

PEMBUATAN PUPUK LEPAS LAMBAT NPK BERBAHAN ZEOLIT A - ALGINAT

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia**



**Oleh : DIAJENG AYU SAVITRI
NIM 2108036027**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Diajeng Ayu Savitri

NIM : 2108036027

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

PEMBUATAN PUPUK NPK BERBAHAN ZEOLIT A – ALGINAT

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Juni 2025

Pembuat Peryataan

Diajeng Ayu Savitri

2108036027

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pembuatan Pupuk Lepas Lambat NPK Berbahan

Zeolit A- Alginat

Nama : Diajeng Ayu Savitri

NIM : 2108036027

Jurusan: Kimia

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 27 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,


Dr. Eng Anissa Adiwena, M. Sc.

NIP. 198504052011012015


Nana Misrochah, M. Pd.

NIP. 198608282019032009

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Ervin Tri Suryandari, M. Si.

NIP. 197407162009122001


Wirda Udaibah, M. Si.

NIP. 1985010420099122003

Pembimbing,


Dr. Eng Anissa Adiwena, M. Sc.

NIP. 198504052011012015

NOTA DINAS

Semarang, 25 Juni 2025

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN
Walisongo di Semarang

Assalamu'aalaikum. Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah
melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah
skripsi dengan :

Judul : **Pembuatan Pupuk Lepas Lambat
NPK berbahan Zeolit A-Alginat**

Penulis : Diajeng Ayu Savitri

NIM : 2108036027

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut
sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan
Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam
sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing

Dr. Eng Anissa Adiwena Putri, M.Sc.

NIP. 198504052011012015

PEMBUATAN PUPUK NPK BERBAHAN ZEOLIT A – ALGINAT

Diajeng Ayu Savitri

NIM. 2108036027

ABSTRAK

Pupuk NPK merupakan pupuk makro yang banyak digunakan petani karena unsur yang terkandung di dalamnya. Tetapi salah satu unsur makro penting yaitu Nitrogen (N) mudah mengalami pencucian sehingga tidak optimal dalam pengaplikasiannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengefisienkan penggunaan pupuk NPK dan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat kelebihan unsur. Pembuatan pupuk lepas lambat merupakan salah satu metode yang dapat digunakan. Alginat dan zeolit A merupakan material yang dapat digunakan sebagai agen lepas lambat. Zeolit A dan alginat akan dikombinasikan dalam bentuk *beads* sebagai salah satu cara membuat pupuk lepas lambat. Zeolit A dilarutkan dalam 25 mL akuades, ditambahkan 6 gram NPK dan diaduk selama 1 jam. Kemudian 25 mL larutan alginat dicampurkan dan diaduk selama 2 jam. Campuran yang dihasilkan diteteskan dalam larutan CaCl_2 6% untuk membentuk *beads* dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam kemudian diuji lepas lambat dalam media air. *Beads* dilakukan karakterisasi menggunakan XRD dan FTIR serta diuji lepas lambat nitrogen menggunakan UV-Vis. Hasil FTIR *beads* zeolit A-alginat-NPK terdapat gugus N-H yang merepresentasikan NPK, gugus O-Si-O yang merepresentasikan zeolit A dan gugus COO merepresentasikan adanya alginat. Hasil difraktogram XRD menunjukkan puncak kristal dari zeolit A dan pembentukan puncak kristal baru karena adanya interaksi antara zeolit A-alginat-NPK sehingga menghilangkan puncak khas dari NPK. Penambahan zeolit A mampu menurunkan laju lepas lambat karena terbentuknya ikatan hidrogen dengan alginat dan adanya kemampuan tukar kation. Hal ini ditunjukkan dengan hasil penelitian *beads* zeolit A-alginat-NPK pada menit ke-120 sebesar 16,17% menunjukkan pelepasan nitrogen yang lebih lambat diantara *beads* alginat-NPK dan NPK.

Kata Kunci : zeolit A, alginat, pupuk NPK, lepas lambat nitrogen.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaniirahom

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul : “Pembuatan Pupuk Lepas Lambat NPK Berbahan Zeolit A-Alginat” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga terlimpahkan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk menyempurnakan akhlaq manusia, dan yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Penulis menyadari skripsi ini tidak terlepas dari adanya bimbingan, motivasi, serta do’a dari berbagai pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor UIN Walisongo Semarang, Prof. Dr. Nizar, M.Ag.
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag.
3. Ketua Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Dr. Mulyatun, S.Pd.,M.Si.
4. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan penuh, arahan, dan motivasi kepada

penulis, Ibu Zidni Azizati, M.Sc dan Ibu Dr. Eng Anissa Adiwena Putri, M.Sc.

5. Dosen wali Studi Ibu Zidni Azizati, M.Sc dan Ibu Kholidah, M.Sc.
6. Segenap Dosen FST terkhusus jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang, yang telah memberikan berbagai pengetahuan dan pengalaman selama dibangku perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis Bapak Asmari dan Mama Fitriyah yang senantiasa memberikan dukungan semangat, dukungan mental, kasih sayang, mendidik dengan tulus, dan senantiasa mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.
8. Mas Dimas selaku kakak kandung penulis yang senantiasa memberikan uang jajan selama masa kuliah dan selalu mendukung adik kesayangannya kuliah di UIN Walisongo.
9. Teman-teman seperjuangan Kimia Angkatan 2021 yang telah kebersamai penulis selama masa studi pembelajaran perkuliahan.
10. Teman-temanku Nisa, Windy, Nurul, Manda, Wulandari, Nada, Vira, Alya, Elise, dan Cici yang telah kebersamai penulis selama di Semarang dan senantiasa menghibur penulis.

11. Teman-teman risetku Natalia Nada, Viki, Vika dan Sabina yang telah mau berjuang bersama menyelesaikan riset dengan sabar dan akhirnya kita selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar bisa lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca pada umumnya. Aamiin.

DAFTAR ISI

PERYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
Daftar Isi.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	12
C. Tujuan Penelitian.....	13
D. Manfaat	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	2
A. Landasan Teori	2
1. Pupuk NPK.....	2
2. Zeolit A.....	3
3. Alginat.....	5
4. Pupuk Lepas Lambat	7
5. Karakterisasi.....	9
B. Kajian Riset Relevan.....	14
C. Hipotesis.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	19

A.	Waktu dan Tempat Penelitian	19
B.	Prosedur Kerja	20
1.	Sintesis zeolit A	20
2.	Pembuatan <i>Beads</i> Alginat-NPK, dan Zeolit-Alginat-NPK	21
3.	Pengujian Lepas Lambat <i>Beads</i> NPK, Alginat-NPK, dan Zeolit-Alginat-NPK	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		26
A.	Preparasi Zeolit A	26
C.	Pembentukan <i>Beads</i> NPK-Alginat	34
D.	Pembuatan <i>Beads</i> zeolit A-alginat-NPK	38
E.	Analisis Kadar N dalam <i>Beads</i> Alginat-NPK dan Zeolit A-Alginat-NPK.....	43
F.	Pengujian Lepas Lambat <i>Beads</i> Alginat-NPK	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		52
A.	Kesimpulan	52
B.	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		85

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3. 1	Komposisi NPK, NPK-Alginat, dan Zeolit A-NPK- Alginat	34
Tabel 4. 1	Hasil spektrum FTIR kaolin, metakaolin, zeolit A	42
Tabel 4. 2	Perbandingan zeolit A sintesis dan standar ASTM	46
Tabel 4. 3	Hasil spektrum FTIR beads alginat-NPK	49
Tabel 4. 4	Hasil spektrum FTIR beads zeolit A-alginat-NPK	54
Tabel 4. 5	Kadar N terloading dalam NPK, alginat-NPK, Zeolit A-alginat-NPK	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Struktur Zeolit	15
Gambar 2. 2	Zeolit A	16
Gambar 2. 3	Struktur Alginat	18
Gambar 2. 4	Penampang spektrofotometer UV-Vis	22
Gambar 2. 5	Prinsip kerja XRD	24
Gambar 2. 6	Hasil Difraktogram Metakaolin dan Zeolit A	25
Gambar 2. 7	Penampang Prinsip Kerja FTIR	26
Gambar 2. 8	Spektra FTIR zeolit A	27
Gambar 4. 1	Zeolit A	41
Gambar 4. 2	Spektrum FTIR kaolin, metakolin, dan zeolit A	42
Gambar 4. 3	Difaktogram zeolit A sintesis	45
Gambar 4. 4	Difaktogram zeolit A standar	45
Gambar 4. 5	Beads alginat-NPK	48
Gambar 4. 6	Spektrum FTIR (a) NPK, (b) Alginat-NPK	48
Gambar 4. 7	Hasil Difaktogram XRD beads Alginat-NPK	51
Gambar 4. 8	Beads zeolit A-alginat-NPK	52
Gambar 4. 9	Spektrum FTIR beads zeolit A-alginat-NPK	53

Gambar 4. 10	Difaktogram NPK, zeolit A-alginat-NPK	55
Gambar 4. 11	Reaksi antara p-DAB dan urea	57
Gambar 4. 12	Kurva Standar	58
Gambar 4. 13	Hasil uji lepas lambat beads NPK, alginat-NPK, dan zeolit A-alginat-NPK	61
Gambar 4. 14	Ikatan hidrogen alginat-zeolit A	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Skema Kerja Penelitian	79
Lampiran 2	Perhitungan Jumlah nitrogen dan uji lepas lambat	84
Lampiran 3	Dokumentasi	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Setiap tahunnya konsumsi pupuk mengalami peningkatan dengan jumlah yang signifikan. Peningkatan ini berkaitan dengan penggunaan pupuk berlebih dari petani karena memperoleh subsidi dari pemerintah untuk pupuk NPK sebesar 4, 5 juta ton pada tahun 2025 (PSP Pertanian). Pupuk merupakan bahan yang mengandung unsur hara atau nutrisi untuk perkembangan tanaman (Aziz et al., 2022). Pada dasarnya pupuk terbagi menjadi dua, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk.

Pupuk tunggal merupakan pupuk yang mengandung satu unsur hara seperti pupuk urea sedangkan pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung lebih banyak unsur hara seperti pupuk NPK (Hardiyanti et al., 2022). Pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung unsur makro dan mikro dalam satu pupuk (Hasani & Yetty Zairani, 2021). Penggunaan pupuk majemuk lebih efisien dibandingkan pupuk tunggal karena unsur N, P, K terkandung dalam satu jenis pupuk. Selain lebih praktis akan memudahkan petani dalam penggunaan pupuk secara lengkap. Keuntungan penggunaan pupuk majemuk dalam satu

kali pemupukan sudah mencakup tiga unsur makro yang memiliki fungsi masing-masing untuk tanaman.

Pupuk NPK merupakan anorganik (buatan) yang dibuat dengan tiga komponen nutrisi utama: Nitrogen, Fosfor, dan Kalium (N, P, K) (Hasaneen & Omer, 2014). Ketiga komponen nutrisi utama memiliki fungsinya masing-masing, Nitrogen (N) memiliki fungsi untuk mendorong pertumbuhan daun serta klorofil, Fosfor (P) dapat meningkatkan perkembangan akar, bunga dan buah, serta Kalium (K) mampu mendorong pertumbuhan batang dan akar serta sintesis protein (Mandal et al., 2009). Unsur N memiliki peranan yang penting dan besar dalam tanaman. Pupuk NPK lebih praktis dalam segi distribusi, penyimpanan dan aplikasinya dikarenakan tiga komponen unsur utama terdapat dalam satu jenis pupuk (Hartatik & Widowati, 2016). Pupuk NPK yang beredar di masyarakat memiliki berbagai ragam seperti pupuk NPK mutiara 16:16:16, 15:15:15, dan 14:14:14. Adapun penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Penggunaan pupuk NPK yang berlebihan akan meningkatkan akumulasi nitrogen beracun di aliran air. Nitrogen yang bercampur dengan air akan membentuk nitrat (NO_3^-), gas amonia (NH_3) akan menguap bebas ke udara serta

menghasilkan emisi (N_2O) (Aziz et al., 2022). Nitrat yang larut dalam air akan dibuang dari tanah melalui limpasan. Limpasan nitrat dari lahan pertanian akan menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan kondisi perairan dengan tingkat konsentrasi nutrisi yang tinggi, fosfor dan nitrogen sehingga menurunkan kualitas perairan (Akinnowo, 2023). Eutrofikasi dapat menyebabkan pencemaran badan air yang mengancam keberlangsungan hidup organisme dan berkurangnya akses terhadap air bersih (Akinnowo, 2023). Keadaan tersebut akan merugikan populasi manusia dan ekosistem. Kebutuhan nitrogen pada tanaman padi sebesar 135 kg N/ha yang setara dengan 300-400 kg NPK/ha (Prabukesuma et al., 2015). Petani umumnya menggunakan 200-500 kg NPK/ha untuk tanaman padi (Prabukesuma et al., 2015). Pupuk NPK konvensional melepaskan 17-40% N selama seminggu dan melepaskan 100% N dalam 14 minggu (Suwardi et al., 2023). Pengampliasian NPK yang dilarutkan dalam air membuat petani menambahkan dosis penggunaan NPK sebesar 450-500 kg NPK/ha (Hartatik & Widowati, 2016). Adanya kelebihan penggunaan pupuk NPK oleh petani sehingga dibutuhkan efisiensi dalam aplikasinya.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan

pupuk NPK modifikasi yang optimal sehingga dapat bermanfaat untuk tanaman. Pupuk yang dihasilkan akan bermanfaat untuk tanaman serta lebih baik bagi lingkungan karena penggunaannya yang disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi tanaman sehingga tidak ada unsur berlebih yang terbuang ke lingkungan. Sebagai manusia kita perlu menjaga tanaman dan lingkungan dengan memberikan tanaman nutrisi yang tidak mencemari lingkungan. Sebagaimana Allah SWT telah memberikan kita nikmat berupa tanaman dan kesuburan tanah di bumi ini sebagai manusia kita perlu menjaganya dengan baik. Hal tersebut sesuai dengan firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Ar – Ra'd ayat 4:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مَّجُورَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صُنُوا
 نَّ وَغَيْرُ صُنُوا نِ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِي
 الْأُكْلِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Yang artinya : *“Di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan, kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman, dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang. (Semua) disirami dengan air yang sama, tetapi Kami melebihkan tanaman yang satu atas yang lainnya dalam hal rasanya. Sesungguhnya pada demikian itu benar-*

benar (terdapat) tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti. (Qs. Ar-Ra'd: 4)"

