

SINTESA *CONTROLLED RELEASE*
FERTILIZER* BERBASIS REAKSI *GRAFTING
KOPOLIMERISASI PATI

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh:

Alson Timothy
(2017620045)

Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Judy Retti B. Witono, M.App.Sc.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

BANDUNG

2023

**CONTROLLED RELEASE FERTILIZER
SYNTHESIS BASED ON STARCH
COPOLIMERIZATION GRAFTING
REACTION**

Research Report

Compiled to fulfill the final project in order to achieve a Bachelor's degree in
Chemical Engineering

By:

Alson Timothy
(2017620045)

Advisor:

Prof. Dr. Ir. Judy Retti B. Witono, M.App.Sc.



CHEMICAL ENGINEERING UNDERGRADUATE STUDY PROGRAM

INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITBANDUNG

2023



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Alson Timothy

NPM : 2017620045

Judul : Sintesa *Controlled Release Fertilizer Berbasis Reaksi Grafting* Kopolimerisasi Pati

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, Januari 2023

Pembimbing,

Prof. Dr. Ir. Judy Retti B. Witono, M.App.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR REVISI

Nama : Alson Timothy

NPM : 2017620045

Judul : Sintesa *Controlled Release Fertilizer Berbasis Reaksi Grafting* Kopolimerisasi Pati

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, Januari 2023

Penguji 1

Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng.

Penguji 2

Dr. Ir. Asaf K. Sugih



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PENYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alson Timothy

NPM : 2017620045

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul

Sintesa Controlled Release Fertilizer Berbasis Reaksi Grafting Kopolimerisasi Pati

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 26 November 2022



Alson Timothy

INTISARI

Indonesia merupakan negara dengan populasi penduduk yang akan terus meningkat di sepanjang tahun. Oleh karena peningkatan penduduk ini maka kebutuhan konsumsi produk agraris seperti sandang dan pangan juga akan meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi penduduk ini maka produktivitas lahan yang dipakai untuk menumbuhkan bahan baku produk untuk konsumsi juga harus ditingkatkan. Oleh karena itu konsumsi pupuk untuk membantu pertumbuhan produk bahan baku itu juga harus ditingkatkan. Salah satu jenis pupuk yang banyak digunakan ialah pupuk urea. Pupuk urea banyak digunakan karena memiliki kandungan nitrogen paling tinggi (46 %) daripada jenis pupuk lain. Namun, penggunaan pupuk urea dalam jangka panjang dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena penyerapan unsur nitrogen pada akar tanaman tidak maksimal karena pupuk urea sangat mudah larut dalam air. Nitrogen yang tidak terserap dapat hilang melalui proses leaching, run-off, denitrifikasi, dan volatilisasi.

Masalah ini dapat diselesaikan dengan mengontrol pelepasan nutrisinya. *Controlled release fertilizer* (CRF) dapat mengatasi hal ini. CRF mampu mengendalikan pelepasan nutrisi dengan cara melapisi pupuk dengan sebuah lapisan resin atau polimer. Hal ini dapat mengurangi penggunaan pupuk berlebih yang dapat mencemari lingkungan. Akan tetapi lapisan ini cukup rapuh dan bila lapisan retak maka pupuk di dalamnya akan dapat keluar secara sekaligus.

Pada penelitian ini, CRF dibuat dengan proses *grafting* sehingga pupuk akan tersimpan didalam makromoleku kopolimer pati dan monomer dan pengeluaran pupuk bisa lebih terkontrol. Kopolimer akan dibuat dari pati tapioka dan monomer asam akrilat dan akrilamida dengan inisiator Ferro Amonium Sulfat dan H_2O_2 , dan Crosslinker N'-N' MBAM.

Pengembangan CRF ini dilakukan dengan variasi rasio monomer asam akrilat dan akrilamida dan rasio antara pati dan pupuk urea untuk melihat pengaruh variabel kepada laju pelepasan pupuk dan banyaknya urea yang bisa tersimpan didalam kopolimer pati.

