

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor terpenting di Indonesia. Hal tersebut karena Indonesia memiliki sumber daya alam dalam jumlah banyak dan beragam, sehingga Indonesia disebut sebagai negara agraris. Saat ini jumlah penduduk di seluruh dunia semakin meningkat, sehingga kebutuhan pangan semakin meningkat dan mendorong produktivitas pertanian global di seluruh dunia untuk meningkatkan hasil panen untuk memenuhi permintaan konsumen (Songkhum et al., 2018). Pupuk mampu menjamin ketahanan pangan tersebut. Pupuk merupakan bahan yang diproduksi secara alami maupun sintesis yang diberikan pada tanah atau pada jaringan tanaman untuk menyuplai satu atau lebih unsur hara tanaman yang penting bagi pertumbuhan tanaman yang dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia atau biologi tanah sehingga menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman.

Namun, peningkatan kegiatan manusia selama 10 tahun terakhir telah menimbulkan pengaruh terhadap lingkungan yaitu perubahan iklim, penipisan sumber daya dan energi, hal tersebut berpengaruh pada kelangsungan pasokan pangan. Sehingga banyak petani yang melakukan pemupukan berlebih untuk meningkatkan hasil panen, tetapi hal tersebut nyatanya dapat menurunkan efisiensi penggunaan pupuk serta dapat mendorong masalah lingkungan dan ekologi yang buruk (Liu et al., 2019). Terlepas dari manfaat pupuk bagi tanaman, ada kendala yang muncul pada penggunaan pupuk dengan cara disebarkan, sebagian akan terbawa oleh air hujan, terbawa oleh air tanah dan sebagian membentuk gas emisi ke udara yang dapat menimbulkan perubahan iklim (Gregorich et al. 2015). Hal ini dapat berbahaya bagi kesehatan manusia dan berdampak buruk bagi lingkungan karena dapat mencemari tanah, air dan udara. Penggunaan pupuk yang tidak efisien ini juga mengakibatkan pemborosan bagi petani, lebih dari 800 penelitian menyatakan bahwa rata-rata 51% dari nitrogen tertinggal dipermukaan tanah

(Chien et al., 2009). Sekitar 80–90% fosfor, 50–90% kalium dan lebih dari 95% kandungan mikronutrien dari pupuk hilang ke lingkungan dan menyebabkan kerugian ekonomi yang besar (Kanjana, 2017).

Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan pupuk pelepasan terkendali atau *Controlled Release Fertilizer* (CRF). Dengan penggunaan sistem pelepasan terkendali, unsur hara dapat dilepaskan secara bertahap pada waktu tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan unsur hara spesifik selama pertumbuhan tanaman. Sehingga penggunaan CRF memiliki potensi yang sangat besar dalam meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk dan mengurangi masalah lingkungan yang disebabkan oleh pengelolaan pupuk yang kurang baik (Li, et al., 2018 dan Lateef et al., 2016). Material yang biasa digunakan untuk penggunaan CRF yaitu hidrogel. Penggunaan hidrogel sebagai CRF didasarkan pada teknik pelapisan, dengan cara penyerapan zat ke dalam gel, yang kemudian dilepaskan secara perlahan (Lubkowski, 2014).

Hidrogel merupakan jaringan polimer tiga dimensi yang berikatan melalui ikatan silang fisika atau kimia. Hidrogel bersifat mudah larut dalam air atau hidrofilik, walaupun demikian, adanya ikatan silang membuat hidrogel tidak larut dalam air. Jaringan ini stabil pada suhu kamar dan dapat mengembang (*swelling*) saat direndam dalam air (Peppas dan Simmons, 2004). Sifat mengembang tersebut ditunjukkan dari *swelling ratio* dan bergantung pada banyak faktor seperti kerapatan jaringan, sifat pelarut dan parameter interaksi pelarut polimer (Matty et al., 2015). Saat ini, banyak penekanan diberikan pada penggunaan material hidrogel yang dapat terurai (terdegradasi) secara alami dan kompatibel dengan lingkungan (Sempeho, et al., 2014; Ye et al., 2020).