Menurut Syaikh Abdurrahman bin Nashir As- Sa'di dalam kitabnya Tafsir Al-Karimi Rahman Fi Tafsir Kalam Al-Manna dijelaskan tanda kebesaran Allah SWT yang ada di bumi. Terdapat tanah yang subur dapat ditanami tanaman apa saja. Selain itu di bumi juga terdapat buah-buahan yang beranekaragam. Namun setiap tanaman memiliki rasa yang berbeda disebabkan kandungan kimiawi yang terdapat di dalamnya. Tanah yang subur serta tanaman yang ada harus dijaga dan diperhatikan nutrisinya sebagai bentuk mensyukuri nikmat Allah SWT (As-Sa'di, 2002).

Peningkatan efisiensi penggunaan pupuk NPK untuk mempertahankan kadar nitrogen dapat dilakukan dengan metode pupuk lepas lambat (Wulan & Maharani, 2017). Pupuk lepas lambat merupakan pupuk yang memiliki kemampuan untuk melepaskan nutrisi pada tingkat yang terkendali. Pelepasan secara terkendali akan memastikan tidak ada pengiriman nutrisi yang tidak memadai di zona akar (Savana & Maharani, 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Astar & Suci (2022), pembuatan pupuk lepas lambat efektif

dalam menurunkan persen nitrogen yang larut dibandingkan dengan NPK konvensional tanpa metode pupuk lepas lambat. Metode untuk membuat pupuk lepas lambat dengan pembentukan gel sehingga unsur terikat dalam ruang pada polimer dan komposit (Istiani et al., 2022). Prinsip utama dari pembuatan pupuk lepas lambat adalah mengatur pelepasan nutrisi ke tanaman yang lebih terkendali. Kelebihan dari pupuk ini mampu tersedia lebih lama daripada pupuk biasa, mengatasi masalah penguapan, mengatasi hilangnya unsur hara akibat air hujan, dan mencegah infiltrasi terbakarnya akar serabut karena pemupukan berlebihan (Aviantri & Kartika Maharani, 2017). Penggunaan pupuk lepas lambat dapat mengurangi pengaruh negatif pupuk terhadap lingkungan karena kelarutan tinggi senyawa nitrogen yang tidak digunakan (Lubkowski, 2016). Kelemahan dari pupuk ini tidak menunjukkan pola tertentu untuk pelepasan nutrisinya (Aviantri & Kartika Maharani, 2017).

Pupuk lepas lambat dapat disintesis menggunakan material berlapis atau terkapsul polimer. Material pelapis yang digunakan berupa polimer yang berfungsi untuk menutupi atau menghalangi pelepasan nutrisi pada tingkat tinggi. Mekanisme pupuk lepas lambat

dengan penambahan polimer dapat terjadi apabila polimer kontak dengan air atau dapat terjadi karena bantuan mikroorganisme yang dapat merusak polimer sehingga mengganggu membran kemudian akan terjadi pelepasan nutrisi.

Polimer merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan untuk pupuk lepas lambat. Polimer secara umum terbagi menjadi dua yaitu polimer alami dan polimer sintesis. Polimer alami merupakan polimer yang disintesis dari sumber alami seperti mikroorganisme, alga, dan tanaman (Pocurull et al., 2019). Polimer alami banyak digunakan dalam bidang medis dan dalam makanan. Polimer alami dari sumber daya laut banyak digunakan dalam kurun waktu terakhir, seperti krustasea, rumput laut, alga, agar, kitin/kitosan, dan alginat. Polimer alami dari sumber daya laut memiliki kelebihan biokompatibilitas, biodegradasi, dan aktivitas biologi (Pocurull et al., 2019). Polimer sintesis merupakan polimer yang disintesis dari bahan kimia atau buatan. Polimer sintesis yang sering digunakan seperti, polietilena (PE), polistirena (PS), poliamida (PA), polivinil klorida (PVC), politetrafluoroetilena (PTFE), poliisoprena (PI), dan resin fenol formaldehid. Polimer sintesis diaplikasikan dalam bidang konstruksi,

pengemasan, dan pengobatan. Polimer sintesis memiliki kelebihan seperti, ikatan yang dapat disesuaikan, bentuk yang tidak terbatas dan struktur yang lebih baik dari polimer alami. Dalam pengaplikasian polimer sintesis untuk pelapisan pupuk lepas lambat memiliki kelemahan sulit terdegradasi, mengganggu pH tanah, harga pembuatan yang tinggi dan kompleks (Xiao et al., 2017). Polimer alami berupa polisakarida memiliki sifat mudah terdegradasi sehingga lebih baik apabila diaplikasikan sebagai pelapis dalam pupuk lepas lambat.

Alginat merupakan polisakarida yang dibuat dengan cara diekstrak dari alga coklat dan memiliki dua unit struktur, yaitu guluronat (G) dan manuronat (M) (Kurniawan et al., 2018). Penambahan alginat dalam pupuk lepas lambat dengan pembentukan pelapis dapat mengontrol pelepasan nutrisi pada pupuk sehingga mampu mengurangi laju difusi air ke dalam pupuk. Alginat dimanfaatkan sebagai pelapis karena memiliki sifat mudah membentuk gel, toksinitas rendah, mampu melindungi tanaman dari lingkungan luar, mampu membentuk *beads*, dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang panjang (Devi et al., 2018). Alginat memiliki kemampuan membentuk hidrogel dengan berbagai agen pengikat silang dalam kondisi ringan dan berair.

Beberapa penelitian telah menggunakan alginat sebagai bahan pelapis pupuk lepas lambat, karena keunggulan yang dimiliki alginat. Alginat banyak digunakan sebagai material pelapis pupuk lepas lambat karena sifat biokompatibilitas dan biodegradasi. Alginat mampu menekan laju pelepasan unsur hara lebih baik dari pupuk NPK konvensional. Berdasarkan penelitian Nooeaid et al., (2024), adanya kekuatan ionik yang terdapat dalam matriks alginat memungkinkan berinteraksi lebih baik dengan pupuk NPK, selain itu matriks alginat mampu meningkatkan efisiensi tinggi pertumbuhan vegetatif. Kekurangan yang dimiliki alginat yaitu, kemampuan mekanik alginat yang rendah, degradasi yang tidak terkendali, mudah mengalami pembengkakan, harganya yang tidak terjangkau, bentuk yang terdistorsi, ukuran tidak merata, dan porositas yang tinggi. Keadaan ini mampu memengaruhi stabilitas dan viabilitas sel yang dilapisi selama masa penyimpanan. Dan demikian, diperlukan komposit anorganik yang mampu meningkatkan kekuatan pengikatan polimer serta meningkatkan kemampuan mekanik dari matriks alginat. Penambahan material anorganik seperti zeolit mampu mengikat kation untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman, mampu

meningkatkan sifat mekanik dan memberikan bentuk fisik *beads* yang lebih baik karena sebagian ruang diisi oleh komposit tersebut (Suratman et al., 2020). Salah satu tipe zeolit adalah zeolit A. Zeolit A memiliki kadar Si dan Al yang sama berjumlah satu, sehingga memiliki jumlah ion penyeimbang yang besar. Besarnya jumlah ion penyeimbang dimanfaatkan sebagai penukar kation. Zeolit A memiliki permukaan yang bersifat negatif sehingga akan makin besar jumlah ion penyeimbangnya dan akan makin banyak ion yang dapat dipertukarkan (Jumaeri et al., 2013). Zeolit A mampu mengikat ion ammonium (NH_4^+) yang merupakan salah satu bentuk nitrogen dalam pupuk NPK dan menukarnya dengan anion lain pada zeolit (Bagus et al., 2020). Permukaan zeolit A yang berupa pori-pori akan menyerap ion ammonium untuk disimpan sementara sebelum nantinya dilepaskan. Zeolit A termasuk komposit yang memiliki kekuatan mekanik yang tinggi.

Zeolit memiliki kemampuan menahan air hingga 60% dari beratnya karena porositas struktur kristal yang tinggi dan memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi. Struktur yang terdapat pada zeolit mampu menahan ion ammonium dengan kualitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan lempung lain. Keunggulan zeolit

yaitu keberadaannya di dalam tanah tidak akan rusak seiring berjalannya waktu, dapat meningkatkan kesuburan dengan mempertahankan nutrisi pada zona akar, dan struktur pori zeolit mampu menjaga tanah tetap aerasi dan lembab dalam waktu yang lama (Saraswati, 2015). Penggunaan zeolit untuk pupuk lepas lambat memanfaatkan luas permukaan dan daya serap yang dimiliki (Ciampea, 2009). Daya serap pada zeolit A dipengaruhi oleh luas permukaan, ukuran pori, kepolaran dan ketersediaan ruang kosong. Zeolit A merupakan zeolit sintesis, sehingga karakteristiknya dapat disesuaikan dengan penggunaannya dan lebih seragam (Krol, 2020).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan pupuk NPK lepas lambat menggunakan matriks zeolit-alginat oleh Suratman et al., (2020) diperoleh hasil nilai regresi mendekati 1 mengikuti model Korsmeyer-Peppas pelepasan NPK memiliki kinerja yang baik sebagai pupuk lepas lambat. Penelitian lainnya penggunaan zeolit A termodifikasi HDTMA sebagai pupuk lepas lambat urea dan hasil yang diperoleh tanah yang dicampur dengan pupuk lepas lambat urea memiliki kandungan nitrogen yang meningkat, serta tanaman mengalami pertumbuhan

yang baik (Bagus et al., 2020). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pembuatan pupuk lepas lambat terbukti efektif dalam memperlambat pelepasan nitrogen. Berdasarkan uraian di atas, peneliti bertujuan untuk membuat pupuk lepas lambat dengan penambahan zeolit A dan Alginat. Zeolit A yang digunakan merupakan zeolit yang disintesis dari kaolin menjadi metakaolin melalui proses kalsinasi. Zeolit A digunakan karena kegunaannya sebagai agen tukar kation sementara dan dapat mengontrol pelepasan nitrogen. Penambahan zeolit A untuk mengoptimalkan ikatan antara alginat-NPK. Penelitian tentang pembuatan pupuk lepas lambat dengan bahan zeolit-urea, Alginat-NPK, serta zeolit A-urea telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Namun, kombinasi bahan zeolit A-alginat-NPK belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, keterbaruan pada penelitian ini adalah kombinasi zeolit A-alginat-NPK sebagai bahan pupuk lepas lambat nitrogen.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik zeolit A yang dihasilkan?
2. Bagaimana karakteristik pupuk lepas lambat NPK berbasis zeolit A-Alginat?
3. Bagaimana pengaruh penambahan zeolit A pada

pelepasan nitrogen?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik dari zeolit A dari kaolin.
2. Untuk mengetahui karakteristik dari pupuk lepas lambat NPK berbasis zeolit A-alginat.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit A pada pelepasan nitrogen.

