

**SINTESIS HIDROGEL KOMBINASI DARI POLIVINIL ALKOHOL  
(PVA) DAN KARBOKSIMETIL SELULOSA (CMC) UNTUK  
PENJERAPAN DAN PELEPASAN PUPUK UREA**

*SYNTHESIS OF COMBINATION HYDROGELS FROM POLYVYN  
ALCOHOL (PVA) AND CARBOXIMETYL CELLULOSE (CMC)  
FOR UREA APPLICATION AND REMOVAL*

**NUR AFNI  
H012181010**



**PROGAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**SINTESIS HIDROGEL KOMBINASI DARI POLIVINIL ALKOHOL  
(PVA) DAN KARBOKSIMETIL SELULOSA (CMC) UNTUK  
PENJERAPAN DAN PELEPASAN PUPUK UREA**

*SYNTHESIS OF COMBINATION HYDROGELS FROM POLYVYN  
ALCOHOL (PVA) AND CARBOXIMETYL CELLULOSE (CMC)  
FOR UREA APPLICATION AND REMOVAL*

**NUR AFNI  
H012181010**



**PROGAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**SINTESIS HIDROGEL KOMBINASI DARI POLIVINIL ALKOHOL (PVA) DAN  
KARBOKSIMETIL SELULOSA (CMC) UNTUK PENJERAPAN DAN  
PELEPASAN PUPUK UREA**

Disusun dan diajukan oleh

**NUR AFNI**

**NOMOR POKOK: H012181010**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 02 September 2022

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Menyetujui:

Komisi penasehat

**Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phill**

**Dr. Yusafir Hala, M.Si**

Ketua Program Studi  
Magister Kimia

**Dr. Hasnah Natsir, M.Si**

Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Hasanuddin

**Dr. Eng Amiruddin, M.Si**

**SINTESIS HIDROGEL KOMBINASI DARI POLIVINIL ALKOHOL  
(PVA) DAN KARBOKSIMETIL SELULOSA (CMC) UNTUK  
PENJERAPAN DAN PELEPASAN PUPUK UREA**

Disusun dan diajukan oleh :

**NUR AFNI  
H012181010**

Menyetujui,  
Komisi Penasehat

Ketua Penasehat



**Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phil**

Anggota Penasehat



**Dr. Yusafir Hala, M.Si**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Kimia



**Dr. Hasnah Natsir, M.Si**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Afni  
NIM : H012181010  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Hidrogel Kombinasi Dari Polivinil Alkohol (PVA) Dan Karboksimetil Selulosa (CMC) Untuk Penjerapan Dan Pelepasan Pupuk Urea

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa Tesis yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Oktober 2022

Yang menyatakan



Nur Afni

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat yang dilimpahkan-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **“Sintesis Hidrogel Kombinasi Dari Polivinil Alkohol (PVA) Dan Karboksimetil Selulosa (CMC) Untuk Penjerapan dan Pelepasan Pupuk Urea”**. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW beserta keluarganya.

Dalam penulisan tesis ini, penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan, namun berkat kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Ungkapan terima kasih penulis persembahkan kepada kedua orang tua Ibrahim dan Nurjannah dan seluruh keluarga atas doa dan kasih sayang yang tidak henti-hentinya serta dukungan selama penulis menempuh pendidikan sampai ke perguruan tinggi. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Hasnah Natsir, M.Si selaku ketua Prodi Magister Kimia Fakultas MIPA Unhas.
2. Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phil selaku pembimbing pertama dan Dr. Yusafir Hala, M.Si selaku pembimbing pertama atas kesediaan dan keikhlasannya dalam membimbing penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
3. Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc, Dr. Abdul Karim, M.Si dan Dr. Siti Fauziah, M.Si selaku komisi penasehat yang senantiasa memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan tesis ini.

4. segenap dosen Prodi Magister Kimia Fakultas MIPA yang dengan sabar mendidik dan memberikan ilmu kepada penulis.
5. seluruh staf, karyawan dan laboran Fakultas MIPA Unhas.
6. rekan seperjuangan dalam penelitian dan kawan-kawan yang selalu bersama dan berjuang dalam suka maupun duka. Terima kasih atas dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Dan terima kasih pula penulis ucapkan kepada keluarga, rekan dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

*Wabillahi taufiq Warrahmah, Wassalamu alaikum Wr. Wb.*

Makassar,      September 2022

Penulis

Nur Afni

## ABSTRAK

NUR AFNI. **Sintesis Hidrogel Kombinasi dari Polivinil Alkohol (PVA) Dan Karboksimetil Selulosa (CMC) Untuk Penjerapan dan Pelepasan Pupuk Urea** (dibimbing oleh Paulina Taba dan Yusafir Hala).

Hidrogel merupakan salah satu upaya untuk mengatasi penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan, sehingga berdampak pada tingkat kesuburan tanah. Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji efektivitas penggunaan hidrogel untuk perbaikan distribusi air dan nitrogen (yang terkandung dalam pupuk urea), sehingga dapat meningkatkan unsur hara tanaman. Tahapan penelitian ini adalah hidrogel disintesis menggunakan metode secara fisik yaitu *Freezing Thawing Cycle* (FTC). Sintesis hidrogel dimodifikasi dengan penambahan karboksimetil selulosa (CMC). Hasil uji daya jerap menunjukkan hidrogel PVA-CMC dengan perbandingan 5:1,5 (PVA:CMC) memiliki daya jerap yang paling tinggi 428%. Hasil uji daya jerap pada berbagai pH menunjukkan hidrogel PVA-CMC pada pH 7 memiliki daya jerap paling tinggi 683%. Hasil uji fraksi gel menunjukkan hidrogel dengan perbandingan 5:1,5 (PVA:CMC) memiliki fraksi gel paling rendah 149%. Aplikasi hidrogel sebagai penjerapan dan pelepasan pupuk urea secara terkontrol menunjukkan dalam waktu 5 hari konsentrasi urea yang terlepas semakin meningkat. Namun padahari ke 6 dan 7 mengalami penurunan karena pada hari ke 5 mengalami penjerapan secara maksimum. Pada penerapan hidrogel dan pupuk urea dalam tanaman cabai menunjukkan pertumbuhan tanaman tumbuh lebih cepat.

Kata kunci: Poliviinil alkohol, karboksimetil selulosa, hidrogel, pelepasan pupuk

## ABSTRACT

**NUR AFNI. Synthesis Of Combination Hydrogels From Polyvyn Alcohol (Pva) And Carboximetyl Cellulose (Cmc) For Urea Application And Removal** (Supervised by Paulina Taba and Yusafir Hala).