Berdasarkan biokompatibel, kapasitas superabsorben dan retensi air yang sangat baik, hidrogel polimer telah dikembangkan secara terus menerus (Zhao et al., 2021). Polivinil alkohol (PVA) merupakan polimer sintetik dari monomer vinil alkohol digunakan sebagai material dasar pembuatan hidrogel yang bersifat hidrofilik karena memiliki banyak gugus OH dan dapat berikatan hidrogen dengan air sehingga mampu mempermudah proses pembentukan gel (Ding et al., 2020). Selain itu, PVA memiliki toksisitas yang rendah, daya tahan tinggi, dan mudah didegradasi, tetapi hidrogel dengan bahan dasar PVA memiliki sifat mekanik yang

mudah rapuh, sehingga perlu dimodifikasi untuk menaikkan sifat mekaniknya (Abidin, 2013). Modifikasi yang dapat dilakukan oleh hidrogel PVA yaitu dengan penambahan agen pengikat silang (*crosslinker*) untuk menghasilkan hidrogel yang lebih baik, non toksik dan kemampuan untuk menyerap air yang tinggi. Salah satu *crosslinker* yang digunakan yaitu glutaraldehida (GA) (Bolto et al., 2009).

Interaksi yang terjadi pada proses crosslinking dapat berupa interaksi kovalen maupun ionik. Dengan adanya interaksi tersebut dapat meningkatkan kekuatan mekanik, kinerja, stabilitas hidrofilitas, serta besar kecilnya kemampuan *swelling*. Glutaraldehida merupakan *crosslinker* homobifungsional karena memiliki dua gugus aldehida yang reaktif terhadap PVA, sehingga apabila direaksikan akan berikatan secara kovalen dengan gugus hidroksil dan membentuk jembatan untuk menghubungkan antara polimer PVA yang satu dengan yang lainnya. Pada penelitian Matty et al., 2015 tentang pengaruh penambahan *crosslinker* GA pada hidrogel PVA menunjukkan bahwa, *swelling ratio* dipengaruhi oleh jumlah *crosslinking agent*, hasil menunjukkan hidrogel dengan ikatan silang yang tinggi menyebabkan penurunan sifat *swelling* karena kerapatan ikatan silang meningkat dan akan mengurangi *swelling* pembengkakan atau penyerapan air ke dalam gel. Konsentrasi *crosslinker* yang lebih tinggi mengurangi ruang antara rantai kopolimer dan akibatnya, struktur kaku dan tidak mampu menahan air dalam jumlah besar (Hosseinzadeh, 2013).

Hidrogel polimer sintetik banyak digunakan karena kemudahan produksinya, tetapi terdapat beberapa kekhawatiran seperti sulit untuk didegradasi dan masalah pembuangan limbah, sehingga perlu ditambahkan bahan yang mampu mengatasi masalah tersebut. Dalam penelitian ini digunakan daun cincau hijau (*Premna oblongifolia Merr.*) sebagai salah satu material hidrogel karena merupakan bahan alam yang telah lama dikenal masyarakat Indonesia, jumlahnya banyak dan mudah ditemukan di Indonesia. Kandungan dalam cincau hijau yang dimanfaatkan sebagai pembentuk gel yaitu polisakarida pektin. Pektin membentuk kelas polisakarida yang paling kompleks, terutama terdiri atas kelompok glikanogalakturonan dengan berat molekul tinggi yang heterogen dan polisakarida struktural asam dengan struktur yang beragam. Tulang punggung pektin terdiri atas molekul (1→4)- $\alpha$ -D-asam galakturonat (Kohli dan Gupta, 2015). Pektin bersifat

biodegradabilitas, biokompatibilitas, memiliki kemampuan gelasi dan permeabilitas gas yang baik (Espitia et al., 2014). Selain itu, karena pektin banyak mengandung gugus -OH, maka dapat meningkatkan karakter hidrofilik hidrogel (Hendrawan et al., 2019).

Hidrogel PVA merupakan material yang memerlukan biokompatibilitas, sifat mekanik yang kuat, dan stabilitas termal yang tinggi, hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan nano-filler ke dalam matriks polimer (Jayalakshmi dan Jeyanthi, 2021). Penambahan karbon *nanotube* (CNT) ke dalam matriks polimer menghasilkan komposit dengan adanya peningkatan kekuatan mekanik dan sifat transpor elektron. Kombinasi PVA dengan CNT tidak membentuk ikatan kimia, tetapi dapat menghasilkan serat komposit yang lebih keras daripada serat organik lain yang dikenal (Vigolo et al., 2002). Baik CNT berdingding tunggal dan berdingding banyak (SWCNT dan MWNT) dapat digunakan dalam bentuk larutan dispersinya (Dalton et al., 2004).