D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini untuk mengetahui efektivitas pupuk lepas lambat NPK berbasis zeolit A-alginat dalam penurunan laju pelepasan nitrogen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pupuk NPK

Pupuk NPK merupakan pupuk anorganik yang mengandung tiga unsur makro nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Unsur hara makro merupakan unsur hara esensial bagi tanaman karena akan menjadi faktor pembatas bagi tanaman. Setiap unsur memiliki peranan masing-masing bagi tumbuhan, seperti :

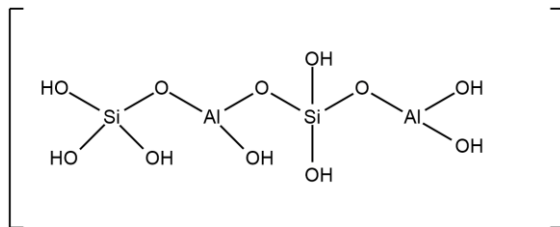
- a. Nitrogen (N), kandungan nitrogen berperan penting dalam pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif. Berdasarkan penelitian unsur N akan mempengaruhi pembentukan vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar (Triadiawarman et al., 2022). Kebutuhan N yang tercukupi akan meningkatkan produksi klorofil. Jumlah unsur N yang rendah akan menyebabkan klorosis pada daun, jaringan daun akan mati dan pertumbuhan tanaman menjadi kerdil.
- b. Fosfor (P), unsur P dalam tanaman memiliki peranan penting dalam penyusunan asam amino tertentu, merangsang pertumbuhan, aktif dalam pembelahan sel, memperkuat tegaknya tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan berperan dalam

pembentukan buah, bunga, serta biji dalam tumbuhan.

- c. Kalium (K), kalium memiliki peranan penting sebagai aktivator enzim dalam metabolisme tanaman. Pemberian dosis kalium akan mempengaruhi biokimia tanaman. Penelitian yang dilakukan Triadiawarman et al., (2022) pemberian unsur kalium mempengaruhi tinggi tanaman, kelebihan unsur kalium menyebabkan penurunan tinggi tanaman karena menghambat serapan unsur mikro lainnya

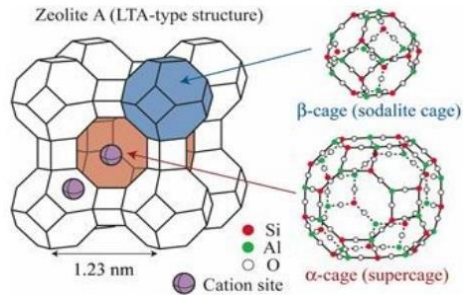
2. Zeolit A

Zeolit sintetis merupakan zeolit yang dibuat untuk mengatasi kelemahan pada zeolit alam. Salah satu pengembangan dalam zeolit sintetis dengan mengatur pori-porinya sehingga lebih spesifik dalam pemanfaatannya. Zeolit sintesis yang strukturnya telah dikenal antara lain zeolit A, X, dan Y. Zeolit sintesis dapat dibuat menggunakan metode seperti, metode kopresipitasi, metode hidrotermal, dan metode hydrogel. Keunggulan zeolit sintesis yaitu tingkat kemurnian tinggi, kristalinitasnya tinggi, ukuran kristal dan porinya dapat direkayasa melalui bahan kimia (Hartati, 2019). Struktur zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur Zeolit (Sobuś et al., 2020)

Zeolit A merupakan zeolit sintesis yang memiliki komposisi mineral $\text{Na}_{12}\{(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}\} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ (Saraswati, 2015). Zeolit A memiliki rasio Si/Al rendah yaitu 1 atau mendekati 1 (Saraswati, 2015). Kerangka dalam zeolit disusun dari satuan-satuan tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-2}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ dengan atom oksigen sebagai penghubung antara atom silikon dan aluminium yang digabungkan secara tiga dimensi, ditunjukkan sebagai TO_4 , $\text{T}=\text{Si}$ atau Al (Sriatun & Darmawan, 2005). Zeolit A merupakan zeolit sintetis yang memiliki kadar silika rendah dengan struktur kristal berbentuk kubus dengan delapan tetrahedral (empat buah cincin rangkap). Zeolit A memiliki struktur pori tiga dimensi dengan arah yang saling tegak lurus pada masing-masing arah dimensi x, y dan z. Zeolit A memiliki bentuk oktahedral, yang tersusun atas 12 SiO_4 dan 12 AlO_4 tetrahedral serta sejumlah ion logam (Setiawati et al., 2015). Bentuk zeolit A dapat dilihat pada Gambar 2.2



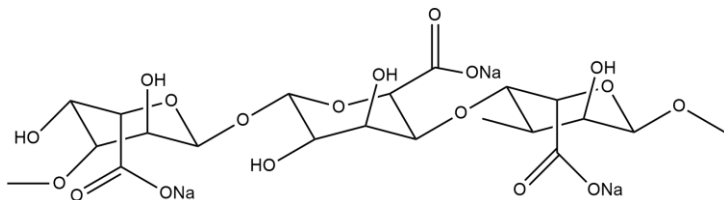
Gambar 2.2 Zeolit A (Duan et al., 2007)

Zeolit A memiliki sistem pori tiga dimensi dan molekul yang dapat berdifusi dalam ruang dengan memindahkan jendela cicin-8 yang menghubungkan antar rongganya. Struktur kristal pada zeolit A memiliki kelompok ruang yang terdiri dari 8 kerangka besar setiap unit sel. Setiap unit sel besar ini tergantung pada kandungan atom Si dan Al pada kerangkanya

3. Alginat

Alginat adalah polimer anionik yang terdiri dari residu asam guluronat dan manuronat dengan ikatan 1, 4-D-asam manuronat, dan α -L-gulonorat yang dapat ditemukan pada dinding sel rumput laut coklat (Paques et al., 2014). Kandungan komposisi dan urutan residu (G dan M) akan mempengaruhi struktur, berat molekul dan sifat fisikokimia alginat yang terbentuk. Kelimpahan kandungan residu M/G alginat dikarenakan sumber alami alginat, lokasi tanaman, letak geografis, dan musim

(Wilkerson, 2022). Alginat merupakan polimer asam uronat murni yang tersusun dari asam alginat linier panjang. Alginat dapat diekstrak dari rumput laut coklat (Phaeophyceae sp) seperti *Laminaria hyperborea*, *Lamina digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum*, *Macrocystis pyrifera* dan *Sargassum* (Ahmad Raus et al., 2021). Jenis rumput laut alginofit (alga penghasil alginat) yang ditemukan di perairan Indonesia adalah sargassum dan Turbinaria. Kandungan alginat yang terdapat dalam Sargassum berkisar antara 8-32% tergantung dari kondisi lingkungan perairan tumbuhnya (Pasanda & Azis, 2018). Struktur alginat dapat dilihat pada Gambar 2. 3



Gambar 2.3 Struktur Alginat (Jindor et al., 2023)

Alginat memiliki warna putih hingga coklat kekuningan. Alginat memiliki sifat koloid, pembentuk gel, dan hidrofilik. Natrium alginat dan asam alginat merupakan nama alginat yang paling umum. Kelebihan dari alginat mudah diperoleh, , ramah lingkungan, biokompatibilitas, biokomposabilitas dan tidak beracun.

Namun, kekurangan dari alginat memiliki stabilitas yang buruk atau sifat mekanik, penghalang yang rendah, tidak cocok dengan logam berat, dan tidak stabil dalam perlakuan panas. Kekurangan tersebut dapat diminimalisir dengan penambahan biopolimer yang berbasis protein atau polimer sintesis, melalui modifikasi atau penggabungan perlakuan (Puscaselu et al., 2020). Pengaplikasian alginat didasarkan pada tiga sifat utama, 1. Kemampuan alginat untuk mengentalkan larutan dengan meningkatkan viskositas larutan berair, 2. Kemampuan untuk membentuk gel dengan adanya penambahan garam kalsium ke larutan natrium alginat dalam air, 3. Kemampuan dalam membentuk lapisan natrium atau kalsium alginat dan serat kalsium alginat (Qin et al., 2018).

4. Pupuk Lepas Lambat

Pupuk lepas lambat (*Slow Release Fertilizer*) merupakan pupuk yang menyediakan nutrisi bagi tanaman, tetapi tidak melepaskan secara langsung (bertahap atau perlahan) nutrisinya dan akan menyediakan nutrisi untuk tanaman dalam periode waktu yang lebih lama dibandingkan pupuk konvensional. Pupuk lepas lambat adalah jenis pupuk yang dilapisi atau enkapsulasi menggunakan senyawa organik atau anorganik yang bertujuan mengontrol laju, pola, dan durasi dari pelepasan nutrisi pupuk. Pupuk lepas lambat

ini dapat mengoptimalkan penyerapan nitrogen oleh tanaman sesuai waktu dan jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga jumlah pupuk yang diberikan lebih sedikit (Istiani et al., n.d.). Cara ini dapat menghemat pemupukan tanaman yang dilakukan petani. Pupuk lepas lambat mengandung nutrisi tanaman dalam bentuk yang membuatnya tidak diserap dan digunakan tanaman selama beberapa waktu setelah diberikan. Pupuk lepas lambat mampu memperpanjang bioavailabilitas secara signifikan menjadi lebih lama (Ryan et al., 2013).

Pupuk lepas lambat melibatkan laju pelepasan nutrisi yang lebih lambat dibandingkan pupuk larut air konvensional, namun laju, pola dan durasi pelepasan tidak dikontrol karena bergantung pada organisme mikroba yang efektivitasnya bergantung pada suhu tanah dan kondisi kelembapan. Kelebihan apabila petani menggunakan pupuk lepas lambat yaitu :

- a. Penurunan kehilangan nutrisi dan peningkatan efisiensi penggunaan nutrisi. Pupuk lepas lambat memiliki potensi mengurangi penggunaan pupuk hingga 20 sampai 30 persen dari dosis yang disarankan untuk pupuk konvensional dengan hasil yang sama.
- b. Meminimalisir risiko terkait dengan pupuk seperti daun terbakar, pencemaran air dan eutrofikasi

(proses ketika tanaman menerima nutrisi yang berlebih). Laju pelepasan unsur hara yang lambat dapat menjaga konsentrasi unsur hara yang tersedia dalam larutan tanah pada tingkat yang lebih rendah, sehingga mengurangi kehilangan akibat pencucian.

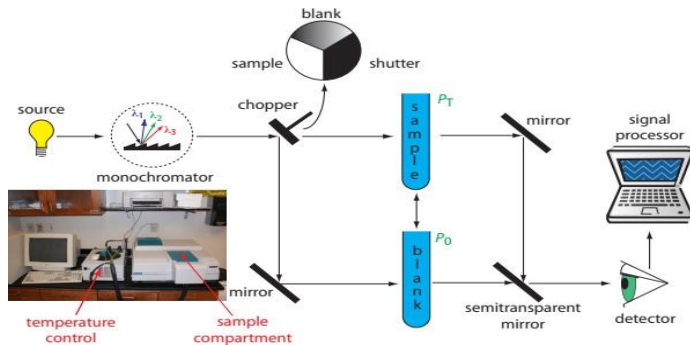
- c. Dapat mengurangi biaya aplikasi dan tenaga kerja.
- d. Memberikan pemahaman mengenai laju dan durasi pelepasan unsur hara. Sehingga mengetahui kapan harus menggunakan pupuk dan berapa jumlah yang harus diberikan.
- e. Menurunkan pH tanah pada tanah basa untuk bioavailabilitas beberapa unsur hara yang lebih baik (Liu et al., 2014).

5. Karakterisasi

a. Spektrofotometer *Ultraviolet Visible* (UV-Vis)

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (visibel) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih

banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Dibawah ini pada Gambar 2.4 merupakan penampang instrumen spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 2.4 Penampang spektrofotometer UV-Vis
(Amiliza Miarti & Leni Legasari, 2022)

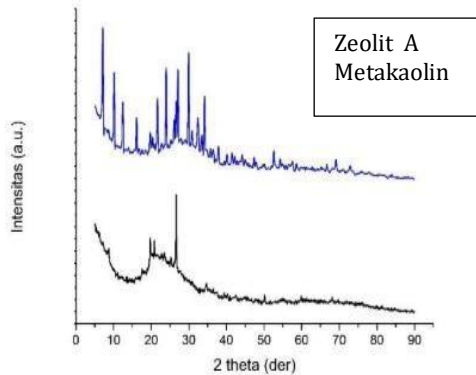
Prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis adalah sumber cahaya yang datang yaitu sinar polikromatis akan dilewatkan melalui monokromator kemudian diubah menjadi sinar monokromatis yang akan diteruskan ke sel yang berisi sampel. Sebagian sel akan diserap oleh sel dan lainnya akan diteruskan ke fotosel yang akan mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan memberikan sinyal pada detektor sehingga berubah menjadi nilai serapan (nilai serapan) dari sampel sedangkan untuk perhitungannya menggunakan hukum Lambert-Beer (Amiliza Miarti & Leni Legasari, 2022).

b. X-Ray Diffraction (XRD)

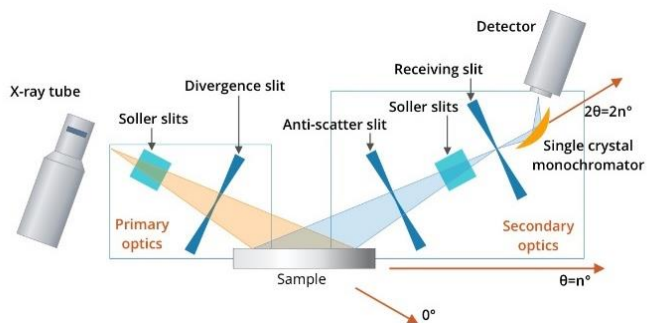
X-ray diffraction (XRD) merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. XRD biasanya digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam sampel dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain itu XRD dapat dimanfaatkan untuk mengetahui, seperti susunan berbagai atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal.

