

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan pangan yang semakin meningkat memicu peningkatan penggunaan pupuk untuk pertanian setiap tahunnya. Menurut perkiraan Departemen Pertanian, kebutuhan pupuk NPK di Indonesia tahun 2006 hingga 2015 mengalami peningkatan yaitu dari 400.000 ton/tahun pada 2006 menjadi 6.589.227 ton/tahun pada 2015 (APPI, 2009). Namun kegiatan pemupukan yang semakin meningkat ini memiliki banyak dampak terhadap kualitas lingkungan di sekitar areal pertanian. Ketika pupuk yang diberikan berlebih maka akan terjadi *nutrient losses* karena kapasitas tanaman untuk menyerap nutrisi terbatas, selain itu juga karena adanya pencucian akibat *run off* oleh air hujan dan kelembaban tanah (Liu *et al*, 2014). Jika dilakukan secara berlebihan, penggunaan pupuk ini justru akan merusak tanah karena sisa-sisa pupuk yang tidak terserap oleh tanaman akan menurunkan pH tanah dan menyebabkan degradasi kualitas tanah.

Selain merusak tanah, penggunaan pupuk yang berlebihan juga dapat berdampak pada lingkungan perairan di sekitar lahan pertanian tersebut. Kandungan nitrat dan fosfat dalam pupuk/nutrien yang tidak terserap oleh tanaman ini akan terbawa oleh air hujan maupun irigasi ke perairan sehingga akan meningkatkan pertumbuhan yang berlebihan dari ganggang di air (Harfiana *et al*, 2013). Meledaknya populasi ganggang (eutrofikasi) akan menurunkan kadar oksigen dalam perairan karena oksigen yang ada akan habis dikonsumsi oleh ganggang tersebut. Jika kadar oksigen di air berkurang, maka fauna yang ada di perairan pun akan kekurangan oksigen dan akhirnya mati.

Selain berpengaruh pada lingkungan perairan dan tanah, penggunaan pupuk yang berlebihan juga berdampak pada atmosfer bumi. Sebagai hasil dari proses denitrifikasi yang terjadi di tanah, baik nitrogen oksida dan oksida nitrat yang terbentuk akan menyebabkan penipisan lapisan ozon yang mengakibatkan paparan radiasi ultraviolet terhadap manusia (Lubkowski dan Grzmil, 2007).

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan di atas adalah dengan menggunakan suatu material yang dapat mengontrol laju pelepasan pupuk atau nutrisi yaitu *controlled release fertilizer* (CRF). Pada pemupukan konvensional (misalnya dengan urea) pemupukan dilakukan 2-3 kali selama siklus pertumbuhan tanaman, sedangkan dengan CRF nutrisi dilepas bertahap selama masa tanam dan hanya perlu diterapkan sekali saja sehingga dapat menghemat waktu dan energi (Lubkowski dan Grzmil, 2007). CRF juga menunjukkan banyak keunggulan dibandingkan pupuk konvensional, seperti penurunan tingkat kehilangan pupuk dari tanah oleh hujan atau air irigasi, menjaga ketersediaan air atau mineral untuk waktu yang lama, meningkatkan efisiensi pupuk, pengaplikasian dengan frekuensi yang lebih sedikit sesuai dengan kebutuhan tanaman normal, mengurangi dampak negatif potensial yang terkait dengan over dosis dan mengurangi toksisitas (Han *et al.*, 2009).

Salah satu material yang sering digunakan untuk CRF adalah hidrogel. Hidrogel berbentuk jaringan tiga dimensi, mempunyai kemampuan mengembang (*swelling*) dan menciut (*deswelling*) dalam air. Hidrogel bersifat tidak larut dalam air tetapi hanya menyerap dan akan melepaskan air dan nutrisi secara proporsional pada saat dibutuhkan oleh tanaman. Dengan demikian tanaman akan selalu mempunyai persediaan air dan nutrisi setiap saat. Oleh karena itu, hidrogel berpotensi digunakan sebagai material CRF. Pada dasarnya, hidrogel memiliki kekuatan mekanik yang rendah karena umumnya bahan dasar pembuatan hidrogel adalah polimer/monomer. Untuk memperkuat strukturnya, hidrogel diikat silang (*crosslink*) oleh agen-agen pengikatnya. Beberapa senyawa kimia yang digunakan sebagai agen pengikat silang adalah senyawa epoksi dan aldehida (glutaraldehid), senyawa yang memiliki dua atau lebih gugus fungsi seperti 1,6-heksametilendiisosiyanat, divinilsulfon, N,N-(3-dimetilaminopropil)-N-etil karbodiimidat (EDC) dan N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) (Hennik dan Van Nostrum, 2012; Kurnia, 2014; Sicilia *et al.*, 2013).