Hydrogel is one of the efforts to overcome the excessive use of inorganic fertilizers, so that it has an impact on the level of soil fertility. This study intends to examine the effectiveness of the use of hydrogels to improve the distribution of water and nitrogen (contained in urea fertilizer), so as to increase plant nutrients. The stage of this research is that the hydrogel is synthesized using a physical method, namely Freezing Thawing Cycle (FTC). The hydrogel synthesis was modified by the addition of carboxymethyl cellulose (CMC). The results of the adsorption test showed that the PVA-CMC hydrogel with a ratio of 5:1.5 (PVA:CMC) had the highest adsorption capacity of 428%. The results of the adsorption test at various pH showed that the PVA-CMC hydrogel at pH 7 had the highest adsorption capacity of 683%. The results of the gel fraction test showed that the hydrogel with a ratio of 5:1.5 (PVA:CMC) had the lowest gel fraction of 149%. The application of hydrogel as a controlled adsorption and release of urea fertilizer shows that within 5 days the concentration of released urea is increasing. However, on the 6th and 7th day, there was a decrease because on the 5th day, there was maximum absorption. The application of hydrogel and urea fertilizer in chili plants showed that plant growth grew faster.

Keywords: Polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, hydrogel, fertilizer release

**DAFTAR ISI****Halaman**

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 .Latar Belakang.....	1
1.2 .Rumusan Masalah .....	3
1.3 .Tujuan Penelitian .....	3
1.4 .Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 .Penggunaan pupuk tidak terkendali .....	5

2.2 .Potensi hidrogel .....	6
2.3 .Metode <i>Freezing Thawing Cycle</i> .....	9
2.4 .Polivinil Alkohol (PVA) Sebagai polimer sintetik .....	10
2.5 .Karboksimetil selulosa (CMC) sebagai polimer alam .....	12
2.6 .Karakteristik Hidrogel.....	14
2.7 .Kerangka pikir.....	16
2.8 .Hipotesis .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 .Waktu dan tempat penelitian.....	18
3.2 .Alat dan bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan .....	18
3.3 .Prosedur kerja .....	19
3.3.1 Sintesis dan karakterisasi hidrogel.....	19
3.3.2 Uji karakteristik hidrogel.....	19
a. Uji daya jerap air .....	19
b. Uji daya jerap hidogel berbagai pH .....	20
c. Uji fraksi gel .....	20
3.3.3 Aplikasi hidrogel sebagai pelepasan pupuk urea .....	21
a. Penentuan konsentrasi urea .....	21

b. Aplikasi hidrogel pada tanaman .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>23</b>
4.1 Sintesis dan karakterisasi hidrogel.....	23
4.2 Karakteristik hidrogel .....	27
4.2.1 Daya jerap air .....	27
4.2.2 Daya jerap hidrogel terhadap pH .....	28
4.2.3 Fraksi gel.....	29
4.3 Aplikasi hidrogel .....	30
4.3.1 Pelepasan pupuk urea.....	30
4.3.2 Aplikasi Hidrogel PVA-CMC dengan pupuk urea pada pertumbuhan tanaman cabai dan kondisi tanah .....	31
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>34</b>
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>42</b>

**DAFTAR TABEL**

<b>nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Penyaluran pupuk urea di Indonesia pada tahun 2020 .....	6
2. Gugus fungsi yang terdapat dalam PVA dan CMC .....	15
3. Gugus fungsi hidrogel PVA-CMC .....	15
4. Formula hidrogel .....	19
5. Spektrum FTIR dari hidrogel PVA, hidrogel CMC dan hidrogel PVA-CMC .....	25

## DAFTAR GAMBAR

nomor	Halaman
1. Struktur pada PVA.....	11
2. Struktur CMC .....	12
3. Ilustrasi PVA-CMC.....	13
4. Kerangka pikir.....	17
5. Penampakan fisik hidrogel (a) hidrogel CMC, (b) hidrogel PVA, (c) hidrogel PVA-CMC .....	23
6. Spektrum FTIR (a) H <sub>1</sub> , (b) H <sub>2</sub> , (c) H <sub>3</sub> , (d) H <sub>4</sub> , (e) H <sub>5</sub> , (f) H <sub>OP</sub> , (g) H <sub>OC</sub> .....	24
7. Dugaan reaksi pembentukan hidrogel PVA-CMC.....	25
8. Difaktogram hidrogel PVA-CMC .....	26
9. Hasil difaktogram hidrogel PVA, CMC dan PVA-CMC.....	26
10. Rasio daya jerap air.....	28
11. Rasio daya jerap hidrogel terhadap pH .....	28
12. Rasio fraksi gel.....	29
13. Pelepasan pupuk urea.....	30
14. Pertumbuhan tanaman cabai (A) tanaman cabai dengan hidrogel dan pupuk dan (B) tanaman cabai dengan hidrogel (B) tanaman cabai dengan urea (D) tanaman cabai tanpa hidrogel dan pupuk.....	32
15. Perbandingan akar dan daun tanaman cabai (A) tanaman cabai dengan hidrogel dan pupuk dan (B) tanaman cabai dengan hidrogel ...	33

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Skema penelitian .....	42
2. Skema kerja pembuatan hidrogel dari PVA-CMC.....	43
3. Skema kerja karakteristik hidrogel dari PVA-CMC .....	44
4. Skema kerja aplikasi hidrogel dari PVA-CMC sebagai pelepasan pupuk urea secara terkontrol .....	47
5. Hasil uji daya jerap air .....	49
6. Hasil uji daya jerap hidrogel terhadap berbagai pH.....	49
7. Hasil uji fraksi gel.....	49
8. Penentuan konsentrasi urea.....	50
9. Hasil uji FTIR .....	51
10. Hasil uji XRD .....	58
11. Contoh perhitungan daya jerap .....	59
12. Contoh perhitungan fraksi gel.....	59
13. Contoh perhitungan pelepasan urea .....	59
14. Dokumentasi penelitian .....	61

**DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN**

---

<b>Lambang/singkatan</b>	<b>Arti dan keterangan</b>
PVA	Polivinil alkohol
CMC	Karboksimetil selulosa
FTC	<i>Freezing Thawing</i>
FTIR	<i>Fourier Transform InfraRed</i>
UV-Vis	<i>Ultraviolet Visible</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Pertanian merupakan sektor penghasil terbesar masyarakat Indonesia. Faktor produksi yang sangat penting dalam pertanian yaitu pupuk. Menurut Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI), tahun 2020 kebutuhan unsur hara (unsur nitrogen yang tersedia pada pupuk urea) mencapai kurang lebih 4 juta ton. Namun, besarnya kebutuhan pupuk urea tidak sebanding dengan efisiensi pemakaiannya terutama pada pemakaian secara konvensional. Nutrisi yang terserap hanya 30-50 % dan selebihnya masuk ke lingkungan melalui pencucian oleh air hujan atau irigasi (Chien dkk., 2009). Hal ini terjadi karena pupuk yang terserap tidak langsung masuk ke akar tanaman. Salah satu upaya yang dilakukan petani untuk mengurangi dampak dari residu pupuk dengan mengkombinasikan pupuk anorganik dengan pupuk organik. Namun, upaya ini belum efektif karena retensi air atau pupuk dalam tanah mudah masuk ke lingkungan sehingga teknologi lainnya dibutuhkan. Salah satu alternatif yang efektif dan efisien untuk distribusi air dan menjaga unsur hara bagi tanaman adalah pengaplikasian hidrogel pada pupuk sehingga pelepasan pupuk dapat dikontrol.

Hidrogel merupakan polimer hidrofilik (polimer yang dapat larut dalam air) dengan jaringan tiga dimensi yang dapat menyerap dan menahan air atau larutan dalam volume besar. Gugus fungsi hidrofilik pada polimer ini dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Chang dkk., 2010). Beberapa peneliti memanfaatkan hidrogel pada bidang pertanian. Rekso (2019) berhasil mensintesis material polimer kitosan-polivinil alkohol-akrilamida dengan menggunakan teknik iradiasi gamma. Teknik ini menghasilkan polimer yang baik untuk digunakan sebagai material untuk pembuatan pupuk NPK *slow release*. Suriadikusuma (2014) meneliti tentang aplikasi hidrogel terhadap beberapa karakteristik tanah, dimana penggunaan hidrogel lebih baik dibandingkan dengan tanpa penggunaan hidrogel pada tanaman jagung. Sjaifullah dkk., (2015) berhasil mensintesis

hidrogel pati dengan asam akrilat, akrilamida dan metilenabisakrilamida yang berpotensi sebagai agen penahan air di bidang pertanian, dimana hidrogel yang dihasilkan dikombinasikan dengan tanah berpasir. Material yang diperoleh mampu meningkatkan kapasitas tanah untuk penyerapan dan retensi air. Hidrogel mampu menyerap air atau larutan dan menyimpannya sementara untuk digunakan kembali oleh tanaman saat dibutuhkan sehingga hidrogel dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan efektifitas penggunaan pupuk.

Bahan baku hidrogel terbagi atas polimer alami dan polimer sintetik. Salah satu polimer sintetik yaitu polivinil alkohol (PVA) yang merupakan polimer semi-kristal. Polimer ini memiliki kelebihan antara lain material yang memiliki sifat biokompatibilitas dan tidak beracun (Kamoun dkk., 2017). Selain itu, PVA memiliki sifat mekanik yang sangat bagus (Shin dkk., 2018). Namun PVA memiliki struktur yang kaku sehingga dibutuhkan polimer alam seperti CMC (Shin dkk., 2018). El Salmawy, (2007) telah mensintesis PVA-CMC untuk meningkatkan retensi air dalam tanah.

Salah satu polimer alami yaitu karboksimetil selulosa (CMC). CMC merupakan turunan selulosa yang sangat hidrofilik, biodegradabel, tidak beracun sehingga memiliki potensi dalam penyerapan (Arefian dkk., 2020). CMC juga memiliki kelimpahan yang tinggi dan biayanya ekonomis sehingga sangat menarik untuk pengaplikasian diberbagai bidang (Kanafi dkk., 2019; Wach dkk., 2001). Adi dan Nani, (2019) telah mensintesis hidrogel dari CMC dan kitosan. Hidrogel yang dihasilkan memiliki daya jerap 350 kali bobot keringnya dan dapat diaplikasikan dalam irigasi. CMC memiliki kapasitas tampung air atau larutan yang besar sehingga penggunaan air ataupun pupuk pada tanaman dapat dikontrol. Selain itu, CMC memiliki biodegradabilitas yang baik di tanah sehingga penggunaannya menguntungkan dalam pertanian dan kehutanan (Nie dkk., 2004). Namun CMC memiliki sifat mekanik yang rendah sehingga tidak dapat digunakan untuk pembentukan polimer tunggal dalam berbagai aplikasi (Liu dkk., 2019; Wang dan Meng, 2016; Ampaiwong dkk., 2019; Xiang dkk., 2019). Oleh karena itu, polimer pendukung dibutuhkan untuk meningkatkan performa hidrogel yang digunakan. Salah satu polimer pendukung tersebut yaitu polimer sintetik yaitu PVA.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam pembuatan hidrogel yaitu metode radikal bebas (Wivanius dan Emil, 2015), metode ikat silang (Pereira dkk., 2012), metode radiasi seperti sinar gamma (Erizal dkk., 2012) dan sinar

elektron (Darwis dkk., 2010). Metode ikat silang secara fisik tidak memerlukan bahan kimia lain sebagai perantara. Salah satu metode ikat silang secara fisik yaitu metode *Freezing Thawing Cycle* (FTC). Hidrogel terbentuk karena adanya pemisahan fasa dalam larutan polimer setelah proses pembekuan dan pencairan berulang kali (Hassan dan Peppas, 2000). Pizano dkk., (2018) membuat hidrogel dari kitosan dan PVA dengan metode FTC dan menggunakannya untuk pelepasan obat. Shin dkk., (2018) mensintesis hidrogel PVA-NaCMC yang diikat silangkan dengan metode FTC dan radiasi Sinar Gamma. Rezazadeh dkk., (2020) mensintesis nanokomposit hidrogel untuk aplikasi distribusi air molekuler. Nayan dkk., (2018) menggabungkan PVA dan kitosan dengan metode FTC untuk diaplikasikan pada perkecambahan biji Okra.

Berdasarkan uraian di atas, sintesis hidrogel dilakukan dengan menggunakan polimer sintetik PVA dan polimer alami CMC secara FTC. Hidrogel yang dihasilkan diaplikasikan sebagai penyerapan dan pelepasan pupuk urea secara terkontrol.

## 1.2 Rumusan masalah

Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbedaan hidrogel PVA, CMC dan PVA-CMC?
2. Bagaimana perbandingan CMC terhadap PVA untuk menghasilkan hidrogel dengan kemampuan menyerap air secara maksimum?
3. Berapa pH optimum hidrogel PVA-CMC dalam menyerap larutan?
4. Bagaimana kemampuan hidrogel yang dihasilkan dalam pengaplikasian untuk penyerapan dan pelepasan pupuk?
5. Bagaimana perbedaan aplikasi hidrogel + pupuk dan pupuk dalam pertumbuhan tanaman cabai?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis perbedaan hidrogel PVA, CMC dan PVA-CMC

2. Menentukan perbandingan PVA dan CMC untuk menghasilkan hidrogel maksimum dengan kemampuan dalam menyerap air
3. Menentukan pH optimum hidrogel PVA-CMC dalam menyerap larutan
4. Mengkaji kemampuan hidrogel dalam penyerapan dan pelepasan pupuk urea
5. Mengkaji perbandingan aplikasi hidrogel + pupuk dan pupuk dalam pertumbuhan tanaman cabai

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberi pengetahuan baru perbandingan PVA dan CMC dengan kemampuan maksimum untuk menyerap air.
2. Memberi informasi terhadap optimasi pH hidrogel PVA-CMC untuk menyerap larutan atau air.
3. Menawarkan solusi khususnya di bidang pertanian dalam mengaplikasikan hidrogel dengan berbasis PVA-CMC untuk meningkatkan sifat-sifat fisik tanah yakni untuk peningkatan retensi air dalam tanah dan untuk peningkatan distribusi pupuk secara terkontrol.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penggunaan pupuk tidak terkendali

Pupuk merupakan salah satu materi untuk meningkatkan produksi hasil pertanian. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), alokasi pupuk bersubsidi di Indonesia yang paling tinggi yaitu pupuk urea. Pada tahun 2018, 2019 dan 2020 alokasi pupuk urea berturut-turut mencapai 4,1; 3,7; 3,2 juta ton. Berdasarkan data Kementerian Pertanian Indonesia (Kementan) penyaluran pupuk urea di Indonesia pada tahun 2020 ditunjukkan pada Tabel 1.

Penggunaan pupuk dan pestisida lebih diminati oleh masyarakat karena penggunaan pupuk ini praktis, lebih mudah didapat, harga terjangkau, serta manfaatnya yang secara cepat diperoleh petani. Penggunaan pupuk urea yang terjadi di lapangan, seringkali berkurang unsur nitrogen di dalam tanah. Hal ini dapat terjadi melalui proses pencucian maupun penguapan ke udara dalam bentuk  $N_2$ , Nitrogen Oksida (NO), gas amonia ( $NH_3$ ) dan bentuk lain yang tidak dapat diserap tanaman (Pratomo dkk., 2013). Selain itu, penggunaan pupuk urea juga dapat memberi dampak buruk baik lingkungan dan kesehatan.

Berbagai upaya dilakukan petani untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanaman dengan menggunakan pupuk secara intensif dan terus menerus. Seufert dkk., (2012) menyatakan bahwa penggunaan pupuk secara intensif dan terus menerus dapat menurunkan tingkat kesuburan tanah dan menghasilkan residu yang jumlahnya melebihi daya dukung lingkungan. Residu pada pupuk urea yang mengandung N berupa nitrat ( $NH_3$ ) telah mencemari air. Baik air irigasi maupun air tanah (sumur), bahkan produk pertanian. Batas kandungan nitrat dalam air hanya 4,55 ppm. Sekitar 85% air yang mengairi lahan sawah di Pulau Jawa mengandung nitrat rata-rata 5,40 atau 20% lebih tinggi dari batas maksimum (Irsal dkk., 2006). Dengan demikian, upaya dalam menangani penggunaan pupuk urea yang berlebihan dibutuhkan salah satu cara seperti teknologi pengelolaan air dan pendistribusian pelepasan pupuk secara terkontrol dengan penggunaan hidrogel yang efektif.

**Tabel 1.** Penyaluran pupuk urea di Indonesia pada tahun 2020 (Kementan, 2020).

<b>Provinsi</b>	<b>Pupuk Urea (Ton)</b>	<b>Provinsi</b>	<b>Pupuk Urea (Ton)</b>
NAD	56,807	Kalimantan Barat	23,927
Sumatera Utara	130,123	Kalimantan Tengah	16,847
Sumatera Barat	57,130	Kalimantan Selatan	36,586
Jambi	24,834	Kalimantan Timur	14,838
Riau	31,777	Kalimantan Utara	1,495
Bengkulu	18,847	Sulawesi Utara	20,229
Sumatera Selatan	113,157	Gorontalo	35,531
Bangka Belitung	19,925	Sulawesi Tengah	34,885
Lampung	257,796	Sulawesi Tenggara	25,522
Kep. Riau	100	Sulawesi Selatan	233,691
DKI. Jakarta	5	Sulawesi Barat	29,053
Banten	50,409	Nusa Tenggara Barat	160,734
Jawa Barat	388,400	Nusa Tenggara Timur	27,598
D.I. Yogyakarta	29,828	Maluku	2,970
Jawa Tengah	576,591	Papua	7,449
Jawa Timur	814,302	Maluku Utara	801
Bali	31,216	Papua Barat	900
<b>Jumlah</b>		<b>3,274,303</b>	

## 2.2 Potensi Hidrogel

Gel hidrofilik yang biasa disebut dengan hidrogel merupakan jaringan rantai polimer yang dijumpai sebagai gel koloid yang menggunakan air sebagai media pendispersi (Enas dkk., 2013). Secara umum hidrogel merupakan polimer hidrofilik yang dapat menyerap dan mempertahankan air dalam jumlah besar. Hidrogel dapat menyerap air deionisasi sebanyak 100-100.000% (Omidian dkk., 2004). Hidrogel memiliki sifat yang tidak dapat larut dalam air atau pelarut lainnya karena adanya ikat silang antar rantainya. Hidrogel saat dimasukkan ke dalam air atau pelarut lainnya akan mengalami interaksi antar polimer dengan molekul air, interaksi ini disebut dengan hidrasi. Kemampuan hidrogel untuk menyerap air disebabkan dari gugus fungsi hidrofilik. Seperti  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-CONH_2$ ,  $-SO_3H$

(Bajpai dan Giri, 2002). Sedangkan ketahanannya terhadap pelarutan disebabkan oleh adanya ikatan silang antar rantai jaringan.

Hidrogel pada umumnya dapat diperoleh dari bahan baku polimer alami dan polimer sintetik maupun gabungan dari keduanya. Bahan alami termasuk kitin, kitosan (Wivanius dan Emil, 2015), selulosa (Suliwarno, 2013), pati (Darwis dkk., 2010). Sedangkan hidrogel sintetik berupa polimer tiruan yang diproduksi dari monomer akrilik (termasuk asam akrilik dan akrilamida) sebagai material utama (Zohuriaan Mehr dan Kabiri, 2008). Berdasarkan penampilan fisiknya hidrogel dapat berupa matriks, gel, film, atau mikrosfer yang bergantung pada teknik polimerisasi (Ahmed, 2015).

Hidrogel efektif dalam mengadsorpsi air beberapa ratusan kali berat keringnya dan tidak larut dalam air karena adanya struktur ikat silang tiga dimensi pada jaringan polimernya (Erizal, 2010). Dengan berbagai sifat yang menguntungkan, hidrogel dimanfaatkan pada berbagai bidang. Hidrogel dapat digunakan sebagai plester penurun demam (Darwis dkk., 2010), industri (Erizal dan Basil, 2012), obat-obatan (Kashyap dkk., 2005), penyerapan ion logam (Chauhan dkk., 2009), pengolahan limbah dan teknologi separasi (Aouada dkk., 2011; Rehman dkk., 2011; Chatterjee dkk., 2010). Hidrogel juga dapat digunakan dalam bidang pertanian (Rekso, 2019) tetapi pengaplikasian hidrogel terbatas pada budidaya tanaman hias, aplikasi secara massal pada irigasi pertanian masih kurang. Penggunaan hidrogel dapat meningkatkan performa tanaman karena distribusi air yang terkontrol serta dapat meminimalisir air yang terbuang, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Adi, 2011).