Prinsip kerja dari *X-ray diffraction* (XRD) adalah mendifraksi cahaya melalui celah kristal. Difraksi cahaya dapat terjadi apabila memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. XRD menggunakan radiasi sinar X, elektron dan neutron. Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum sinar X memiliki panjang gelombang 10-10 s/d 5-10 nm, berfrekuensi 10¹⁷-10²⁰ Hz dan memiliki energi 10³-10⁶ eV (Maghfury, 2020). Sinar X akan berinteraksi dengan sampel kemudian sebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan dihamburkan terdifraksi. Hasil hamburan terdifraksi ini yang akan terdeteksi oleh XRD (Hakim et al., 2019). Prinsip kerja XRD

ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan hasil difraktogram zeolit A ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hasil Difraktogram Metakaolin dan Zeolit A ((Bagus et al., 2020)



Gambar 2.5 Prinsip kerja XRD

Penelitian sebelumnya Bagus et al., (2020) menunjukkan difraktogram metakaolin memiliki puncak dengan intensitas tertinggi pada $2\theta = 19,68$; $20,86$; dan $26,63^\circ$, berdasarkan data tersebut dapat

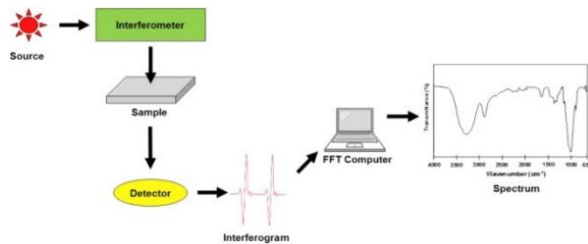
disimpulkan metakaolin memiliki sifat fasa amorf. Hal ini berbeda dengan analisis difaktogram zeolit A yang memiliki puncak dengan intensitas tertinggi pada $2\theta = 7,20; 10,18; 12,48; 21,68; 23,99; 26,64; 27,10; 29,94; 32,54$ dan $34,18$.

c. Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah memiliki manfaat untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks. Kelebihan dari FTIR dapat menganalisis campuran dalam sampel tanpa merusak struktur kimia pada sampel. FTIR memiliki daerah inframerah pada spektrum bilangan gelombang elektromagnetik sebesar $14000\text{ cm}^{-1} - 10\text{ cm}^{-1}$ atau berkisar $2,50\text{-}50\text{ }\mu\text{m}$. Penampang prinsi kerja FTIR ditunjukkan pada Gambar 2. 7

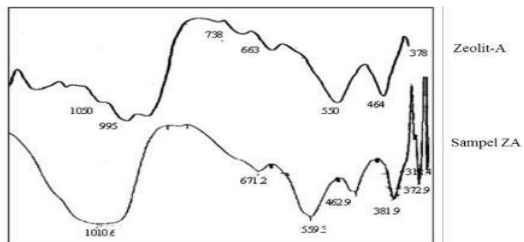
Prinsip kerja pada FTIR yaitu terjadi interaksi antara energi dan materi. Sampel akan dilewati *infrared* melalui celah yang berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang terdapat pada sampel. Sebagian *infrared* akan diserap oleh sampel dan lainnya akan di transmisikan melalui permukaan

sampel sehingga dapat menembuus detektor dan sinyal yang terukur akan dikirim ke komputer kemudian terekam dalam bentuk puncak-puncak (Wulan Sari et al., 2018). Pada Gambar 2.8 merupakan spektra FTIR pada zeolit A



Gambar 2.8 Penampang prinsip kerja FTIR (Mohamed et al., 2017)

B. Kajian Riset



Gambar 2.7 Spektra FTIR zeolit A (Saraswati, 2015)

Relevan

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan pupuk (NPK) lepas lambat yang dienkapsulasi oleh nanokomposit berbasis karboksimetil selulosa dengan

fungsi retensi air dalam tanah oleh Olad et al., (2018) menggunakan formulasi SCMC-g poly (AA)/PVP/silika (Hyd/PVP/silika). Diperoleh hasil pengujian terhadap tanah yang dimodifikasi Hyd/PVP/silika/NPK memiliki perilaku resistensi air yang lebih baik dibandingkan hidrogel murni (Hyd/NPK) sehingga dapat mengurangi frekuensi irigrasi dan dapat meningkatkan kemampuan tanaman melawan kekeringan. Berdasarkan hasil pengujian lepas lambat untuk NPK murni larut dalam kurun waktu 4 jam, sedangkan untuk formulasi Hyd/NPK, Hyd/PVP/NPK, dan Hyd/PVP/silika/NPK pada hari pertama, satu minggu, dan satu bulan masing-masing adalah sekitar 14,6%, 16,7%, 29% dan 27,6%, 34,6%, 56,4% dan 54,6%, 72,3%, 83,6%. Hasil pengujian lepas lambat ini sesuai dengan standar pupuk lepas lambat *Committee of European Normalization* (CEN).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Senna et al., (2015) melakukan formulasi hidrogel yang berasal dari selulosa asetat sebagai subtrat pupuk lepas lambat NPK dan retensi dalam air. Hasil pengujian dengan penambahan sampel pupuk yang mengandung 104,1 mg ammonium/g ; 162,2 mg fosfat/g; dan 340,1 mg kalium/g diperoleh persentase pelepasan sebesar 96,1% (NH_4), 90,4% (H_2PO_4^-) dan 97,2% (K^+). Berdasarkan hasil lepas lambat selulosa asetat yang dimodifikasi memiliki kemampuan penyerapan air

yang baik, sesuai dengan hasil uji memiliki kapasitas untuk lepas lambat dan retensi.

Pada penelitian Betriani et al., (2023) dilakukan sintesis zeolit/NPK yang dilapisi Cu-Alginat-PVA-Glutaraldehyd sebagai pupuk lepas lambat. Dalam penelitian ini Cu dan glutaraldehyd digunakan sebagai *crosslinkers*. Variasi Cu yang digunakan dalam uji lepas lambat Cu-Alginat-PVA-Glutaraldehyd sebesar 0,00, 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 dan 1,00 M. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari ke-7 diperoleh kesimpulan bahwa penambahan Cu akan meningkatkan daya serap air seperti yang terjadi pada variasi 0,60, 0,80, dan 1,00 M. Penambahan Cu dengan hasil yang optimal ditunjukkan pada variasi 0,40 M. Penambahan Cu diatas 0,40 M akan mengurangi interaksi antara PVA dan alginat yang dapat menyebabkan ikatan antara PVA-glutaraldehyd dengan komposit melemah sehingga daya serap air meningkat akan mempercepat laju pelepasan unsur hara NPK. Variasi konsentrasi Cu mempengaruhi kadar N yang dilepaskan pada pupuk zeolit/NPK tanpa bahan pelapis melepaskan 15,04 mg/0,20 g pupuk N pada hari ke-3, dan pelepasan konstan terjadi pada hari ke-12 sebanyak 16,02 mg/0,20 g pupuk N. Pupuk zeolit/NPK yang dilapisi Cu-Alginat-PVA-Glutaraldehyd 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 dan 1,00 M masing-masing melepaskan 15,67 mg/0,20 g; 12,98 mg/0,20 g; 15,50 mg/0,20 g; 15,95 mg/0,20 g; 15,95

mg/0,20 g. Dari hasil pengujian disimpulkan pelepasan N minimum terjadi pada penambahan Cu 0,4 M karena ikatan silang yang terbentuk paling kuat.

Rahmat et al., (2015) melakukan penelitian terkait efektivitas pupuk nano urea berbasis aminopropyltrimethoxysilane (APTMS)-zeolite sebagai pupuk lepas lambat. Pengujian dilakukan dalam media air, urea tanpa modifikasi zeolit dilepaskan hingga batas 100% dalam waktu 10 menit, sedangkan urea dengan modifikasi zeolit APTMS dilepaskan sekitar 56,24% pada 120 menit. Pengujian zeolit modifikasi APTMS dilakukan dalam larutan NaCl 1M diperoleh hasil pelepasan 100% dalam waktu 120 menit. Zeolit yang termodifikasi APTMS memiliki daya absorpsi sebesar 3,668 mg/g, sedangkan zeolit tanpa modifikasi memiliki daya absorpsi sekitar 0,243 mg/g. Penyerapan pada zeolit yang termodifikasi terjadi pada saat urea masuk ke dalam pori zeolit melalui jangkar aminopropil maupun interaksi elektrostatis pada permukaan zeolit termodifikasi.

Menurut penelitian yang dilakukan (Darojah & Kusumastuti, 2018) dalam Penggunaan zeolit A termodifikasi *Hexa decil trimetil ammonium* (HDTMA) sebagai *slow release fertilizer*. Dalam pengujian dilakukan variasi komposisi SRUF yaitu: 1:1, 3:2, 2:1, hasil kandungan nitrogen dari masing-masing komposisi 0,4964% ; 0,5390%; 0,5744%. Zeolit A memiliki kemampuan menyerap unsur nitrogen dalam tanah atau pupuk. Modifikasi pada zeolit dengan HDTMA akan

memperluas daerah penyerapan.

C. Hipotesis

Alginat merupakan polimer alami yang memiliki sifat mudah membentuk gel, mampu berikatan silang, dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang panjang. Namun, alginat memiliki kekuatan mekanik yang rendah dan mudah mengalami pembengkakan. Zeolit A telah diketahui memiliki sifat mekanik baik, mampu mengikat kation lain, dan relatif lebih stabil. Kemampuan mengikat ion dengan baik akan meningkatkan sifat mekanik dari alginat. Dengan demikian, jika dilakukan pembuatan *beads* antara alginat dan zeolit A maka pelepasan nitrogen menjadi lebih lambat dari pupuk NPK konvensional.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan April 2024 sampai dengan bulan Juni 2025. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang sebagai tempat penelitian awal seperti preparasi sintesis zeolit A, sintesis beads zeolit A-alginat-NPK, dan uji lepas lambat. Perlakuan karakterisasi dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, gelas *beaker*, cawan porselin, ayakan 80 *mesh*, timbangan, *furnace*, gelas arloji, spatula, batang pengaduk, oven, kertas saring, *syringe*, set alat *refluks*, dan *magnetic stirrer* DLAB. Instrumen yang digunakan yaitu spektrofotometer *Ultraviolet Visible* (UV-Vis) Orion Aquamate 8000, Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Alpha II bruker di UIN Walisongo Semarang dan *X-Ray Diffraction* (XRD) Panalytical Type X'Pert 3 Power di BRIN Bandung dan

UPN Yogyakarta.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa pupuk NPK konvesional 16-16-16, natrium alginat p.a (Merck), kaolin (CV Prima Kimia, Surabaya), natrium hidroksida 10% (NaOH) (Merck), kalsium klorida dihidrat 6% ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Merck), serbuk p-DAB (*para-dimetil amino benzaldehid*) (Merck), asam klorida 0,1 M (HCl) (Merck), etanol p.a (Merck) ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), dan akuades.

C. Prosedur Kerja

1. Sintesis zeolit A

Sintesis zeolit A dilakukan dengan metode kalsinasi, sesuai dengan yang telah dilakukan oleh Bagus et al., (2020). Perlakuan awal dengan penimbangan kaolin sebanyak 100 gram diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Setelah itu kaolin dipanaskan menggunakan *furnance* pada temperatur 700°C selama 1 jam. Hasil pemanasan kaolin akan terbentuk metakaolin. Metakaolin yang dihasilkan dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Metakaolin ditimbang sebanyak 30 gram kemudian ditambahkan NaOH dengan menggunakan perbandingan metakaolin : NaOH = 1 gram : 5 mL. Lalu campuran dimasukkan ke dalam

labu alas bulat dan dilakukan refluks pada temperatur 70°C selama 5 jam. Hasil dari proses refluks berupa terbentuk fasa solid yang selanjutnya dicuci menggunakan akuades hingga pH mendekati netral. Padatan yang dihasilkan dipanaskan untuk menghilangkan kadar air di dalamnya menggunakan oven pada temperatur 120°C selama 5 jam (Darojah & Kusumastuti, 2018). Zeolit A yang dihasilkan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.