Dari Percobaan yang telah dilakukan bisa dilihat bahwa kopolimer dengan rasio AA dan AM 1:1 dapat menyimpan urea dengan jumlah yang lebih banyak dan kopolimer akan melepaskan urea dengan waktu yang lebih lama dibanding dengan kopolimer dengan rasio AA dan AM 0:1. Dari percobaan juga dilihat kopolimer dengan rasio pati dan urea 1:2 dapat mencangkok urea dengan jumlah lebih banyak dibanding kopolimer dengan rasio pati dan urea 1:0,5 dan 1:1. Bisa juga dilihat kopolimer dengan rasio AA dan AM 1:1 dan rasio pati dan urea 1:2 memiliki laju pelepasan urea yang lebih kecil.

Kata kunci : pupuk, pati, *controlled release fertilizer*, *grafting* kopolimer, urea

ABSTRACT

Indonesia is a country an ever increasing population. Because of that the consumption of products are also increasing and to meet those demands the country needs to grow more crops and to grow those crops there will be the need to increase the use of fertilizers . One type of fertilizer that is widely used is the urea fertilizer. Urea fertilizer is widely used because it has the highest nitrogen content (46%) compared to other types of fertilizers. However, the use of urea fertilizer in the long term with high concentrations can cause many environmental pollution because plant's root only needs a small amount of nitrogen and so most of the nitrogen that have been taken out from it's shell will not be absorbed by the roots . Unabsorbed nitrogen can be lost through leaching, run-off, denitrification, and volatilization processes.

This problem can be solved by controlling the release of the fertilizer's content. That is why in this experiment we will try to synthesizes a Controlled Release Fertilizer (CRF) . CRF is able to controlled the release of it's nutrient . CRF is made by applying a fertilizer with a resin or polymer coating. This can reduce the use of excess usage of a fertilizer which can help the environment. However, this resin or polymer layer is often times brittle and if the layer cracked then nutrient it houses will come out all at once.

In this experiment, CRF was made by a grafting process so that the urea fertilizer would be trapped and stored in the copolymer of starch and monomers so it's release could be controlled. The copolymer will be made from tapioca starch and acrylic acid(AA) and acrylamide(AM) monomer with the help of Ferro Ammonium Sulphate and H_2O_2 as initiator, and N'-N' MBAM as crosslinker.

The experiment will be conducted using multiple variation of the ratio of acrylic acid and acrylamide and the ratio between starch and urea to see their effect on their urea release rate and the amount of urea that could be stored in the copolymer.

From the experiments that have been carried out, it can be seen that copolymers with ratios of AA and AM 1:1 will be able to store more urea and copolymers will release urea for a longer time than copolymers with ratios of AA and AM 0:1. From the experiment, it was also seen that copolymers with a ratio of starch and urea 1:2 will be able to store urea in greater quantities than copolymers with a ratio of starch and urea 1:0.5 and 1:1. It can also be seen that copolymers with AA and AM ratios of 1:1 and starch and urea ratios of 1:2 will have the lower urea release rate.

Keywords: *fertilizer, starch, controlled release fertilizer, grafting copolymer, urea*

KATA PENGANTAR

Puji syukur telah penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan bimbingan-Nya dalam proses penulisan laporan penelitian yang berjudul “Sintesa *Controlled Release Fertilizer Berbasis Reaksi Grafting* Kopolimerisasi Pati” ini sehingga laporan dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Proses pembuatan laporan proposal penelitian ini tidak dapat tercapai tanpa bimbingan dan dukungan dari banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Yang Maha Esa yang telah memberikan bimbingan dan rahmat-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan ini.
2. Dr. Ir. Judy Retti Witono, M. App. Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam proses penulisan laporan,
3. Keluarga, sahabat, dan rekan – rekan seperjuangan yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan juga doa kepada penulis selama proses penyusunan laporan penelitian,

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran untuk pengembangan laporan penelitian ini dan penulis juga berharap supaya laporan ini dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Bandung, Desember 2022



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PENYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Hipotesis	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pati.....	7
2.2 Graft Kopolimerisasi	8
2.2.1 Gelatinasi	11
2.2.2 Retrogradasi	11
2.2.3 Polimerisasi.....	12
2.2.4 Kopolimer	12
2.2.5 Grafting.....	13
2.2.6 Crosslinking	14
2.3 Pupuk	15
2.3.1 Pupuk Organik	15
2.3.2 Pupuk Sintesis	15
2.3.3 Pupuk Urea	15