Hidrogel mengalami pembengkakan melalui proses sederhana dan melalui beberapa tahap. Tahap pertama yaitu hidrofilik polar dari matriks hidrogen yang terhidrasi dengan air yang berada dalam bentuk air terikat primer. Tahap kedua air juga berinteraksi dengan air hidrofobik sehingga berada dalam bentuk air terikat sekunder. Air terikat primer dengan air terikat sekunder bergabung menjadi total air terikat. Tahap ketiga yaitu kekuatan pendorong osmotik jaringan dengan ikat silang fisik atau kimia yang tidak mampu menolak cairan sehingga air tambahan diadsorpsi (Ganji dkk., 2010). Kemampuan adsorpsi yang baik dari hidrogel dapat diperoleh bergantung pada beberapa faktor seperti metode yang digunakan, polimer yang digunakan dan bahan baku pendukung lainnya. Pembuatan hidrogel terdiri atas beberapa metode seperti metode radikal bebas, metode ikat silang dan metode radiasi.

### **2.2.1 Metode radikal bebas**

Metode ini merupakan metode dasar yang sering digunakan. Polimerisasi massal adalah teknik paling sederhana yang hanya melibatkan inisiator yang larut dalam monomer. Metode ini dapat diterapkan untuk material hidrogel, baik yang berasal dari bahan sintetik maupun alami. Wivanius dan Emil (2015) telah mensintesis hidrogel menggunakan kitosan sebagai polimer penyusunnya. Monomer yang digunakan adalah poli (N-vinilkaprolaktam) atau PNVCL, dengan menggunakan metode radikal bebas. Dimana menghasilkan hidrogel dengan nilai rasio pembengkakan 380,67% dan derajat ikat silang 60,85%. Hidrogel yang dihasilkan memiliki struktur yang lebih kaku dan derajat ikat silang yang meningkat.

### **2.2.2 Metode ikat silang**

#### **a. Metode ikat silang secara kimia**

Metode ikat silang secara kimia pada umumnya menggunakan senyawa tambahan untuk digunakan sebagai pengikat silang. Fungsi dari senyawa tambahan ini yaitu sebagai penghubung antar polimer utama dan sekunder agar terbentuk ikatan. Astrini dkk., (2016) telah mensintesis hidrogel berbasis CMC yang disilangkan dengan asam akrilik dengan menggunakan agen pengikat silang yaitu metilenbisakrilamida (MBA). Hidrogel yang dihasilkan memiliki kapasitas pembengkakan yang tinggi dan bersifat permanen. Namun perlu dicuci dengan air suling untuk menghilangkan monomer, zat penghubung silang, inisiator, polimer yang dapat larut dan dapat diekstraksi, dan pengotor lainnya yang beracun (Ahmed, 2015).

#### **b. Metode ikat silang secara fisik**

Polimerisasi ikat silang secara fisik merupakan metode yang mudah dan sederhana karena tidak memerlukan senyawa perantara untuk berikatan silang. Beberapa teknik yang termasuk metode ini adalah (a) teknik pemanasan atau pendinginan, yang memanfaatkan perubahan sifat polimer terkait dengan perubahan temperatur lingkungan reaksi, (b) teknik interaksi ionik, yang memanfaatkan ikatan ionik dari polimer yang memiliki kelompok fungsional, (c) teknik koaservasi, melalui pencampuran polianion dan polikation, (d) teknik H

bonding, yang memanfaatkan ikatan hidrogen untuk membentuk suatu rantai terkait-silang, (e) teknik pematangan, dan (f) teknik pembekuan atau pencairan (Adi, 2011). Fransiska dan Ahmad, (2019) telah mensintesis hidrogel dari iota karaginan dan pva (poly-vinyl alcohol) dengan FTC, hidrogel yang dihasilkan memiliki daya serap air 947,19 %, fraksi gel 74,66 %. Hidrogel yang diperoleh melalui metode ikat silang secara fisik menghasilkan hidrogel dengan daya serap yang tinggi.

### **2.2.3 Metode radiasi**

Metode radiasi memerlukan radiasi energi yang tinggi seperti menggunakan radiasi gamma ataupun elektron. Keuntungan utama dari metode ini adalah produksi hidrogel yang relatif murni dan bebas inisiator. Proses radiasi dapat dilakukan pada media cair, pasta, dan solid (Adi, 2011). Darwis dkk., (2010) telah mensintesis hidrogel berbasis polivinil pirolidon (PVP) hasil iradiasi berkas elektron sebagai plester penurun demam, menghasilkan Kadar air hidrogel berkisar antara 73 – 84%, Kadar air hidrogel bergantung pada konsentrasi polimer yang ada, semakin besar konsentrasi polimer yang digunakan, semakin kecil kadar air hidrogel. Namun pada penelitian ini, dosis iradiasi tidak berpengaruh secara nyata pada kadar air hidrogel. Akan tetapi, metode ini juga memiliki kelemahan yaitu memerlukan peralatan yang relatif mahal, sehingga terkendala dalam proses produksinya.

### **2.3 Metode *Freezing Thawing Cycle***

*Freezing Thawing Cycle* (FTC) salah satu contoh metode ikat silang secara fisik yang memanfaatkan pembekuan dan pencairan, dimana metode ini memiliki keuntungan sebagai eksperimen yang langsung dan tidak memerlukan penggunaan agen pengikat silang kimiawi yang tidak diinginkan.

Metode FTC adalah pemisahan fasa dalam larutan polimer setelah proses pembekuan dan pencairan berulang kali. Ikatan silang fisik berupa ikatan hidrogen dan daerah polimer kristalin memperkuat struktur gel. Proses siklus berulang pembekuan berulang pada  $-20^{\circ}\text{C}$  dan pencairan pada suhu kamar menghasilkan hidrogel termoreversibel (Hassan dan Peppas, 2000). Kristal

polimer terbentuk ketika larutan polimer berada di bawah suhu rendah, Pembentukan kristalit terjadi karena pemisahan fasa dalam larutan polimer selama tahap pembekuan yang menyebabkan hidrogel tidak larut (71% gel tidak larut) (Wang dan Meng, 2016). Kristal kecil bertindak sebagai titik hubung-silang untuk meningkatkan sifat mekanik. Metode ini memiliki sifat mekanik yang baik, fleksibilitas seperti karet, dan kadar air yang tinggi (Fukumori dan Takahiko, 2013).

