVA/Selulosa/GA dengan filler CNT yang menghasilkan *swelling* sebesar 840% dan *water retention* dalam interval waktu pengukuran 21 hari (Khoerunnisa *et al.*, 2016). Selanjutnya, agen *crosslinker* akrilamida pada hidrogel PVA/Akrilamida/Grafen Oksida (GO) dengan rasio 5:10:4 menghasilkan *swelling* sebesar 604% pada pH 9 suhu 40°C, dipengaruhi oleh faktor *swelling* meliputi pH, dan suhu (Khoerunnisa *et al.*, 2021). Di samping itu, agen *crosslinker* boraks yang dilaporkan bahwa hidrogel PVA/Boraks memiliki kemampuan yang mudah untuk berinteraksi membentuk ikatan hidrogen antara PVA melalui boraks pada kompleksasi didiol, sehingga hidrogel PVA/Boraks bersifat viskoelastis (Chen *et al.*, 2019), serta dengan fraksi gel (konsentrasi) boraks lebih tinggi menghasilkan perilaku *swelling* lebih besar yang menjadikan hidrogel bersifat mekanik baik dan *biocompatible* (Wang *et al.*, 2022). Dalam konteks studi

Siti Fatimah, 2023

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

terdahulu tersebut, hidrogel dengan adanya pengikat silang, seperti PVA/SA/GA, PVA/Akridamida/GO, PVA/Selulosa/GA/CNT, dan PVA/Boraks, mampu mengubah karakteristik asal hidrogel, sehingga penelitian akan melanjutkan polimer PVA/SA dengan modifikasi boraks yang mudah berikat silang, sehingga dapat menjadikan komposit hidrogel bersifat elastisitas.

Boraks adalah agen *crosslinker* yang mudah membentuk ikatan hidrogen dalam struktur PVA dengan menyerap muatan negatif ion borat ($B(OH)_4^-$) di dalam hidrogel PVA/Boraks menghasilkan struktur hidrogel yang menguatkan jaringan, sehingga memberikan kemampuan deformasi pada hidrogel dengan sifat viskoelastisitas (Wang *et al.*, 2022) (Chen *et al.*, 2019). Pemilihan boraks memiliki potensi besar karena mudah larut dalam air, mempertahankan cairan dalam struktur hidrogel PVA, membantu pembentukan ikatan kimia PVA/SA melalui jaringan tiga dimensi, sehingga mudah membentuk ikatan hidrogen, serta boraks memiliki toksisitas yang rendah (Boccalon *et al.*, 2020).

Dalam hidrogel CRF memiliki perilaku *release* nutrisi KCl, yang perlu dikaji untuk mengkonfirmasi interaksi laju pelepasan dan mengatur pasokan cairan nutrisi pada tanaman melalui hidrogel CRF yang telah disintesis. Umumnya, sifat ion nutrisi pada hidrogel CRF menyebabkan berkurangnya *release* KCl dengan rentang waktu cukup lama, sehingga hidrogel memiliki kemampuan untuk mengatur *release* ion KCl sesuai dengan kebutuhan tanaman (Liu *et al.*, 2021). KCl memiliki peran penting sebagai pembawa unsur kalium bagi tanah, akhirnya KCl dapat diserap oleh tanaman melalui media hidrogel, serta berguna untuk menyuplai yang meningkatkan pertumbuhan tanaman (Songara *et al.*, 2022). Dengan demikian, adanya *release* nutrisi KCl pada hidrogel CRF memiliki keunggulan, diantaranya mampu menyediakan air dan nutrisi yang efisien, pemupukan lebih stabil dan terkendali, pengurangan kontaminasi lingkungan (air, tanah, dan perairan), efisiensi nutrisi mencegah akumulasi kelebihan pupuk, serta sebagai perlindungan cuaca kering.

Berdasarkan pemaparan di atas, menyiratkan bahwa karakteristik hidrogel PVA/SA dapat dimodifikasi melalui penggunaan pengikat silang (*crosslinker*) dan nutrisi ke dalam komposit hidrogel. Penggunaan *crosslinker* seperti GA,

Siti Fatimah, 2023
SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER

akrilamida, GO terhadap hidrogel tersebut menghasilkan peningkatan *swelling ratio* dan memiliki karakteristik hidrogel dengan sifat mekanik yang lemah dari faktor lingkungan. Sementara itu, boraks juga dikenal sebagai agen *crosslinker*, yang menghubungkan antara ion borat melalui kompleksasi didiol terhadap gugus alkohol dari PVA menghasilkan hidrogel bersifat viskoelastis. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis sintesis hidrogel untuk mengetahui potensi penggunaan sifat fisiko-kimia *crosslinker* boraks dan nutrisi KCl terhadap hidrogel PVA/SA dalam mengembangkan material *controlled release fertilizer* secara sistematis.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini melibatkan aspek-aspek berikut:

1. Bagaimana komposisi optimum sintesis komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl dengan metode kimia?
2. Bagaimana karakteristik morfologi dan fisiko-kimia komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl hasil sintesis?
3. Bagaimana kinerja komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl meliputi *swelling ratio*, *water retention* dan *release behavior*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi terkait dengan:

1. Komposisi optimum dalam proses sintesis komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl dengan metode kimia.
2. Karakteristik morfologi dan fisiko-kimia komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl.
3. Kinerja komposit hidrogel PVA/SA/Boraks/KCl meliputi *swelling ratio*, *water retention* dan *release behavior*.

Siti Fatimah, 2023

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan material *controlled release fertilizer* yang relevan untuk diaplikasikan pada bidang pertanian. Secara khusus, temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam metode sintesis hidrogel komposit PVA/SA/Boraks/KCl yang ekonomis, sederhana dan ramah terhadap lingkungan.

1.5 Struktur Organisasi Tesis

Struktur organisasi tesis ini terdiri dari 5 BAB meliputi Bab I pendahuluan yang membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi tesis. Bab II kajian pustaka yang membahas mengenai *state of the art* meliputi poli(vinil alkohol) (PVA), natrium alginat (SA), boraks, pupuk KCl, hidrogel, metode sintesis hidrogel menggunakan agen pengikat silang (*crosslinker*), hidrogel sebagai material *Controlled Release Fertilizer* (CRF), teknik karakterisasi hidrogel meliputi *Fourier Transforms Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan sudut kontak, serta uji kinerja hidrogel meliputi *swelling ratio*, *water retention* dan *release behavior*. Bab III metode penelitian berisi tentang metode, alat dan bahan, serta tahap penelitian. Bab IV berisi mengenai temuan dan pembahasan, serta Bab V berisi mengenai kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan penelitian yang dilakukan. Pada tesis ini juga berisi lampiran yang menyertakan data-data serta gambar yang tidak ditampilkan pada bab-bab sebelumnya.

Siti Fatimah, 2023

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL
KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM
ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLORIDA UNTUK KANDIDAT
MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu