

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pupuk digunakan untuk memberikan unsur hara tambahan bagi tanaman agar kualitas dan pertumbuhan tanaman dapat berjalan dengan baik. Unsur hara yang penting bagi tumbuhan adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Pemberian pupuk dapat meningkatkan hasil panen, tetapi pemberian pupuk yang berlebihan dapat mengurangi efisiensi penggunaan pupuk dan berdampak buruk pada lingkungan dan ekologi. Pupuk organik dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik, karena bahan organiknya dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta meningkatkan efektivitas mikroorganisme tanah (Purba, 2021).

Nutrien atau unsur hara yang diperlukan tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien terdiri dari unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah besar seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Belerang (S), dan Magnesium (Mg), sementara mikronutrien adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, contohnya Besi (Fe), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Mangan (Mn), Molibdenum (Mo), Boron (B), dan Klor (Cl). Meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit, unsur mikronutrien memegang peranan penting dalam pertumbuhan tanaman (Syekhiani, 2012).

Penggunaan pupuk konvensional seringkali mengakibatkan sebagian nutrisi terbawa oleh air hujan atau air tanah, serta sebagian lainnya menguap ke udara sebagai gas, yang dapat berdampak pada perubahan iklim dan lingkungan. Penggunaan pupuk yang berlebihan dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan, karena dapat mencemari tanah, air (eutrofikasi), dan udara akibat adanya pembakaran berlebih pada proses pembuatan pupuk yang berlebihan. Selain itu, penggunaan pupuk yang tidak efisien juga dapat menyebabkan pemborosan bagi petani. Lebih dari 800 percobaan menunjukkan bahwa rata-rata 51% dari nitrogen tertinggal di permukaan tanah, sedangkan sekitar

80-90% fosfor, 50-90% kalium, dan lebih dari 95% kandungan mikronutrien dari pupuk hilang ke lingkungan, yang menyebabkan kerugian ekonomi yang besar (Liu *et al.*, 2017).

Salah satu cara untuk mengatasi masalah penggunaan pupuk konvensional adalah dengan menggunakan pupuk pelepasan terkendali atau *Controlled Release Fertilizer* (CRF). Dengan menggunakan sistem pelepasan terkendali, unsur hara akan dilepaskan secara perlahan sehingga tanaman dapat menyerap sebagian besar unsur hara tanpa menghasilkan limbah melalui pencucian (Trenkel, 2013). Hal ini dapat membantu mengoptimalkan pemberian pupuk dan mengelola nutrisi tanah dengan lebih efisien, serta mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan ekonomi petani.

Penggunaan pupuk pelepasan terkendali atau *Controlled Release Fertilizer* (CRF) merupakan pupuk yang memberikan unsur hara secara bertahap sesuai dengan kebutuhan tanaman dan mengatur pelepasan unsur hara selama periode waktu yang lama (Putri *et al.*, 2019). Menurut (Shaviv, 2001), CRF memiliki sejumlah kelebihan, seperti mengurangi kemungkinan kehilangan unsur hara dari pupuk tanah akibat air hujan atau irigasi, menjaga ketersediaan air dan mineral dalam jangka waktu yang lebih lama, mengurangi dampak racun atau toksisitas lingkungan, serta berfungsi sebagai alternatif media pertumbuhan tanaman. Hidrogel umumnya menjadi bahan dasar yang sering digunakan dalam pembuatan CRF.

Salah satu material yang biasa digunakan untuk penggunaan CRF yaitu hidrogel. Penggunaan hidrogel sebagai CRF didasarkan pada teknik pelapisan dengan cara penyerapan zat ke dalam gel, 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. Sifat pembengkakan ini

tergantung pada *swelling ratio* dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kerapatan jaringan, sifat pelarut, dan parameter interaksi antara pelarut dan polimer (Matty Maha T Sultan Adiba Kh Amine, 2015). Saat ini, banyak dilakukan penelitian untuk peningkatan fokus pada pemanfaatan material hidrogel yang dapat mengalami degradasi alami dan sejalan dengan keberlanjutan lingkungan (Sempeho *et al.*, 2014).

Polivinil alkohol (PVA) adalah suatu polimer buatan yang dibuat dari monomer vinil alkohol dan dipakai sebagai bahan utama untuk pembuatan hidrogel karena dapat larut dalam air. PVA bersifat hidrofilik karena memiliki sejumlah gugus OH, yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air, memudahkan pembentukan gel. Menurut Erizal (2010), PVA memiliki tingkat toksisitas yang rendah, ketahanan yang tinggi, kemudahan degradasi, bersifat hidrofilik, serta kecenderungan pembentukan gel. Namun, hidrogel berbasis PVA cenderung memiliki sifat mekanik yang mudah rapuh, sehingga perlu diubah agar sifat mekaniknya dapat ditingkatkan (Mehrotra *et al.*, 2020). Modifikasi yang dapat dilakukan pada hidrogel PVA mencakup penambahan agen pengikat silang (*crosslinker*) untuk menghasilkan hidrogel yang lebih unggul, non-toksik, dan memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi. Salah satu contoh *crosslinker* yang digunakan adalah borat (Riedo *et al.*, 2015).

Interaksi yang terjadi selama proses *crosslinking* dapat berupa ikatan kovalen atau ionik. Adanya interaksi ini dapat meningkatkan kekuatan mekanik, hidrofilisitas, serta kemampuan *swelling* hidrogel. Borat berperan sebagai *crosslinker* karena kemampuannya untuk membentuk ikatan silang dengan senyawa lain. Proses pengikatan silang ini penting dalam membentuk struktur jaringan hidrogel dan dapat meningkatkan sifat mekanik serta menurunkan kandungan air dari hidrogel tersebut (Legemah *et al.*, 2013).