Hidrogel berbahan polimer sintesis telah banyak dikembangkan, seperti polietilen oksida (PEO), polivinil pirolidon (PVP), asam polilaktat (PLA), asam poliakrilat (PAA), polimetakrilat (PMA), polietilen glikol (PEG) dan polivinil alkohol (PVA) (Gulrez *et al.*, 2011). Akan tetapi hidrogel dengan bahan polimer

sintetis ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya tidak ramah lingkungan karena sifatnya yang tidak *biodegradable* serta tidak ekonomis. Namun saat ini mulai banyak dikembangkan sintesis hidrogel menggunakan polimer alam. Bahan polimer alam memiliki banyak keunggulan dibanding bahan sintetis dimana kebanyakan bahan alam bersifat *biodegradable*, ketersediaannya melimpah, bernilai ekonomis, dan berkontribusi positif pada konservasi alam. Salah satu bahan alam yang dapat dimanfaatkan adalah alga merah. Alga merah banyak mengandung polisakarida dan protein. Alga merah memiliki struktur tiga dimensi, dapat mengembang, menyusut dan membentuk gel. Hal ini sesuai dengan syarat pembentukan hidrogel sehingga alga merah dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif yang dapat digunakan untuk membuat hidrogel (Chotimah, 2013). Pada penelitian sebelumnya, hidrogel berbahan dasar alga merah yang dikompositkan dengan polimer lain seperti polivinil alkohol (PVA) telah disintesis. PVA digunakan karena memenuhi karakteristik yang baik sebagai bahan dasar hidrogel (biokompatibilitas dan hidrofilisitasnya tinggi serta kemudahannya membentuk gel), namun hidrogel berbahan polimer alam ini memiliki kekuatan mekaniknya yang rendah. Kelemahan ini dapat diatasi dengan suatu material yang memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, salah satunya adalah *carbon nanotube*.

Carbon nanotubes (CNT) adalah suatu material yang berasal dari susunan atom karbon yang berhibridisasi sp^2 dan berikatan satu sama lain secara heksagonal membentuk struktur sarang madu (*honeycomb*) yang tergulung membentuk suatu silinder berukuran nanometer (Meyyappan, 2005). Penelitian mengenai aplikasi CNT telah dilakukan selama lebih dari sepuluh tahun karena sifat unik mekanik dan listriknya. CNT memiliki sifat intrinsik yang sangat baik dan dapat digunakan sebagai pengisi/filler potensial dalam pembuatan membran nanokomposit (Shirazi *et al.*, 2011). Tong *et al* (2007) mengemukakan bahwa sifat mekanis dan *swelling* hidrogel hibrida (komposit) yang disisipi CNT lebih baik daripada hidrogel PVA yang tidak disisipi CNT. Tidak seperti komposit polimer tradisional yang mengandung filler/pengisi skala mikron, penggabungan CNT (filler skala nano) ke dalam sistem polimer menghasilkan jarak yang sangat pendek antar *filler*, sehingga sifat komposit sebagian besar berubah bahkan pada saat kandungan *filler* rendah. CNT adalah salah satu serat terkuat dan paling kaku

yang pernah ada (aspek rasio, diameter : panjang = 1 : 100.000.000). Sifat mekanik yang sangat baik ini jika dikombinasikan dengan sifat fisik lainnya akan menghasilkan nanokomposit CNT/polimer potensial. Selain itu, nanokomposit CNT/polimer adalah salah satu sistem yang paling banyak dikembangkan karena sistem komposit ini secara teknis mudah dibuat dan efisien secara ekonomis (Ma *et al.*, 2010).

Dalam penelitian ini, CNT disisipkan ke dalam matriks polimer campuran PVA dengan ekstrak alga merah dengan pengikat silang (*crosslinker*) glutaraldehid. Berdasarkan deskripsi di atas, pada penelitian ini akan disintesis hidrogel komposit berbahan dasar PVA-alga merah-CNT dan kemudian dilakukan karakterisasi dan pengujian kinerjanya.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana komposisi optimum *filler* CNT dalam komposit PVA-alga merah serta metode pencetakan terbaik pada sintesis hidrogel komposit?
2. Bagaimana karakteristik hidrogel komposit PVA-alga merah-CNT?
3. Bagaimana kinerja hidrogel komposit PVA-alga merah-CNT sebagai material CRF?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komposisi optimum *filler* CNT dalam komposit PVA-alga merah serta metode pencetakan terbaik pada sintesis hidrogel komposit.
2. Mengetahui karakteristik hidrogel komposit PVA-alga merah-CNT.
3. Serta mengetahui kinerja hidrogel komposit PVA-alga merah-CNT sebagai material CRF.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai:

1. Material alternatif bagi pengembangan teknologi dan praktek pertanian di Indonesia terutama dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan.
2. Teknologi alternatif dalam pengolahan limbah alga merah sehingga dapat meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomisnya serta dapat mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh limbah alga merah.