2. Pembuatan *Beads* Alginat-NPK, dan Zeolit-Alginat-NPK

Pembuatan *beads* NPK, NPK-alginat, dan NPK-alginat-zeolit A dilakukan dengan komposisi sesuai pada Tabel 3. 1 :

Tabel 3.1 Komposisi *beads* NPK, alginat-NPK, dan zeolit A-alginat-NPK

	NPK	NPK-Alginat	NPK-Alginat-Zeolit A
Pupuk NPK	6 gram	6 gram	6 gram
Alginat	-	0,75 gram	0,75 gram
Zeolit A	-	-	2,25 gram

Campuran zeolit A-alginat-NPK dibuat kosentrasi di atas, masing-masing dilakukan pencampuran bertahap. Campuran alginat dan akuades dilakukan

pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam kemudian larutan NPK-zeolit A diaduk selama 1 jam. Volume total dari kedua larutan adalah 50 mL, kedua campuran yang dihasilkan disatukan dan diaduk selama 2 jam. Larutan yang dihasilkan dilakukan proses ekstruksi menggunakan *syringe* 10 mL ke dalam larutan CaCl_2 6%, selama proses ekstruksi campuran dilakukan pengadukan perlahan menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian *beads* yang dihasilkan dilakukan perendaman selama 24 jam untuk memperkuat *beads*. Setelah perendaman *beads* dibilas menggunakan akuades dan dilakukan pengeringan menggunakan oven pada temperatur 60° selama 24 jam. Dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan XRD dari *beads* yang terbentuk.

3. Pengujian Lepas Lambat *Beads* NPK, Alginat-NPK, dan Zeolit-Alginat-NPK

Penentuan Bilangan Gelombang Maksimum

Larutan pengompleks dibuat dengan melarutkan 1 gram PDAB dengan 50 mL etanol dan 10 mL HCl kemudian diaduk hingga homogen. Larutan standar urea 500 mg/L dibuat dengan cara melarutkan 0,0553 gram pupuk urea dengan 100 mL akuades. Kemudian diambil 4 mL larutan standar urea 500

mg/L ditambahkan 6 mL larutan pengompleks ke dalam labu ukur 10 mL. Blangko dibuat dengan melarutkan 4 mL akuades dengan 6 mL larutan pengompleks. Setiap larutan didiamkan selama 1 jam hingga reaksi pengompleks maksimal. Masing-masing larutan yang sudah didiamkan dihitung absorbansinya pada panjang gelombang 400-500 nm interval 1 nm menggunakan spektrofotometer *Ultraviolet Visible* (UV-Vis) (Azizati, 2018).

Pembuatan Larutan Standar

Sebanyak 0,0553 gram urea dilarutkan menggunakan akuades dalam labu takar 100 mL. Larutan induk urea diencerkan menjadi 200, 250, 300, 350, 400 dan 500 mg/L. Dari masing-masing larutan dilakukan pengambilan sebanyak 4 mL dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks sehingga konsentrasi larutan urea menjadi 80, 100, 120, 140, 160, dan 200 mg/L. Larutan yang dihasilkan didiamkan terlebih dahulu selama 1 jam agar reaksi berlangsung sempurna. Kemudian dilakukan absorbansi larutan pada λ maksimum (Azizati, 2018). Penggunaan larutan standar urea dikarenakan NPK tidak dapat larut sempurna untuk membuat larutan standar, serta N yang berikatan dengan p-DAB berjumlah satu.

Penentuan Kadar Nitrogen yang Terlepas dalam NPK, Alginat-NPK, dan Zeolit A-Alginat-NPK pada Waktu 24 Jam

Sebanyak 0,25 g sampel pupuk lepas lambat NPK, alginat-NPK, dan zeolit A-alginat-NPK dihaluskan, selanjutnya dilarutkan ke dalam 12,5 mL akuades dan ditunggu hingga 24 jam hingga homogen. Masing-masing larutan diambil 4 mL dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks untuk menganalisis kandungan N yang terdapat di dalam pupuk lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang terlihat dalam spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum (Hasibuan et al., 2023).

Uji Lepas Lambat *Beads* NPK, Alginat-NPK dan Zeolit A-Alginat-NPK

Masing-masing *beads* direndam dalam 12,5 mL akuades, setiap sampel diambil 0,25 g sampel kering dan dimasukkan ke dalam labu berbentuk kerucut yang berisi 12,5 mL aquades. Sebanyak 4 mL larutan diambil pada kurun waktu tertentu, yaitu pada 5, 10, 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. Larutan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks untuk dianalisis kandungan N yang terdapat dalam pupuk lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang muncul pada spektrofotometer UV-Vis pada λ maksimum

(Hasibuan et al., 2023).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan untuk membuat pupuk lepas lambat dengan matriks zeolit A sebagai agen pelepas lambat. Pupuk lepas lambat disintesis dengan penambahan bahan lain seperti pupuk NPK konvensional 16 : 16 : 16 dan alginat sebagai *coating* agen. Dalam penelitian ini dilakukan variasi NPK : NPK, alginat : NPK, alginat, zeolit A untuk perbandingan lebih efektif dalam pelepas lambat. Pupuk lepas lambat yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan instrument spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR), uji lepas lambat menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan XRD.

A. Preparasi Zeolit A

Dalam penelitian ini zeolit A disintesis dari kaolin dengan metode kalsinasi untuk mengubah kaolin menjadi metakaolin. Kaolin dikalsinasi untuk menghilangkan hidrogen dan rangka oksigen. Reaktivitas kaolin dapat ditingkatkan dengan diubah menjadi metakaolin. Aktivasi kaolin dapat meningkatkan situs aktif permukaan kaolin dan menghilangkan pengotor. Kaolin dikalsinasi pada temperature 700°C selama 1 jam.

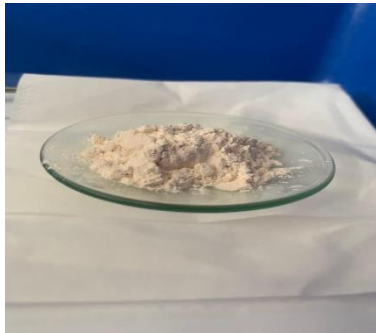
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Khaled et al., (2023) suhu optimum untuk mengubah kaolin menjadi metakaolin berada pada temperatur 600-700°C dengan

selang waktu selama 1 jam. Pada proses dehidroksilasi terjadi perubahan kaolin menjadi alumina amorf dan silika amorf. Dehidroksilasi kaolin menjadi metakaolin dapat dilihat dari persamaan 4.1 berikut ini :



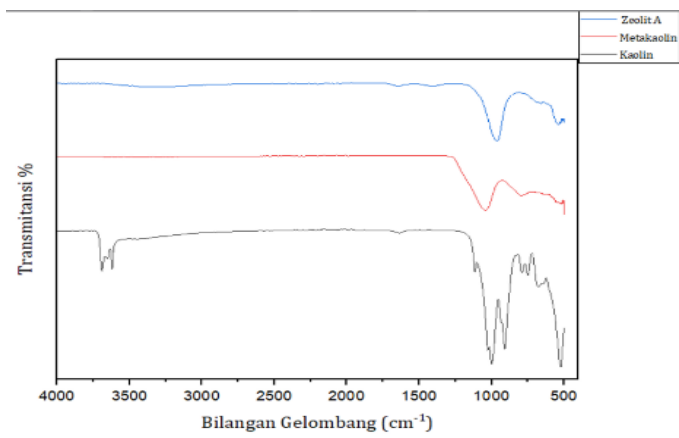
Hasil kalsinasi yang diperoleh dilakukan refluks menggunakan NaOH. Penggunaan NaOH sebagai aktivator alkali berperan dalam menciptakan suasana basa dan untuk melarutkan silika serta alumina dalam metakaolin yang akan membentuk zeolit A (Khaled et al., 2023). Penambahan NaOH juga berfungsi untuk mempercepat proses kristalisasi serta sebagai metalizer untuk menetralkan muatan negatif pada susunan alumino-silikat yang terdapat pada kristal zeolit dan sebagai penyedia ion Na^+ dalam pembentukan zeolit (Permata et al., 2021). Keadaan basa yang diciptakan oleh NaOH akan membentuk ion Si dalam $\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_4^{4-}$ dan Al $(\text{OH})_4^-$ sehingga dapat terbentuk zeolit (Febrianti et al., 2022).

Endapan yang diperoleh dibilas menggunakan akuades untuk menghilangkan pengotor, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 120°C selama 5 jam sehingga diperoleh zeolit A. Proses pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kadar air serta penganggu yang bersifat volatil. Zeolit A hasil sintesis dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Zeolit A

Zeolit A yang dihasilkan memiliki warna putih. Kaolin yang telah dikeringkan memiliki berat akhir sebesar 28 gram, dengan rendemen sebesar 93,3% terhadap berat awal. Zeolit A diayak menggunakan ayakan 80 mesh agar memiliki ukuran yang seragam. Padatan hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui kristalinitas yang terbentuk. Gugus fungsi yang terbentuk pada zeolit A dilihat menggunakan spektrofotometer FTIR. Hasil spektra FTIR pada zeolit A dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Spektrum FTIR kaolin, metakolin, dan zeolit A

Tabel 4.1 Hasil spektrum FTIR kaolin, metakaolin, zeolit A

NO	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
		Rentang (cm ⁻¹)	Hasil sintesis (cm ⁻¹)
1.	Vibrasi - OH	3600-3800	3688,80
2.	Vibrasi Si-O	600-1200	1119,40
3.	Vibrasi Si-O-Si	900-1200	997,01
4.	Vibrasi Al-O-OH	700-1200	911,19
5.	Vibrasi Si-O-Al	700-1100	788,80
6.	Vibrasi Si-O-Al	700-1100	751,49

7.	Vibrasi Si-O-Al	500-1300	678,35
8.	Vibrasi Si-O-Al	500-1300	524,62
9.	Vibrasi ulur asimetris Si-O dan Al-O	900-1250	966,41
10.	Vibrasi tekuk T-O-T	420-550	543,28

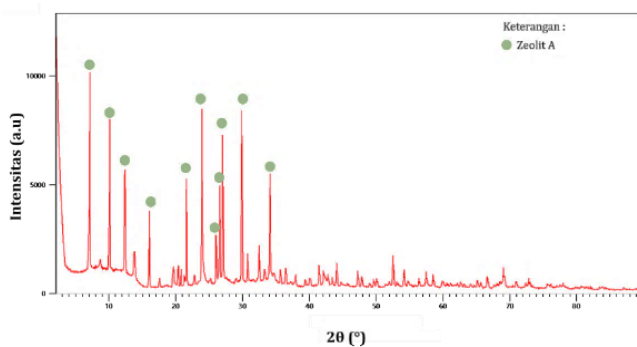
(Setiawati et al., 2015)

(Yunita et al., 2019)

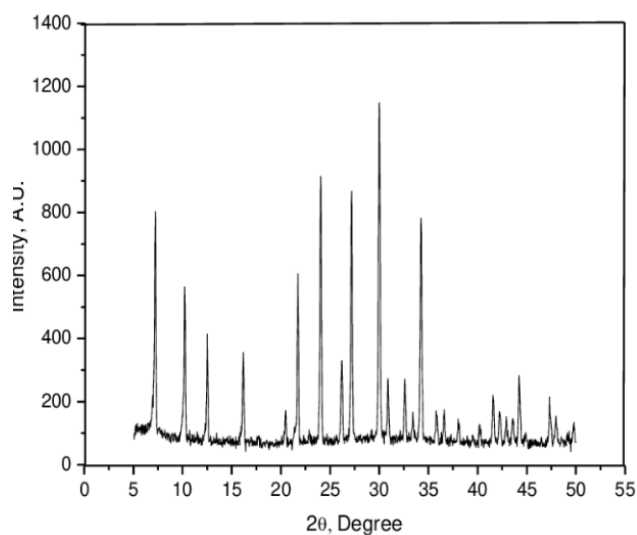
(Jayana et al., 2024)