2.4 Controlled Release Fertilizer.....	17
2.4.1 Organic-N-Low-Solubility Compound	18
2.4.2 Fertilizers with Physical Barrier	18
2.4.3 Inorganic-N-Low-Solubility Compound	19
2.5 Jenis-Jenis Controlled Release Fertilizer	19
2.5.1 Sulfur Coated Urea (SCU).....	19
2.5.2 Polymer Coated Controlled Release Fertilizer	20
2.6 Analisa Controlled Release Fertilizer	21
2.6.1 Metode Analisis Sulphur Coated Urea.....	21
2.6.2 Metode Analisis Polymer Coated Controlled Release Fertilizers.....	22
2.6.3 Metode Analisis Controlled Release Fertilizers Dengan Metode Kering	22
2.6.4 Metode Analisis Dengan Reagen Erlich	23
BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN	24
3.1 Bahan Baku Penelitian.....	24
3.1.1 Bahan Baku Utama	24
3.1.2 Bahan Kimia Analisis.....	24
3.2 Peralatan Penelitian	24
3.2.1 Peralatan Utama	24
3.2.2 Peralatan Analisis.....	25
3.3 Prosedur Penelitian	26
3.3.1 Percobaan Pendahuluan.....	27
3.3.2 Percobaan Utama	27
3.3.2.1 Standarisasi KMnO_4	27
3.3.2.1 Standarisasi H_2O_2	28
3.3.2.2 Pembuatan Kopolimer	28
3.3.2.3 Pembentukan Bubuk CRF	29
3.4 Analisis	29
3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	29
3.4.2 Pencarian Kurva Standar Urea.....	30
3.4.3 Analisis Pelepasan Urea	31

3.5 Jadwal Kerja	31
BAB IV PEMBAHASAN	32
4.1 Analisis Kadar Air	33
4.2 Standarisasi H ₂ O ₂	33
4.3 Percobaan Utama	33
4.4 Tahap Analisa	35
4.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	36
4.4.2 Penentuan Kurva Standar Urea	36
4.4.3 Analisis Pelepasan Urea	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN A LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN	48
A.1 Pati Ganyong	48
A.2 Aseton	48
A.3 Asam Akrilat	49
A.4 Akrilamida	50
A.5 Ferro Amonium Sulfat	50
A.6 Hidrogen Peroksida	51
A.7 N,N'-metilenbisaktrilamida (NNMBA)	52
A.8 Urea	52
A.9 Nitrogen	53
A.10 KMnO ₄	54
A.11 Hidrokuinon	54
A.12 Reagen Ehrlich	55
LAMPIRAN B HASIL ANTARA	57
B.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	57