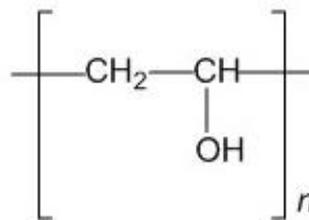
Penyelidikan kimia polimer telah difokuskan pada pengembangan berbagai struktur jaringan. Salah satu contohnya pada biodegradabilitas dan biokompatibilitas suatu material polimer yang dihasilkan (Oliveira dkk., 2017). Namun pada hidrogel dengan metode kimiawi hidrogel yang dihasilkan bersifat nonbiodegradabilitas dan mengandung racun yang tinggi, beberapa lapisan film campuran dapat menyebabkan polusi tanah yang serius. Oleh karena itu, pengembangan film dengan biodegradabilitas, dan harga rendah sangat penting (Zhang dkk., 2013).

Salah satu upaya mengatasi polusi tanah dengan menggunakan hidrogel yang dapat mengontrol penggunaan air pada tanah dan potensial untuk pupuk pelepas kontrol. Hidrogel dapat digunakan sebagai pembenah tanah Sjaifullah dkk., (2015) telah mengaplikasikan hidrogel yang dicampur dengan tanah untuk mempertahankan kandungan air dan membasahi tanah, sehingga dapat menjaga tanah tetap lembab dan gembur. Hidrogel yang dihasilkan memiliki daya jerap air sekitar 50 kali namun memiliki kekuatan mekanik yang baik sehingga pada saat digunakan sebagai pembenah tanah menjadi lebih tahan lama.

## **2.4 Polivinil Alkohol (PVA) sebagai polimer sintetik**

Polivinil alkohol adalah koloid sintesis pertama yang pertama kali dikembangkan oleh Haehnel dan Herrmann pada tahun 1924 (Thong dkk., 2016). Pada dasarnya, pembuatan PVA terdiri atas polimerisasi monomer vinil asetat menjadi polivinil asetat (PVA) (Bazli dkk., 2017). Struktur molekul PVA dapat dilihat pada Gambar 1. Variasi panjang polimer vinil asetat awal dan derajat hidrolisis dalam kondisi basa atau asam menghasilkan produk PVA dengan bobot yang berbeda (20.000–400.000), kelarutan, fleksibilitas, kekuatan tarik dan daya rekat (Demerlis dan Schoneker, 2003). Polimer ini memiliki

kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen antara gugus -OH pada rantainya (Hassan dan Peppas, 2000). Polimer ini memiliki kelebihan yaitu biokompatibilitasnya sangat baik dan tidak beracun (Kamoun dkk., 2017). Selain itu polimer ini dapat larut dalam air dengan kinerja mekanik yang sangat baik (Kenawy dkk., 2014).



**Gambar 1.** Struktur untuk PVA (Demerlis dan Schoneker, 2003).

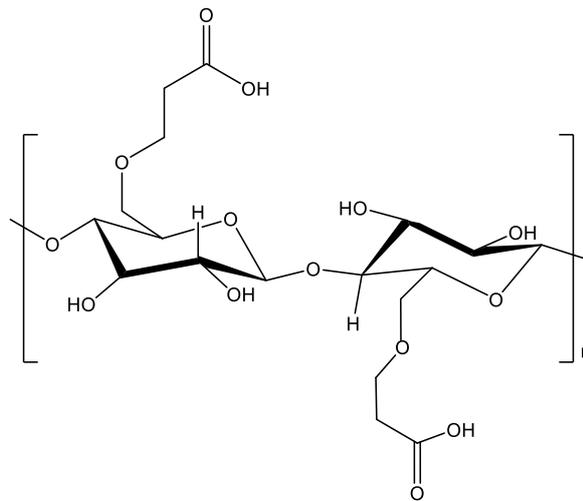
PVA umumnya digunakan sebagai produk industri dan komersial karena material ini memiliki ketahanan kimiawi yang tinggi dan kelarutan dalam air (Baker dkk., 2012). Untuk memodifikasi sifat PVA, gugus hidroksil yang melimpah memainkan peran penting. Sifat semikristalin PVA disebabkan oleh ikatan hidrogen antara rantai PVA. Karena sifat hidrofilik PVA, pengikat silang digunakan untuk mensintesis hidrogel untuk sejumlah aplikasi (Abdullah dkk., 2017).

Beberapa parameter diperlukan untuk mengontrol hidrogel PVA meliputi konsentrasi polimer dan berat molekul polimer, konsentrasi yang lebih tinggi dan peningkatan berat molekul yang mendukung pembentukan gel (Alves dkk., 2011) selain itu, Berdasarkan hidrolisis dan massa molekul baik dalam kondisi asam ataupun basa PVA tersedia di pasaran yang memiliki karakteristik berbeda, seperti eksibilitas, kekuatan tarik, daya pendispersi, indeks emulsifikasi, daya lekat, dan kelarutan yang berbeda (Aslam dkk., 2018). (Shin dkk., (2018) telah mensintesis hidrogel PVA-NaCMC yang diikat silang melalui pembekuan /pencairan siklik dan selanjutnya sinar radiasi gamma untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi NaCMC terhadap sifat fisik dan sitotoksitas hidrogel PVA-NaCMC. Tingkat pembengkakan hidrogel PVA-NaCMC terlepas dari sinar radiasi gamma meningkat dengan meningkatkan kandungan NaCMC dari 2 wt% menjadi 8 wt%, Hidrogel ikatan silang tidak menunjukkan bukti penyebab lisis

atau toksisitas sel, yang menunjukkan bahwa hidrogel PVA -NaCMC secara klinis aman dan efektif.

## 2.5 Karboksimetil selulosa (CMC) sebagai polimer alam

Selulosa memiliki banyak gugus hidroksil yang dapat membentuk jaringan ikatan hidrogen untuk mendorong pembentukan gel (Wang dan Meng, 2016). CMC adalah polisakarida yang terpenting dan juga merupakan salah satu contoh produk modifikasi selulosa. CMC adalah bahan semi-kristal, larut dalam air, tidak beracun (Pérez-Madrigal dkk., 2018). CMC hidrofilik tiga dimensi dapat dibentuk sebagai hidrogel polimer yang mampu menyerap sejumlah besar air. CMC juga memiliki Muatan negatif yang tinggi dari gugus  $-COO^-$  dan  $-O^-$  dalam larutan air sehingga CMC dapat menarik air dan menciptakan lingkungan terhidrasi yang mirip dengan jaringan tiga dimensi. Struktur CMC dapat dilihat pada Gambar 2.