Hasil spektrum FTIR dari kaolin, metakaolin dan zeolit A memiliki puncak serapan yang berbeda. Kaolin memiliki puncak serapan yang berada pada bilangan gelombang $3688,80 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi -OH, berdasarkan penelitian Meite et al., (2018) didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda sebesar 3668 cm^{-1} menemukan adanya vibrasi -OH. Puncak serapan pada $1119,40 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya bilangan gelombang vibrasi Si-O (Meite et al., 2018). Puncak serapan pada $997,01 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya bilangan gelombang vibrasi Si-O-Si (Meite et al., 2018). Puncak serapan $911, 19 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya bilangan gelombang vibrasi Al-O-H

atau hidroksil aluminium (Meite et al., 2018). Puncak serapan pada $788,80\text{ cm}^{-1}$, $751,49\text{ cm}^{-1}$, $678,35\text{ cm}^{-1}$, $524,62\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya bilangan gelombang vibrasi Si-O-Al yang memiliki rentang 1000-700 (Meite et al., 2018). Pada metakaolin terjadi perubahan yang besar karena proses dehidroksilasi yang terjadi, sehingga gugus -OH sudah tidak terdeteksi yang berarti proses dehidroksilasi telah terjadi. Proses dehidroksilasi akan mengubah struktur kaolin dari kristal menjadi amorf. Terjadi pergeseran puncak serapan dengan penurunan kurva yang tajam pada metakaolin sebesar $1046,26\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi Si-O (Król & Rożek, 2018). Zeolit A memiliki puncak serapan pada $966,41\text{ cm}^{-1}$ dengan adanya bilangan gelombang vibrasi ulur asimetris Si-O dan Al-O dari alumino silikat (Saraswati, 2015). Puncak serapan ini menunjukkan zeolit hasil sintesis. Puncak serapan pada $543,28\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi tekuk cincin ganda empat anggota (D4R) yang merupakan karakteristik khas dari struktur zeolit A (Saraswati, 2015). Vibrasi tekuk ini berasal dari T-O-T (T = Si atau Al) dalam struktur zeolit A. Gambar 4.3 dan Gambar 4. 4 ditunjukkan difaktogram zeolit A Sintesis dan Standar



Gambar 4.3 Difaktogram zeolit A hasil sintesis



Gambar 4.4 Difaktogram zeolit A sintesis Penelitian (Al-Jubouri et al., 2018)

Tabel 4.2 Perbandingan zeolit A sintesis dan standar ASTM

Zeolit A Sintesis		Zeolit A Sintesis
Hasil Penelitian	ASTM no. 39-222	(Setiawati <i>et al.</i> , 2015)
2 θ	2 θ	2 θ
7.121	7.17	7.1290
10.101	10.15	10.1055
12.394	12.45	12.3877
16.041	16.09	16.0506
21.601	21.64	21.6059
23.920	23.96	23.9116
26.039	26.00	26.0572
27.046	27.08	27.0328
29.871	29.91	29.8637
34.107	34.15	34.0864

Pengujian menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas suatu senyawa dalam sampel. Hasil difaktogram XRD menunjukkan perubahan kisi pada kristal berdasarkan sudut 2 θ . Berdasarkan hasil difaktogram pada gambar menunjukkan puncak-puncak 2 θ pada zeolit A. Hasil difaktogram zeolit A dibandingkan dengan XRD dari standar ASTM no. 39-222 untuk standar zeolit A yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

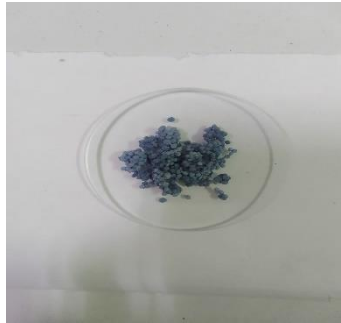
Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai sudut 2 θ pada zeolit A sintesis sesuai dengan puncak difraksi

zeolit A standar. Kemunculan puncak-puncak tajam pada difaktogram zeolit A menunjukkan kristalinitas yang tinggi. Kesesuaian posisi puncak 2θ zeolit A sintesis dengan standar referensi ASTM no. 39-222 mengindikasikan bahwa struktur kristalin zeolit A berhasil terbentuk.

D. Pembentukan *Beads* NPK-Alginat

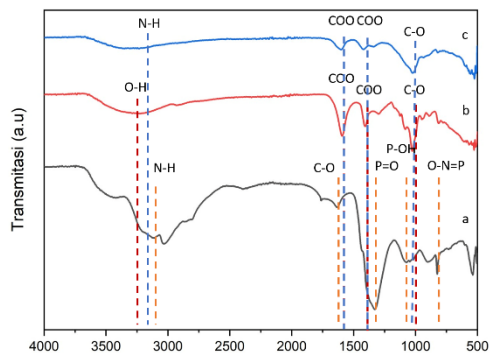
Beads dibuat menggunakan metode ekstruksi dengan bantuan *syringe* dan *crosslink* agen CaCl 6%. *Crosslink* agen dapat meningkatkan kekuatan mekanik, meningkatkan resistensi terhadap air, dan menguatkan ikatan matriks (Sawitri, Manik Eirry Manab, 2009). *Beads* dibuat dengan komposisi NPK-alginat, 6:0,75 (w/w). Perbedaan ini akan menunjukkan efektivitas penambahan polimer pada pupuk NPK untuk mendapatkan pupuk dengan pelepasan nitrogen yang lebih lambat. Alginat sebagai polimer yang akan membentuk hidrogel yang memiliki gugus karboksilat yang reaktif terhadap ion NH_4^+ dan gugus hidroksil yang mampu berinteraksi membentuk ikatan hidrogen.

Hasil *beads* memiliki warna biru pekat karena adanya zat perwarna yang terkandung dalam pupuk NPK. Hasil *beads* NPK-alginat setelah dikeringkan memiliki berat akhir 3 gram. Gambar 4.5 menunjukkan *beads* NPK-alginat.



Gambar 4.5 *Beads* alginat-NPK

Beads yang dihasilkan dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengamati gugus fungsi yang terdapat pada *beads* alginat-NPK. Hasil karakterisasi spektra FTIR pada *beads* ditunjukkan pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6 Spektrum FTIR (a) NPK, (b) Alginat, (c) *Beads* alginat-NPK

Tabel 4.3 Hasil spektrum FTIR *beads* alginat-NPK

Bilangan Gelombang (cm^{-1})			
No	Gugus	Rentang (cm^{-1})	Hasil Sintesis (cm^{-1})
1.	Vibrasi N-H	2500-3500	3355,98
2.	Vibrasi asimetris karboksilat (C=O)	1500-1700	1600,48
3.	Vibrasi asimetris karboksilat (C=O)	1500-1700	1418,56
4.	Vibrasi HO- P-OH	1000-1200	1022,22
5.	Vibrasi N-H	3000-3500	3111,58
6.	Vibrasi C-O	1400-1700	1655,92
7.	Vibrasi P=O	1300-1600	1328,54
8.	Vibrasi O-N=P	820-860	824,22

(Devi et al., 2018)

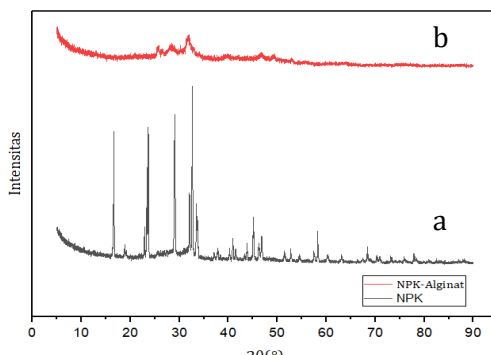
(Nooeaid et al., 2024)

(Suratman et al., 2020)

Berdasarkan hasil analisis spektrum FTIR dari *beads* alginat-NPK dan NPK ditunjukkan pada tabel. Pada hasil spektrum NPK gugus karakteristik muncul pada bilangan gelombang 3111,58 ; 1655,92; 1328,54; 824,22; 1022,22 ditandai dengan adanya gugus vibrasi N-H, C-O, P-OH, O-N=P dan HO-P-OH.

Pada *beads* alginat-NPK puncak serapan berada pada

bilangan gelombang $3355,98 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi -NH. Pergeseran pada gugus NH dari $3111,58 \text{ cm}^{-1}$ ke $3355,98 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan alginat telah berikatan dengan NPK. Pembentukan *beads* mempengaruhi hasil spektrum FTIR, karena terjadi ikatan silang antara alginat dan NPK. Ikatan silang ditandai dengan munculnya puncak dengan karakteristik tambahan. Puncak serapan pada bilangan gelombang $1600,48 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi asimetris -COO. Pada panjang gelombang tersebut menunjukkan serapan kuat dan khas dari alginat. Pada bilangan gelombang $1418,56 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi simetris -COO yang lemah. Adanya gugus -COO menunjukkan alginat telah berhasil berikatan dengan NPK. Hasil *beads* dilakukan analisis XRD ditunjukkan pada Gambar 4.7



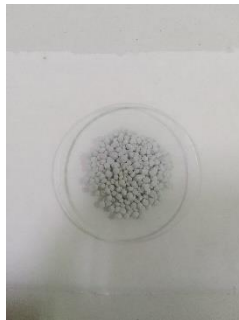
Gambar 4.7 Hasil Difaktogram XRD (a) NPK dan (b) *Beads* alginat-NPK

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui kemurnian, serta pembentukan fasa. Berdasarkan hasil difaktogram pada *beads* alginat-NPK menunjukkan adanya puncak tajam yang dipengaruhi oleh kristalinitas dari NPK. Analisis puncak 2θ pada *beads* alginat-NPK $2\theta = 16,6013^\circ, 23,4742^\circ, 23,71061^\circ, 29,1262^\circ$. Difaktogram diatas menunjukkan kristalinitas dari NPK sesuai dengan penelitian Olad et al., (2018) dengan 2θ berada pada 29° . Alginat memiliki bentuk fasa amorf dengan kristalinitas yang rendah dengan puncak lebar berada pada $2\theta = 23^\circ$, puncak tersebut juga mendekati pola karakteristik dari polisakarida sebesar 21° (Salama et al., 2018). Pola difraksi alginat ini sesuai dengan penelitian Kane et al., (2016) yang menunjukan struktur amorf alginat pada $2\theta = 22,89^\circ$. Pada saat adanya penambahan alginat difaktogram cenderung menunjukkan keadaan amorf dengan adanya puncak tajam dari NPK.

E. Pembuatan *Beads* zeolit A-alginat-NPK

Zeolit A merupakan komposit anorganik yang memiliki luas permukaan tinggi dan kemampuan tukar kation yang baik. Zeolit telah banyak diaplikasikan dalam pupuk lepas lambat dan sebagai bahan adsorpsi, karena adanya luas permukaan yang dimiliki. Zeolit telah banyak diaplikasikan dalam bidang pertanian salah satunya untuk meningkatkan kapasitas resitensi nutrisi dengan pelepasan yang lebih lambat, dan mengurangi pencucian nitrogen.

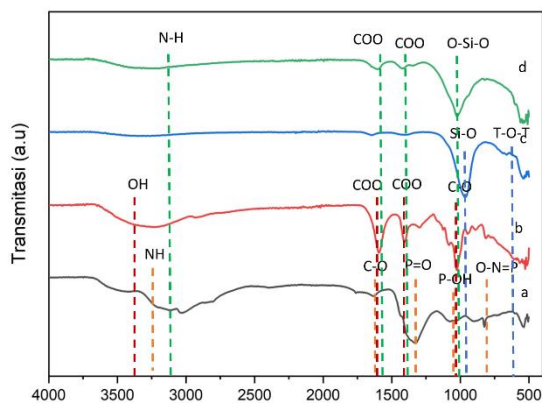
Penambahan zeolit A dalam penelitian memiliki tujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik alginat dan untuk meningkatkan kapasitas lepas lambat. Penambahan zeolit A dibuat dalam *beads* dengan konsentrasi sebesar 2,25 gram zeolit A : 0,75 gram alginat : 6 gram pupuk NPK. Dengan adanya penambahan zeolit A diharapkan mampu menurunkan laju pelepasan yang lebih lambat. Hasil *beads* dari zeolit A-alginat-NPK ditunjukkan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 *Beads* zeolit A-alginat-NPK

Penambahan zeolit A untuk memperkuat sifat mekanik pada alginat dan sebagai agen tukar kation. Pembuatan *beads* zeolit A-alginat-NPK menggunakan metode yang sama seperti pembuatan *beads* alginat-NPK. Komposisi dan bahan dasar sama, tetapi terdapat penambahan zeolit sebesar 2,25 gram. Dengan dibentuk menggunakan *syringe* dan *crosslink* agen CaCl_2 6%. Hasil *beads* memiliki warna kebiruan lebih muda karena adanya penambahan zeolit A sehingga warna yang dihasilkan lebih pudar. Berat akhir

yang dihasilkan dari *beads* zeolit A-alginat-NPK sebesar 5 gram. Masing-masing *beads* dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengamati gugus fungsi yang terdapat pada setiap *beads*. Hasil karakterisasi spektrum FTIR pada masing-masing *beads* ditunjukkan pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Spektrum FTIR (a) NPK, (b) Alginat, (c) Zeolit A, (d) *Beads* zeolit A-alginat-NPK

Berdasarkan hasil Tabel 4.4 spektrum FTIR menunjukkan puncak serapan dengan variasi zeolit A-alginat-NPK. Pada puncak serapan $3231,97 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi -NH. Pergeseran NH terjadi dilihat dari hasil FTIR NPK berada pada bilangan gelombang $3111,58 \text{ cm}^{-1}$. Bilangan gelombang $1601,13 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan kuat asimetris gugus -COO,

sedangkan pada bilangan gelombang $1421,25\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan lemah simetris -COO . Keduanya mengidentifikasi adanya alginat dalam *beads* tersebut. Puncak serapan yang menunjukkan adanya zeolit terlihat pada bilangan gelombang $1023,58\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi asimetrsi O-Si-O/O-Al-O . Terjadi ikatan hidrogen antara alginat dan zeolit A tetapi dalam spektrum FTIR tidak menunjukkan adanya gugus -OH karena adanya tumpang tindih dengan gugus -NH yang memiliki bilangan gelombang sama diantara $2500\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$.