Aplikasi hidrogel pada CRF meminimalkan nutrisi mengalami *leaching* berlebih dan meningkatkan efisiensi konsumsi air. Nutrisi atau unsur hara yang dibutuhkan tanaman terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu makronutrien dan mikronutrien. Kalsium (Ca) sebagai makronutrien sekunder dan mikronutrien seng (Zn) diperlukan untuk kehidupan walaupun kebutuhannya tidak terlalu banyak seperti makronutrien N, P, dan K. Apabila jumlah mikronutrien dalam tanah terlalu rendah, maka kandungannya tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan organisme. Sebaliknya, apabila dalam tanah jumlah mikronutrien terlalu tinggi, maka dapat menimbulkan efek toksik (Wang et al., 2022). Saat ini, lebih dari 50% tanah kekurangan mikronutrien, yang secara langsung menyebabkan penurunan hasil panen dan kualitas produk pertanian. Fenomena tersebut juga berdampak buruk pada kehidupan manusia hingga menimbulkan kekurangan nutrisi (Misic et al., 2022). Kekurangan ini terutama disebabkan oleh ketersediaan unsur hara mikro, yang tidak tersedia dalam jumlah yang cukup untuk serapan tanaman.

Mekanisme pelepasan pupuk lepas terkontrol berbasis gel (CRF) melibatkan penetrasi air ke dalam campuran kering pupuk dan polimer pembentuk gel sehingga nutrisi dalam inti pupuk mampu lepas (*release*) ke lingkungan. Mekanisme tersebut mempertimbangkan semacam kontrol difusi dan upaya

pemodelan yang telah dilakukan dalam dua dekade terakhir didasarkan pada asumsi bahwa pelepasan nutrisi dari CRF yang dilapisi dikendalikan oleh difusi zat terlarut dari pupuk dengan mengabaikan penyerapan air oleh pupuk (Shaviv, Raban, & Zaidel, 2003). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengamati perilaku ion (dalam hal ini  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  sebagai ion bivalen) yang mampu keluar dari hidrogel dengan mempertimbangkan beberapa sifat dari hidrogel yang digunakan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah penelitian yang akan dilakukan yaitu :

1. Bagaimana komposisi optimum sintesis hidrogel PVA/GA/POM/CNT?
2. Bagaimana karakteristik hidrogel PVA/GA/POM/CNT?
3. Bagaimana kinerja hidrogel PVA/GA/POM/CNT sebagai S-CRF nutrisi  $\text{CaCl}_2$  dan nutrisi  $\text{ZnCl}_2$ ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Menentukan komposisi optimum sintesis hidrogel PVA/GA/POM/CNT
2. Menentukan karakteristik material hidrogel PVA/GA/POM dan PVA/GA/POM/CNT dalam hal parameter:
  - a. Gugus fungsi;
  - b. Morfologi;
  - c. Hidrofilisitas; dan
  - d. Porositas.
3. Menentukan kinerja material hidrogel PVA/GA/POM dan PVA/GA/POM/CNT, dalam hal parameter:
  - a. Swelling ratio (SR) dan water retention (WR);
  - b. Kemampuan absorpsi terhadap nutrisi  $\text{CaCl}_2$  dan nutrisi  $\text{ZnCl}_2$ ; dan
  - c. Kemampuan *release* nutrisi  $\text{CaCl}_2$  dan nutrisi  $\text{ZnCl}_2$ .

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel PVA/GA/POM/CNT, dan Uji Kinerjanya sebagai Material S-CRF  $\text{CaCl}_2$  dan S-CRF  $\text{ZnCl}_2$ ” diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai:

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan fundamental dalam penggunaan hidrogel, yaitu perilaku ion dalam matriks hidrogel;
2. Perkembangan material alternatif dalam penggunaan hidrogel yang diaplikasikan pada bidang pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan pada tanaman; dan
3. Memberikan kontribusi terhadap pencegahan pencemaran lingkungan dengan melakukan sintesis *Controlled Release Fertilizer* menggunakan bahan *biodegradable*.

#### 1.5. Struktur Organisasi Skripsi

Penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab yang masing-masing bab terdiri dari beberapa penjelasan sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan, berisi penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian yang akan dilakukan, serta struktur organisasi penulisan skripsi;
2. BAB II Tinjauan Pustaka, berisi konsep dan teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan;
3. BAB III Metode Penelitian, berisi desain penelitian yang berisi tentang waktu, lokasi, alat, bahan, bagan alir, dan prosedur penelitian;
4. BAB IV Temuan dan Pembahasan, berisi tentang pemaparan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan temuan hasil penelitian; dan
5. BAB V Simpulan dan Saran, berisi tentang rangkuman terhadap temuan hasil penelitian dan rekomendasi untuk peneliti selanjutnya.