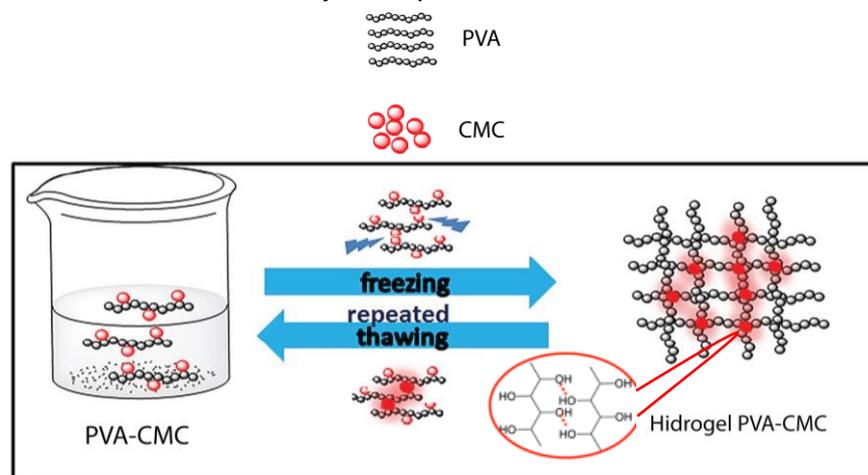


**Gambar 2.** Struktur CMC (Karimi dan Naimi, 2019).

CMC memiliki sifat biokompatibilitas dan biodegradasi yang sangat baik. Selain itu, kelimpahan di alam juga sangat tinggi menjadi faktor utama aplikasi CMC di berbagai bidang. Karena sifat fisika-kimia dan biologi yang beragam, CMC telah digunakan sebagai pengemulsi, pengental, perekat, pelapis (film) dan koloid pelindung dalam industri makanan, farmasi, obat-obatan, pertanian dan pengolahan air limbah (Borůvková dan Wiener, 2013; Ahmad dkk., 2014). Namun, CMC memiliki konduktivitas yang rendah dan kekuatan yang rendah

(Ampaiwong dkk., 2019; Xiang dkk., 2019), sehingga dibutuhkan pengikat silang untuk membentuk hidrogel dengan performa yang baik. Karena modifiabilitas yang baik, non-toksistas, dan adsorpsi yang baik, CMC telah menarik perhatian para ilmuwan di bidang hidrogel untuk aplikasi diberbagai bidang.

Hidrogel berbasis CMC memiliki potensi untuk digunakan dalam penyerapan, pengiriman obat, penyembuhan luka, dan imobilisasi enzim karena biodegradasi, biokompatibilitas, dan kelarutannya (Dai dkk., 2018). Kanafi dkk., (2019) telah mensintesis asam sitrat dari film hidrogel karboksimetil selulosa / poli (etilena oksida). Hidrogel yang dihasilkan memiliki pori besar untuk aplikasi pengiriman obat terkontrol. Persentase pelepasan kumulatif hidrogel CMC-PEO untuk Metilen Blue (MB) sebagai pemberian obat terkontrol dicapai di bawah 25% untuk lingkungan asam dan basa bahkan setelah 48 jam. Selain itu, CMC juga dapat diaplikasikan pada bidang pertanian yaitu untuk pupuk dan penggunaan air yang efisien. Polimer ini akan diikat silangkan dengan PVA untuk peningkatan yang cukup besar dalam pengelolaan pelepasan pupuk dan kelembapan (Ozen dkk., 2018). Polimer ini juga diaplikasikan untuk adsorpsi ion logam. Wang dan Meng, (2016) telah mensintesis hidrogel PVA-CMC menggunakan proses FTC untuk adsorpsi ion logam berat. Elbarbary dan Ghobashy, (2017) telah mensintesis PVP dan CMC untuk pelepasan pupuk secara terkontrol dan digunakan sebagai retensi air pada tanaman jagung menunjukkan pertumbuhan jagung lebih besar dari pada tanpa pupuk dan hidrogel. Hal ini menunjukkan bahwa hidrogel yang diperoleh berpotensi untuk diaplikasikan pada lahan pertanian. Adapun ilustrasi dari hidrogel PVA-CMC menggunakan metode FTC ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Ilustrasi hidrogel PVA-CMC (Khaleghi dkk., 2018)

## 2.6 Karakteristik Hidrogel

Kualitas hidrogel dapat diketahui dengan melakukan karakterisasi. Karakterisasi hidrogel dilakukan dengan berbagai uji sederhana yang berhubungan dengan sifat fisik hidrogel itu sendiri. Adapun uji tersebut yaitu, derajat ikat silang, daya serap air, dan gugus fungsi. Uji daya serap air merupakan adanya tambahan beban dalam proses adsorpsi air. Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan hidrogel untuk menyerap air. Kandungan air pada hidrogel merupakan faktor utama dari kualitas hidrogel yang dihasilkan karena penyerapan air yang lebih besar berpotensi untuk diaplikasikan pada berbagai bidang (Darwis dkk., 2010).

Fraksi gel merupakan pengukuran yang dilakukan dengan tujuan mengetahui hidrogel yang dihasilkan benar-benar terbentuk. Ditandai dengan kemampuan hidrogel merespon keadaan yang diberikan lingkungannya seperti dalam air cenderung mengembang atau larut. Pengukuran fraksi gel dilakukan beberapa cara salah satunya dengan perendaman dengan pelautnnya sehingga monomer yang tidak ikut bereaksi dan tidak terikat silang menjadi hidrogel larut kembali bersama pelarutnya. Dengan uji fraksi gel, hidrogel yang tidak larut dalam air dapat diketahui jumlahnya sehingga gel tersebut masih akan berkurang beratnya setelah 24 jam (Rekso, 2019).

Salah satu penentu dalam karakterisasi yaitu uji gugus fungsi, dimana pada penelitian ini uji gugus fungsi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Fungsi dari alat ini yaitu, untuk melihat secara langsung struktur material yang terbentuk selama proses sintesis hidrogel. Adapun prinsip dari alat ini yaitu mengenali komponen dalam suatu senyawa dengan adanya interaksi antara materi dan energi yang kemudian menghasilkan spektrum IR yang menggambarkan panjang gelombang gugus fungsi pada komponen (sampel). Adapun daftar gugus fungsi yang dapat diperoleh dari PVA dan CMC diberikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Gugus fungsi yang terdapat dalam PVA dan CMC (Erizal dan Basil, 2012; Asidkk., 2017).