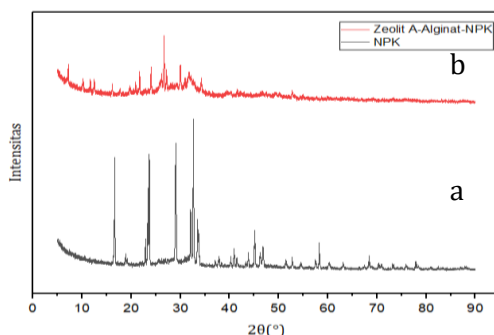
Tabel 4.4 Hasil spektrum FTIR beads zeolit A-alginat-NPK

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang cm^{-1}	
		Rentang cm^{-1}	Hasil Sintesis cm^{-1}
1.	Vibrasi N-H	3200-3600	3231,97
2.	Vibrasi asimetris karboksilat (C=O)	1300-1700	1601,13
3.	Vibrasi asimetris karboksilat (C=O)	1200-1400	1421,25
4.	Vibrasi asimetris O-Si-O/ O-Al-O	100-1200	1023,58

(Pasanda & Azis, 2018)

(Saraswati, 2015)

Hasil *beads* dilakukan analisis menggunakan XRD ditunjukkan pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Difaktogram (a) NPK, (b) *Beads* zeolit A-alginat-NPK

Berdasarkan hasil difaktogram pada Gambar 4.10 menunjukkan adanya puncak yang muncul. Hasil analisis didapatkan $2\theta = 21,6034^{\circ}$; $24,0257^{\circ}$; $26,5858^{\circ}$; $30,1305^{\circ}$. Puncak 2θ tertinggi terjadi karena adanya zeolit A dalam *beads*. Berdasarkan ASTM no.39-222 zeolit A memiliki beberapa puncak yaitu $23,96^{\circ}$; $26,00^{\circ}$; $27,08^{\circ}$; $29,91^{\circ}$; $34,15^{\circ}$ (Yani et al., 2013). Pada difaktogram menunjukkan puncak kecil yang muncul karena adanya NPK dan terdapat fasa amorf karena adanya alginat dalam *beads*. Penelitian yang dilakukan Betriani et al., (2023) menunjukkan 2θ pada zeolit berada pada $27,73^{\circ}$ dan fasa amorf alginat berada pada $2\theta = 2032,12^{\circ}$. Kandungan zeolit A yang lebih banyak dari alginat memungkinkan zeolit A akan menutupi alginat sehingga cenderung mendominasi.

Berdasarkan hasil XRD puncak zeolit A tetap terlihat menunjukkan zeolit A stabil dalam pupuk NPK serta adanya pelapisan tidak mempengaruhi struktur dari zeolit A.

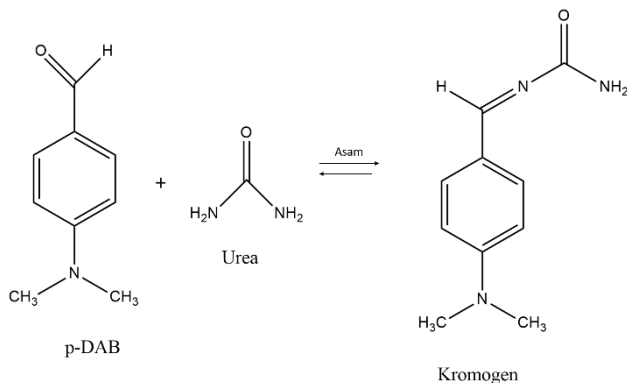
F. Analisis Kadar N dalam *Beads* Alginat-NPK dan Zeolit A-Alginat-NPK

Pengujian kadar nitrogen (N) total dalam beads bertujuan untuk mengetahui jumlah nitrogen (N) yang terkandung dalam pupuk NPK sebelum dilakukan pengujian lepas lambat. Analisis kadar nitrogen (N) menggunakan instrumen spektrofotometer Uv-Vis dengan kurva standar yang dibuat dari larutan standar urea dengan konsentrasi 80, 100, 120, 140, 160, dan 200 ppm. Kurva standar bertujuan untuk memudahkan dalam mengetahui konsentrasi suatu senyawa dengan menghitungnya melalui persamaan regresi dan sebagai acuan dalam penentuan konsentrasi pada sampel (Yoga, 2015).

Larutan standar urea dibuat dengan mereaksikan variasi sampel dengan reagen p-DAB. Reagen p-DAB memiliki tingkat sensitifitas tinggi, akurat, dan sederhana. Reagen p-DAB dalam media asam akan menghasilkan warna kuning dengan serapan pada bilangan gelombang 450 cm^{-1} (Darweesh & Dikran, 2018). Reaksi urea dengan p-DAB akan berbentuk ion amonium karena keadaan urea dalam air sudah terhidrolisis menjadi ion ammonium.

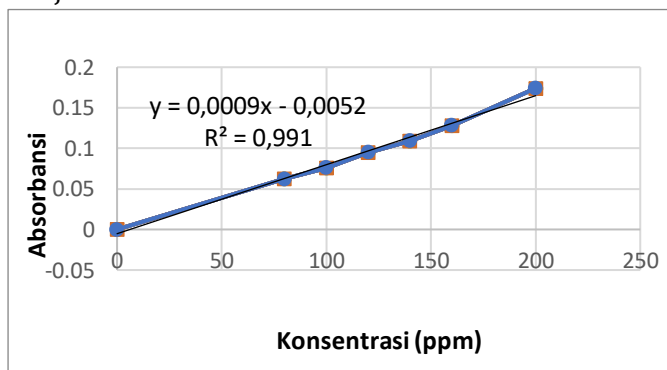
Reaksi yang terjadi antara urea dengan p-DAB akan

menghasilkan senyawa kromogen dengan warna kuning yang dapat terbaca dalam spektrofotometer Uv-Vis. Reaksi yang terjadi antara p-DAB dan urea karena adanya protonasi gugus dimetilamino yang menghasilkan muatan pada karbonil. Reaksi antara p-DAB dengan urea ditunjukkan pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Reaksi antara p-DAB dan urea

Hasil pengujian kurva standar urea yang digunakan ditunjukkan dalam kurva Gambar 4.12



Gambar 4.12 Kurva Standar Urea

Berdasarkan hasil pengujian kurva standar urea didapatkan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,991 dan persamaan garis $y = 0,0009x - 0,0052$. Kurva standar yang didapatkan akan menjadi acuan untuk menghitung kadar nitrogen (N) dalam *beads* dengan cara memasukkan nilai absorbansi pada masing-masing sampel dalam persamaan garis pada kurva standar urea. Hasil analisis kadar nitrogen (N) dalam *beads* ditunjukkan dalam Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Kadar N terloading dalam NPK, alginat-NPK, Zeolit A-alginat-NPK

No	Sampel	Kadar N (mg)	Kadar N (%)
1.	NPK	16,05	6,42
2.	NPK-alginat	10,15	4,06
3.	NPK-alginat-zeolit A	7,12	2,85

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.4 menunjukkan kandungan nitrogen (N) dalam *beads* menurun dengan adanya penambahan alginat dan zeolit A. Kadar nitrogen (N) yang terdapat dalam sampel pupuk NPK : alginat-NPK : zeolit A-alginat- NPK sebesar 6.42%, 4.05% dan 2.85%.

Penambahan alginat dan zeolit A mampu berinteraksi dengan nitrogen dalam pupuk NPK sehingga menurunkan konsentrasi yang dilepaskan. Alginat sebagai polimer yang mengandung gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) bersifat ionik mampu berikatan dengan NH_4^+ dalam pupuk NPK (Nooeaid et al., 2024). Interaksi antara alginat dan NPK ditunjukkan pada persamaan 4.2

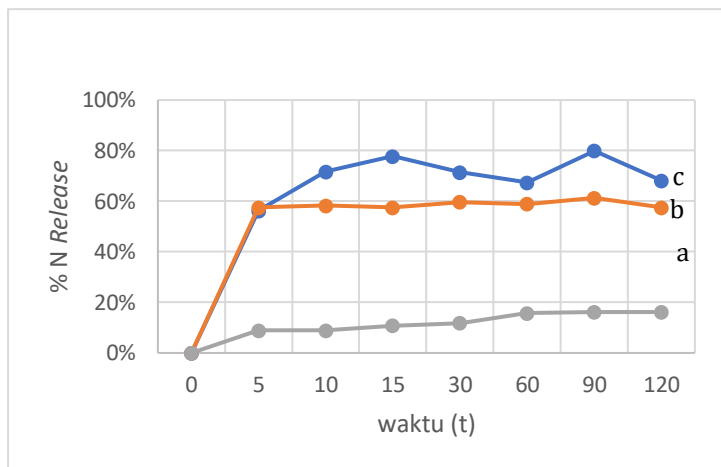


Berdasarkan penelitian yang dilakukan Astar (2022), ikatan antara alginat dengan nitrogen (N) dari pupuk teridentifikasi dengan adanya pergeseran pada hasil spektra FTIR. Berdasarkan penelitian sebelumnya ikatan hidrogen antara alginat dan nitrogen (N) juga terbentuk karena adanya pergeseran gelombang ke angka yang rendah (Astar, 2022). Penambahan alginat akan menurunkan kadar nitrogen (N) yang terlepas karena pelapis dapat menghambat laju difusi pelepasan nitrogen pada pupuk.

G. Pengujian Lepas Lambat *Beads* NPK, Alginat-NPK dan Zeolit A-Alginat-NPK

Pengujian lepas lambat pada setiap *beads* dilakukan dalam media air, dilakukan untuk mengetahui kemampuan lepas lambat nitrogen dalam masing-masing. Penggunaan media air karena ion NH_4^+ mudah larut atau tercuci dalam media air. Pada masing-masing variasi dilakukan uji lepas

lambat setiap menit ke-5, 10, 15, 30, 60, 90 dan menit 120. Pengujian juga dilakukan pada pupuk NPK konvensional bertujuan untuk melihat perbedaan diantara ketiga sampel. Pengujian dilakukan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis dengan mencari nilai absorbansi pada setiap sampel. Nilai absorbansi yang didapatkan akan dihitung jumlah kadar nitrogen yang terlepas dalam media air kemudian dimasukkan dalam persamaan garis pada kurva standar. Hasil uji lepas lambat beads alginat-NPK ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Hasil uji lepas lambat (a) *Beads* zeolit A-alginat-NPK, (b) *Beads* alginat-NPK, dan (c) NPK

Berdasarkan gambar 4.13 hasil uji lepas lambat *beads* alginat-NPK menghasilkan nilai pelepasan nitrogen lebih kecil dibandingkan dengan pupuk NPK konvensional. Hasil yang didapatkan yaitu, 57,56%, 58,24%, 57,56%, 59,61%,

67,33%, 61,32%, 56,57%. Untuk hasil *beads* alginat-NPK menunjukkan nilai absorbansi pelepasan yang lebih kecil sebesar, 57,56%, 58,24%, 57,56%, 59,61%, 58,93%, 61,32%, dan 57,56%. Pupuk NPK konvensional dapat larut dengan mudah dan kadar nitrogen yang terlepas memiliki nilai lebih tinggi. Faktor yang menyebabkan terjadinya karena pupuk NPK konvensional tidak memiliki pengikat yang berfungsi sebagai kontrol, sehingga nitrogen akan mudah mengalami pencucian dengan air.

Alginat memiliki sifat yang padat dan kuat sehingga pada saat direndam dalam air akan tetap kuat (El Bouchtaoui et al., 2022). Alginat memiliki kemampuan meningkatkan film dan meminimalkan porositas pelepasan sehingga memperlambat pelepasan nutrisi. Pupuk yang dilapisi akan memiliki kekuatan mekanik yang baik dan akan tahan lama selama waktu penyimpanan atau pengaplikasiannya. Laju lepas lambat juga bergantung pada ikatan yang terbentuk, kerapatan dan jumlah gugus fungsi pada polimer. Adanya gugus fungsi yang terdapat pada polimer akan mempengaruhi perilaku pembekakan, dan kinetika pelepasan. Alginat memiliki sifat fisikokimia yang berkaitan dengan kinerja *beads*.

Berdasarkan penelitian Kusumastuti et al., (2019) pupuk yang berlapis alginat memiliki laju lepas lambat paling lama karena alginat memiliki kepadatan muatan yang tinggi

dengan berat molekul yang lebih tinggi juga. Alginat juga memiliki komposisi dan porositas yang dapat diatur sehingga efektif untuk mengatur difusi nutrisi ke tanaman. Alginat memiliki kemampuan dalam pengikatan silang sehingga dalam pengaplikasiannya akan menghasilkan pelapis semipermeabel di sekitar pupuk.