B.2 Kurva Standar Urea.....	57
B.3 Kurva Pelepasan Urea	58
B.4 Perbandingan Pelepasan Urea	60
LAMPIRAN C GRAFIK	62
C.1 Kurva Panjang Gelombang Maksimum	62
C.2 Kurva Standar Urea.....	62
C.3 Analisis Pelepasan Urea	63
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Proyeksi Kebutuhan Pupuk di Indonesia	1
Gambar 2. 1	Struktur Amilosa dan Amilopektin	7
Gambar 2. 2	Metode Modifikasi Pati	8
Gambar 2. 3	<i>Graft Copolymerization</i>	9
Gambar 2. 4	Struktur Pencangokan Pati dan Homopolimer	10
Gambar 2. 5	Reaksi Grafting Pati dengan Asam Akrilik	10
Gambar 2. 6	Skema Representasi Perubahan Pati.....	11
Gambar 2. 7	Proses <i>Crosslinking</i>	14
Gambar 2. 8	Struktur Urea.....	15
Gambar 4. 1	Reaktor Batch.....	34
Gambar 4. 2	Kopolimer Hasil Reaktor Pengaduk.....	35
Gambar 4. 3	Kopolimer Kering	36
Gambar 4. 4	Kurva Panjang Gelombang Maksimum	36
Gambar 4.5	Kurva Standar Urea.....	37
Gambar 4. 6	Sampel Sebelum Diberi Reagen Ehrlich (kiri) dan Sesudah (Kanan).....	37
Gambar 4. 7	Reaksi Urea Dengan Reagen Ehrlich	38
Gambar 4. 8	Kurva Pelepasan Urea	38
Gambar 4. 9	Kurva Pelepasan Urea 180 menit	38
Gambar 4. 10	Struktur Asam Akrilat (kiri) dan Akrilamida (Kanan)	40
Gambar C. 1	Kurva Panjang Gelombang Maksimum.....	62
Gambar C. 2	Kurva Standar.....	62
Gambar C. 3	Kurva Pelepasan Urea	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penelitian Tentang Controled Release Fertilizer	4
Tabel 1. 2 Penelitian Tentang Controled Release Fertilizer (<i>Lanjutan</i>).....	5
Tabel 1. 3 Penelitian Tentang Controled Release Fertilizer (<i>Lanjutan</i>).....	6
Tabel 3.1 Parameter Percobaan.....	26
Tabel 3. 2 Parameter Konstan.....	26
Tabel 3. 3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	31
Tabel 4. 1 Variabel Percobaan	32
Tabel 4. 2 Parameter Percobaan.....	32
Tabel 4. 3 Tabel Urea yang Dikeluarkan Sampel	39

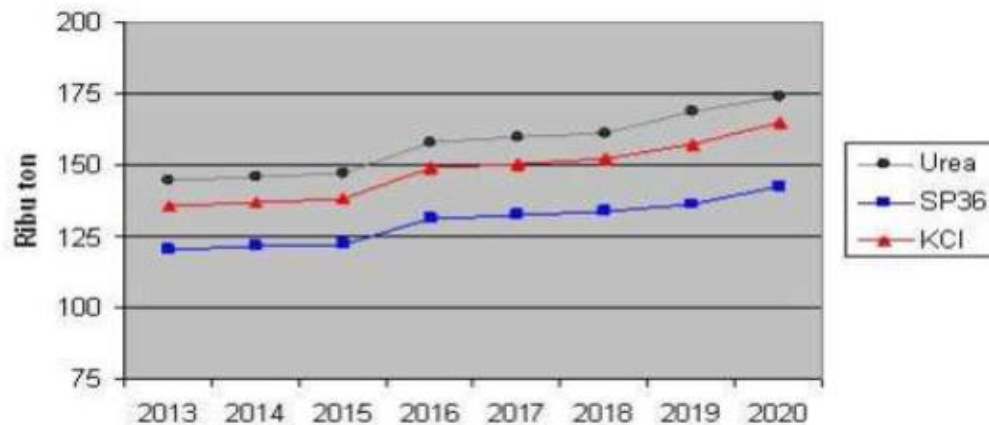
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu negara agraris, yaitu suatu negara di mana mayoritas penduduknya memiliki profesi pada bidang pertanian. Bidang pertanian di Indonesia akan digunakan memproduksi bahan pangan, bahan baku industri, atau sebagai sumber energi. Oleh karena itu pupuk merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam bidang pertanian karena pupuk akan memberi nutrisi yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia dari sensus pada tahun 2020, tercatat kenaikan jumlah penduduk sebesar 32,56 juta jiwa dibandingkan pada tahun 2010. Oleh karena terjadinya kenaikan jumlah penduduk ini maka tuntutan untuk faktor pertanian juga akan meningkat. Berdasarkan data yang penelitian yang dilakukan oleh badan penelitian dan pengembangan pertanian akan bisa didapat proyeksi kebutuhan pupuk di Indonesia yang bisa dilihat di **Gambar 1.1**. Dari grafik bisa dilihat bahwa kebutuhan pupuk di Indonesia akan meningkat pada setiap tahun.