	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )
CMC	O-H	3200-3600
	C-H	2920
	C=O	1600
	C-O	1000-1200
	COOH	1600-1640
PVA		1400-1450
	C-C	1087
	C-O-H	1375-1415
	C=O	1568-1712
	C-H	2940
	O-H	3280

**Tabel 3.** Gugus fungsi Hidrogel PVA CMC (Wang dan Meng, 2016; Abou Taleb dkk., 2009).

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )
OH	3391
CH	2919
-COO <sup>-</sup>	1600
-CO	1092
-C-O-C	1057
CH <sub>2</sub>	1415

Difraksi sinar-X adalah teknik yang terutama digunakan untuk identifikasikristal atau karakteristik amorf dalam suatu material. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk menentukan sistem kristal dari hidrogel. Analisis lebar puncak terperinci dapat mengungkapkan informasi tentang ukuran kristalit dan mikrostrain berkembang dalam hidrogel (Pal dkk., 2009).

## 2.7 Kerangka Pikir

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat bergantung pada unsur hara yang terkandung dalam tanah. Salah satu upaya yang dilakukan petani untuk menyediakan unsur hara yaitu dengan penggunaan pupuk baik pupuk anorganik ataupun pupuk organik. Petani cenderung menggunakan pupuk anorganik karena mudah didapat, harga terjangkau. Namun penggunaan pupuk yang cenderung intens dan terus-menerus dapat menurunkan tingkat kesuburan tanah dan berdampak pada lingkungan sekitar seperti sumber daya air. Adapun upaya yang dilakukan oleh petani yaitu mengkombinasikan pupuk organik dan anorganik namun belum efektif karena retensi air atau pupuk dalam tanah yang masih kurang sehingga dibutuhkan alternatif lainnya. Salah satu alternatif yang potensial yaitu pengaplikasian polimer hidrogel sebagai salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut, kelebihan hidrogel yaitu dapat menyerap dan menahan air atau larutan dalam kapasitas tertentu, tanpa mengganggu unsur hara.

Hidrogel dapat disintesis dari polimer alam, polimer sintetik ataupun campuran keduanya. Pada penelitian digunakan bahan PVA sebagai polimer sintetik dan CMC sebagai polimer alami. Hidrogel berbasis CMC pada umumnya memiliki kelimpahan yang tinggi, harga yang rendah dan biodegradasi. Namun CMC berpotensi menghasilkan hidrogel yang memiliki kekuatan yang rendah (mudah rapuh). Akibatnya hidrogel yang dihasilkan mudah rapuh, sehingga dibutuhkannya upaya untuk meningkatkan kualitasnya.

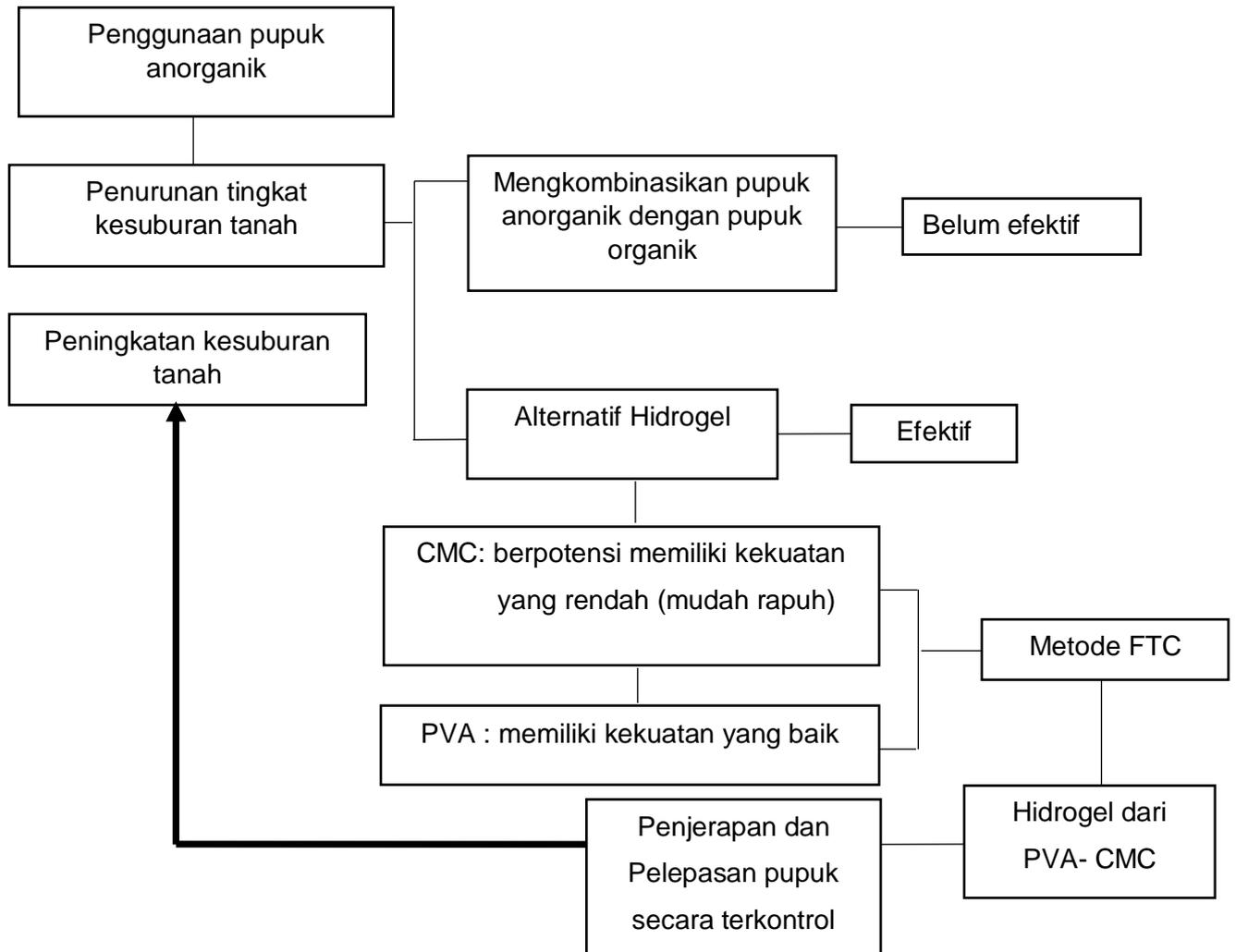
Modifikasi hidrogel dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas hidrogel. Pada penelitian ini modifikasi dilakukan dengan menggabungkan polimer alam (CMC) dan polimer sintesis (PVA) dengan metode fisik yaitu FTC yang dapat meningkatkan performa hidrogel. Diagram alir dari kerangka pikir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

## 2.8 Hipotesis

Adapun hipotesis yang dapat diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) hidrogel PVA dapat dimodifikasi menggunakan CMC.
- b) hidrogel PVA dan CMC pada perbandingan tertentu dapat memperbaiki performa hidrogel.

- c) Pada pH optimum hidrogel PVA-CMC dalam penyerapan larutan akan maksimal
- d) hidrogel PVA-CMC dapat diaplikasikan sebagai penyerapan dan pelepasan pupuk urea secara terkontrol.



**Gambar 4.** Kerangka Pikir.