Namun, penambahan borat saja terbilang kurang cukup untuk meningkatkan kekuatan dan menghasilkan sifat mekanik yang besar. Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut diantaranya dengan melakukan penambahan

polimer alam rumput laut *Gracilaria sp.* (Hendrawan, 2019). Untuk menentukan efektivitas hidrogel yang terbentuk sebagai CRF dilakukan dengan cara mencampurkan KCl ke dalam larutan hidrogel berbentuk matriks atau lembaran. Ditemukan bahwa pelepasan ion kalium berlangsung lambat dengan laju pelepasan 0,889 ppm per menit pada sepuluh menit pertama dan rata-rata laju pelepasan 0,0134 ppm per menit untuk fase normal pada hidrogel PVA/GA/*Gracilaria*. Hal ini menunjukkan adanya perlambatan laju pelepasan ion kalium yang khas untuk hidrogel jenis tersebut.

Maka dari itu, pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi dari penelitian sebelumnya dengan penambahan matriks lain yaitu tepung rumput laut atau *Gracilaria* pada hidrogel PVA/Borat agar dapat menambah kekuatan dan kelastisitasan hidrogel yang terbentuk dan juga untuk memperlambat laju pelepasan ion kalium pada hidrogel PVA/Borat yang ditambahkan polimer alam *Gracilaria*.

Selama beberapa tahun terakhir, peneliti telah banyak mengkaji *Gracilaria* sebagai polimer alam yang ditambahkan untuk hidrogel S/CRF (*slow/controlled release fertilizer*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. *Gracilaria* merupakan jenis *algae* yang tumbuh di karang dan telah dikenal sebagai sumber unsur hara penting untuk tanaman karena perannya dalam fotosintesis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *Gracilaria* dalam pembuatan hidrogel S/CRF dapat memperlambat pelepasan unsur hara, meningkatkan efisiensi pupuk, dan pertumbuhan tanaman (Hendrawan *et al.*, 2019). Penggunaan hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria* diharapkan dapat melepaskan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti kalium dan mengurangi pelepasan unsur hara berlebihan yang dapat mencemari lingkungan.



Gambar 1.1 *Roadmap* Penelitian

Kalium merupakan unsur hara makro esensial bagi tanaman. Dalam tanah, kalium diserap oleh tanaman melalui sel epidermis dan korteks, selanjutnya didistribusikan ke tunas dan daun (Prajapati, 2012). Salah satu senyawa yang umum untuk menambahkan ion kalium dalam tanah adalah KCl (kalium klorida), yang memiliki kandungan kalium (K_2O) sebesar 60% (Sardans & Peñuelas, 2021). Pupuk KCl (kalium klorida) adalah jenis pupuk buatan ini yang dinilai mampu mencukupi kebutuhan unsur hara K pada tanaman (Gebreslassie, 2016).

Dalam penelitian ini, hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria*-KCl akan disintesis dengan bentuk sebagai S/CRF granula dan akan dilakukan optimasi komposisi gel untuk PVA/Borat matriks (lembaran) serta dilakukan juga optimasi konsentrasi *Gracilaria* pada hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria* matriks (lembaran). Menurut (Al-Zahrani, 1999), hidrogel berbentuk matriks (lembaran) merupakan hidrogel yang pembuatannya lebih sederhana dan memiliki homogenitas yang baik, tetapi hidrogel dengan jenis ini memiliki beberapa kekurangan, diantaranya memiliki kapasitas nutrisi yang terbatas atau akomodasi yang rendah, dan variabel kontrol

release yang terbatas (Mahendra, 2016). Oleh karena itu, pada penelitian kali ini hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*/CaCO₃-KCl akan disintesis dengan bentuk *reservoir* (granula). Hidrogel berjenis granula merupakan bentuk yang paling umum digunakan dan karena adanya pelapis hidrogel membuat kontrol *release* lebih terkendali. Pelapis ini juga membuat nutrisi yang ada di dalam lebih terjaga sehingga tidak mudah larut. (W. W. Yang & Pierstorff, 2012). Untuk mengetahui karakteristik kedua jenis S/CRF tersebut dilakukan pengujian meliputi gugus fungsi (vibrasi) yang dikarakterisasi dengan FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*), morfologi permukaan dengan SEM), dan hidrofilisitas dengan WCA. Performa agrokimia hidrogel yang mengacu pada efektivitas hidrogel dalam mendistribusikan bahan agrokimia (pupuk) secara efisien dalam pertanian dikaji meliputi SR, WR, RB dan biodegradabilitas.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimanakah karakteristik S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*?
2. Bagaimana performa agrokimia hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*-KCl?
3. Bagaimana performa agrokimia granula PVA/Borat/*Gracilaria*/CaCO₃-KCl?
4. Bagaimana hasil uji biodegradabilitas hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*.
2. Mengetahui performa agrokimia hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*-KCl.
3. Mengetahui performa agrokimia granula PVA/Borat/*Gracilaria*/CaCO₃-KCl.
4. Mengetahui hasil uji biodegradabilitas dapat membuktikan bahwa hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria* bersifat ramah lingkungan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu memberikan kontribusi perkembangan ilmiah dalam bidang pertanian khususnya mengenai material alternatif untuk mengontrol pelepasan pupuk melalui hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria*/CaCO₃ tersisipi KCl.