Gambar 1. 1 Proyeksi Kebutuhan Pupuk di Indonesia (Litbang Balai Penelitian Tanah,2012)

Akan tetapi pupuk yang umum digunakan dilahan pertanian memiliki kecepatan pelepasan nutrisi yang cepat dan mudah terlarut oleh air hujan. Hal ini berakibat pada segi ekonomi maupun dari segi lingkungan. Dari segi ekonomi , biaya yang digunakan untuk kebutuhan pupuk disadari menjadi semakin mahal ketika pelepasan nutrisi pupuk tidak terkendali dan malah larut terawa oleh air dan pada segi lingkungan pupuk yang larut itu bisa

menyebabkan terjadinya kerusakan pada properti tanah di lahan pertanian dan dapat membunuh mikroorganisme yang membantu pertumbuhan tanaman.(Rajan dkk,2021)

Oleh karena itu di percobaan ini akan dilakukan percobaan pada jenis pupuk yang memiliki laju pelepasan nutrisi yang dapat dikendalikan. Jenis pupuk ini dikenal dengan nama *Controlled Release Fertilizer* atau CRF. Pada penelitian ini CRF disintesis dengan bahan baku pati tapioka. Pati tapioka dipilih karena pati merupakan bahan yang fleksibel dan mudah dimanipulasi strukturnya dan akan meninggalkan limbah *bio-degradable* sehingga akan bersifat ramah lingkungan. Pati juga dipilih karena berdasarkan data dari Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) pati tapioka akan mudah di dapat di Indonesia karena Indonesia merupakan negara penghasil singkong terbanyak ke-lima di dunia

Di penelitian ini juga akan dilihat apakah perbedaan rasio dan jenis monomer yang digunakan dalam pembentukan matrix CRF dapat mempengaruhi kinerja pelepasan pupuk dan *grafting*.

1.2 Identifikasi Masalah

- Bagaimana pengaruh rasio akrilamida dan asam akrilat (1:0 ; 1:1) terhadap jumlah pupuk yang bisa disimpan di kopolimer pati
- Bagaimana pengaruh rasio pati dan urea terhadap jumlah urea yang bisa disimpan oleh kopolimer pati.
- Bagaimana pengaruh rasio akrilamida dan asam akrilat dan rasio pati dan urea terhadap laju pelepasan pupuk

1.3 Hipotesis

- Sampel dengan rasio asam akrilat dan akrilamida 1:1 akan dapat menyimpan pupuk dalam jumlah yang lebih banyak
- Sampel dengan rasio pati dan urea 1:1 akan dapat menyimpan pupuk dalam jumlah yang lebih banyak
- Sampel dengan rasio asam akrilat dan akrilamida 1:1 dan rasio pati dan urea 1:1 akan dapat melepaskan pupuk dalam waktu yang lebih lama

1.4 Tujuan

Mengembangkan *controlled release fertilizer* yang dapat menyimpan pupuk yang lebih banyak dan melepaskan pupuk dengan waktu yang lebih lama.

1.5 Manfaat

Pengembangan *controlled release fertilizer* ini diharapkan supaya dapat mengurangi polusi tanah oleh karena terlalu banyaknya nutrisi yang dikeluarkan oleh pupuk dan dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan para masyarakat untuk membeli pupuk.

TABEL 1. 1 PENELITIAN TENTANG CONTROLLED RELEASE FERTILIZER

Peneliti	Bahan Baku	Variabel (variasi	Hasil
Billy Yonathan Suhendar, 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Pati Ganyong • Monomer : Asam Akrilat • Inisiator : Fenton • Perendam : Larutan Pupuk Urea • Cross Linker : metilenbisakrilamida (MBam) dan CaCl₂ • Pelapis : Sodium Alginat 	<ul style="list-style-type: none"> • Rasio mol pati dengan pupuk urea (1:1, 1:2,1:3,1:4,1:5) • Jenis Crosslinker (MBam,CaCl₂) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rasio pati dengan urea 1:1 akan melepaskan urea dengan jumlah paling kecil selama 13 hari, pada sampel dengan MBam akan dilepaskan 638,44 ppm dan pada sampel CaCl₂ akan dilepaskan 614,4 ppm • Sampel CRF dengan crosslinker MBAm dapat menyerap air sebanyak 33,43 hingga 44,74 gram selama 10 hari • Sampel CRF dengan crosslinker CaCl₂, dapat menyerap air antara 18,72 hingga 26,21 gram selama 10 hari
Cindy,Herry Santoso, Judy Retty,Stella Hardja, 2017	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Canna Starch</i> • Monomer : Asam akrilat • Inisiator : Ammonium sulfat dan H₂O₂ • Crosslinker: MBam • Pelapis: Sodium alginat, Polietilen glikol, Asetat anhidrida 	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Pembuatan matrix (Dispersi dan Ekstrusi) • Bahan pelapis (Sodium alginat, Polietilen glikol, Asetat anhidrida) • Volume bahan pelapis (25 ml, 50ml) 	<ul style="list-style-type: none"> • Polietilen glikol merupakan bahan pelapis dengan kemampuan penyerapan air yang paling tinggi • Asetik anhidrida merupakan bahan pelapis dengan kemampuan pelepasan urea yang paling lambat • Semakin banyak kuantitas bahan pelapis penyerapan air semakin baik • Metode pembuatan matrix dispersi memberi pelepasan urea yang lebih lambat

Tabel 1. 2 Penelitian Tentang Controlled Release Fertilizer (*Lanjutan*)

Edgar Edwin Pratama, Judy Retti Witono, 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Pati ganying • Monomer : Asam Akrilat dan Akrilamida • Pupuk: Urea • Crosslinker : N,N'-metilenebisakrilamida (MBAM) dan CaCl₂ • Inisiator : FAS dan H₂O₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • Rasio mol Asam Akrilat dan Akrilamida (1:0 ; 1:1 ; 2:1 ; 1:2 ; 0:1) 	<ul style="list-style-type: none"> • CRF dengan rasio AA : AM = 1 : 1 menunjukkan kapasitas penyerapan air yang paling baik • CRF dengan rasio AA : AM = 1 : 1 memiliki waktu pelepasan pupuk yang paling lama dibandingkan variasi lainnya • Sampel dengan air pelarut 600 wt% akan menghasilkan kopolimer dengan kemampuan penyerapan air terbaik yaitu 500 g/g
Leony Wijaya, 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Pati Ganyong • Monomer : Asam Akrilat • Inisiator : Fenton • Pupuk : Larutan Pupuk Urea dan Kalium Fosfat • Crosslinker : MBam 	<ul style="list-style-type: none"> • Persen konsentrasi <i>cross linker</i> (1,5%, 2,5%, 3,5%) • Jenis larutan Pupuk (Urea, Kalium Fosfat) • Konsentrasi larutan pupuk (500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kopolimer dengan konsentrasi crosslinker 1,5% dan urea 2000 ppm, memiliki pelepasan pupuk tercepat yaitu 1,07521 ppm/menit • Kopolimer dengan konsentrasi crosslinker 1,5% dan Kalium Fosfat 2000 ppm, memiliki pelepasan pupuk tercepat yaitu 0,06789 ppm/menit • Kopolimer dengan konsentrasi crosslinker 1,5% penyerapan airnya paling besar yaitu 80,21667 g/g

Tabel 1. 3 Penelitian Tentang Controlled Release Fertilizer (*Lanjutan*)

<p>Xiaozhao Han, Sensen Chen, Xianguo Hu, 2008</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Soluble starch</i> • Monomer: Polivyntl alkohol • Inisiator: Gliserin • Crosslinker : Formaldehyde • Perendam : NH₄SO₄ 	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi monomer (10, 20, 30, 40, 50 wt%) • Konsentrasi <i>crosslinker</i> (0, 5, 10, 20 wt%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan monomer akan meningkatkan kemampuan penyerapan air dan permeabilitas air dan ammonia • Peningkatan konsentrasi <i>crosslinker</i> akan menurunkan kemampuan penyerapan dan permeabilitas CRF
<p>Yongshen Niu, Hongchun Li, 2012</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pati Jagung • Monomer : Vinyl asetat • Inisiator : Potassium persulfat • Pupuk: Urea 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah monomer (3, 5, 7, 9 gram) 	<ul style="list-style-type: none"> • Semakin banyak monomer yang digunakan laju pelepasan urea akan lebih lambat