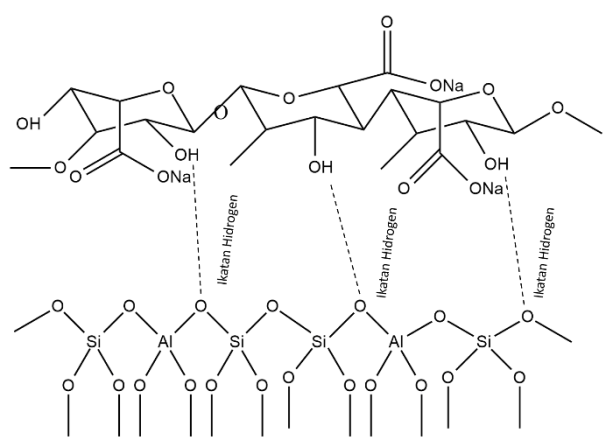
Menurut Chaudhary (2023) alginat melakukan pelepasan nutrisi melalui mekanisme difusi dan pertukaran ion. Air akan menembus lapisan, melarutkan nutrisi, dan akan berdifusi melalui matriks alginat. Laju pelepasan nutrisi pada alginat dapat diatur dengan beberapa parameter seperti, kandungan alginat, kepadatan ikatan silang, ketebalan lapisan, dan kondisi lingkungan (suhu dan pH). Dengan adanya penambahan alginat yang dapat membentuk *beads* akan mengikat ion ammonium (NH_4^+) dalam NPK sehingga pelepasan akan cenderung lebih lambat. Hasil yang didapatkan terlihat grafik yang tidak stabil dapat dikarenakan adanya interaksi pada proses sampling.

Berdasarkan hasil uji lepas lambat beads zeolit A-alginat-NPK didapatkan hasil 63.19%, 28.05%, 10.81%, 11.79%, 15.69%, 16.17%, dan 16.17% pelepasan yang terjadi lebih lambat. Penambahan zeolit A mampu menahan difusi pelepasan nitrogen. Pelepasan nitrogen menjadi lebih lambat karena zeolit berperan sebagai matriks pengikat

sementara. Zeolit A mampu mengikat ion NH_4^+ menukarnya dengan kation yang dimiliki sebelum akhirnya dilepaskan. Zeolit memiliki kapasitas serapan yang tinggi terhadap ion NH_4^+ akan dipertahankan di dalam struktur zeolit A. Banyaknya Ion NH_4^+ yang terjerap tergantung pada jumlah zeolit yang ditambahkan. Zeolit A mampu menurunkan laju pembekakan dari alginat. Selain itu penambahan zeolit A mampu mencegah terjadinya nitrifikasi. Zeolit A akan melepaskan Ion NH_4^+ secara perlahan.

Pada beads zeolit A-alginat-NPK membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dan karboksilat dari alginat dengan gugus silanol dan aluminol dari zeolit. Gugus OH pada alginat akan berikatan dengan gugus O dari zeolit A sehingga terbentuk ikatan hidrogen. Adanya interaksi ini akan menekan laju lepas lambat, karena dapat menyebabkan struktur matriks gel lebih padat dan mempersempit laju difusi. Ikatan hidrogen antara alginat dan zeolit ditunjukkan pada Gambar 4.14

Berdasarkan hasil analisis pada gambar menunjukan dua mekanisme yang berbeda, pada menit awal terjadi pelepasan yang lebih cepat karena pelepasan terjadi di permukaan beads. Mekanisme melambat pada menit akhir yang berarti telah terjadi kestabilan dalam pelepasan nutrisi. Penambahan zeolit A menunjukkan efektif dalam menurunkan laju pelepasan nitrogen menjadi lebih lambat.



Gambar 4.14 Ikatan hidrogen alginat-zeolit A

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Zeolit A sintesis yang diperoleh dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan XRD. Hasil spektrum FTIR diperoleh hasil adanya gugus fungsi Si-O/Al-O, Si-O-Si dan vibrasi tekuk cincin ganda empat anggota (D4R) . Hal ini sesuai dengan karakteristik yang dimiliki oleh zeolit standar. Hasil difaktogram XRD dari zeolit A yang diperoleh dibandingkan dengan data ASTM no. 39-222 menunjukkan kesesuaian dengan zeolit A standar. Dengan demikian zeolit A sintesis telah sesuai dengan standar yang ada.
2. Analisis spektrum FTIR dan hasil difaktogram XRD dari beads alginat-NPK diperoleh bilangan gelombang $3355,98\text{ cm}^{-1}$, $1600,48\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus karakteristik dari NPK dan alginat. Hasil difaktogram menunjukkan terbentuknya puncak-puncak kristal dari NPK. Hasil spektrum FTIR dan difaktogram XRD beads bilangan gelombang $3231,98\text{ cm}^{-1}$, $1601,13\text{ cm}^{-1}$, $1023,58\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karakteristik dari zeolit A, alginat, NPK.

3. Zeolit A yang ditambahkan pada *beads* alginat-NPK mampu menurunkan kemampuan lepas lambat dari pupuk NPK konvensional. Zeolit A berfungsi sebagai tukar kation dan membentuk ikatan hidrogen dengan alginat sehingga memperlambat laju difusi pelepasan nitrogen. Berdasarkan hasil penelitian *beads* zeolit A-alginat-NPK pada menit ke-120 menit terjadi pelepasan nitrogen sebesar 16,17% lebih lambat daripada *beads* alginat-NPK dan NPK.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi dari zeolit A-alginat-NPK. Pengujian pupuk lepas lambat menggunakan metode lain dan pengaplikasian pupuk lepas lambat pada media tanah serta tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Raus, R., Wan Nawawi, W. M. F., & Nasaruddin, R. R. (2021). Alginate and alginate composites for biomedical applications. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16(3), 280–306.
- Akinnowo, S. O. (2023). Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies. *Environmental Challenges*, 12(May).
- Amiliza Miarti, & Leni Legasari. (2022). Ketidakpastian Pengukuran Analisa Kadar Biuret, Kadar Nitrogen, Dan Kadar Oil Pada Pupuk Urea Di Laboratorium Kontrol Produksi Pt Pupuk Sriwidjaja Palembang. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(3), 861–874.
- As-Sa'di, A. N. (2002). Taisir al-Quran al-Karim Fi Tafsir Kalam al-Manan. In *Resalah Publishers* (p. 976). <https://ia601606.us.archive.org/17/items/SyaikhAsSidi-TaisirKarimirRahmanFiiTafsirKalamilMannan/SyaikhAsSidi-TaisirKarimirRahmanFiiTafsirKalamilMannan.pdf>
- Astar, I., & Suci, A. (2022). Enkapsulasi Urea Pada Lumpur PDAM-Alginat sebagai Pupuk Lepas Lambat. *Al-Kimia*, 10(1), 23–31.
- \aharani, D. (2017). Pelepasan Nitrogren Pada Pupuk Slow Release Urea Dengan Menggunakan Matriks Kitosan-Bentonit. *Unesa Journal of Chemistry*, 6(1), 68–72.
- Aziz, H., Matematika, J., Pengetahuan, D., Sains, A. F., & Teknologi, D. (2022). *Pembuatan Pupuk Lepas Lambat (Slow Release Fertilizer) Npk Berbasis Abu Tempurung Kelapa Yang Dienkapsulasi Dengan Asam Humat F1C118032 Program Studi Kimia*.
- Bagus, E., Jumaeri, H. ☐, & Sulistyaningsih, D. T. (2020). Indonesian Journal of Chemical Science Penggunaan Zeolit A Termodifikasi HDTMA sebagai Slow Release Urea

- Fertilizer. *J. Chem. Sci*, 9(1), 95–102.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Betriani, R., Sutarno, S., Kartini, I., & Budiarta, J. (2023). *Synthesis of Zeolite / NPK Coated with Cu-Alginate-PVA-Glutaraldehyde as a Slow-Release Fertilizer*. 23(1), 184–199.
- Chaudhary, V. (2023). *Bio-Polymer Based Slow Release / Control Release Fertilizer*. 14(05), 1234–1240.
- Ciampea, C. (2009). *Seminar Nasional Zeolit Vi*. 4.
- Darojah, L. I., & Kusumastuti, E. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Modifikasi Zeolit A dengan Surfaktan HDTMA dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Nitrat. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 1–8.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs%0AModifikasi>
- Devi, S. D., Kharsahnoh, B., Kumaria, S., & Das, M. C. (2018). Artificial seed for short-term storage: Using nodal buds in *Aquilaria malaccensis* Lam. *Current Science*, 115(11), 2103–2109.
- Febriani, D. R., & Azizati, Z. (2018). Pembuatan Cuka Alami Buah Salak dan Pisang Kepok Beserta Kulitnya Teknik Fermentasi. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2).
- Febrianti, R. F., Zahara, T. A., & Adhitiyawarman, A. (2022). Sintesis Zeolit a Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) Limbah Pt. Indonesia Chemical Alumina (Ica) Menggunakan Metode Alkali Hidrotermal (Synthesis of Zeolite a Base on Fly Ash Waste Pt. Indonesia Chemical Alumina (Ica) Using Hydrothermal Alkaline Method). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5(1), 28.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–

51. <http://e-journal.upr.ac.id/index.php/JMS>

- Hardiyanti, R. A., Hamzah, H., & Andriani, A. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Terhadap Pertambahan Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanica*) di Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 6(1), 15–22.
- Hartati, H. (2019). Sintesis Zeolit ZSM-5 dari Metakaolin Terdealuminasi Tanpa Cetakan Organik dengan Metode Desilikasi. *Akta Kimia Indonesia*, 4(1), 63.
- Hartatik, W., & Widowati, L. R. (2016). Pengaruh Pupuk Majemuk NPKS dan NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah pada Inceptisol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(3), 175.
- Hasaneen, M. N. A., & Omer, A. M. (2014). *Preparation of chitosan nanoparticles for loading with NPK fertilizer*. 13(31), 3158–3164.
- Hasani, B., & Yetty Zairani, F. (2021). Effect of Dose and Compound Fertilizer on Growth and Results of Red Chili. *Journal of Global Sustainable Agriculture*, 2(1), 5.
- Hasibuan, E. S., Djamaan, A., & Suardi, M. (2023). Pembuatan Dan Karakterisasi Tablet Urea Dengan Metode Kempa Langsung. *Jurnal Education and Development*, 11(1), 511–516.
- Istiani, A., Ristianingsih, Y., & Lestari, I. (n.d.). *Transfer Massa*.
- Jayana, R., Fadlilah, I., & Prasadi, O. (2024). Karakteristik Sintesis Zeolit Dari Pemanfaatan Limbah Daun Nipah dan Alumunium Foil Bekas. *Metana*, 20(1), 1–13.
- Jumaeri et all. (2013). Sintesis Zeolit a Dari Abu Layang Batubara Melalui Modifikasi Proses Hidrotermal. *Sintesis Zeolit a Dari Abu Layang Batubara Melalui Modifikasi Proses Hidrotermal*, 11(2), 155–166.
- Khaled, Z., Mohsen, A., Soltan, A. M., & Kohail, M. (2023).

- Optimization of kaolin into Metakaolin: Calcination Conditions, mix design and curing temperature to develop alkali activated binder. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102142.
- Krol, M. (2020). Natural vs. Synthetic Zeolites. *Crystals*, 10(622), 1–8.
- Król, M., & Rožek, P. (2018). The effect of calcination temperature on metakaolin structure for the synthesis of zeolites. *Clay Minerals*, 53(4), 657–663.
- Kurniawan, M. A., Wahyuningrum, I. R., & Anggraini, D. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Alginat/Zeolit/Fe-Zn Sebagai Salah Satu Material Pupuk Penyimpan Fe dan Zn. *Chemical*, 4(1), 31–37.
- Kusumastuti, Y., Istiani, A., Rochmadi, & Purnomo, C. W. (2019). Chitosan-Based Polyion Multilayer Coating on NPK Fertilizer as Controlled Released Fertilizer. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019.
- Liu, G., Zotarelli, L., Li, Y., Dinkins, D., Wang, Q., & Ozores-Hampton, M. (2014). Controlled-Release and Slow-Release Fertilizers as Nutrient Management Tools. *Edis*, 2014(8), 1–6.
- Lubkowski, K. (2016). Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge. *Polish Journal of Chemical Technology*, 18(1), 72–79.
- Maghfury, T. I. (2020). Analisis X-Ray Diffraction (XRD) Pada Brazing Aluminium Seri 1000 Dan Stainless Steel Seri 304 Dengan Penambahan Serbuk Tembaga. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1–29.
- Mandal, K. G., Hati, K. M., & Misra, A. K. (2009). Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. *Biomass and*

Bioenergy, 33(12), 1670–1679.

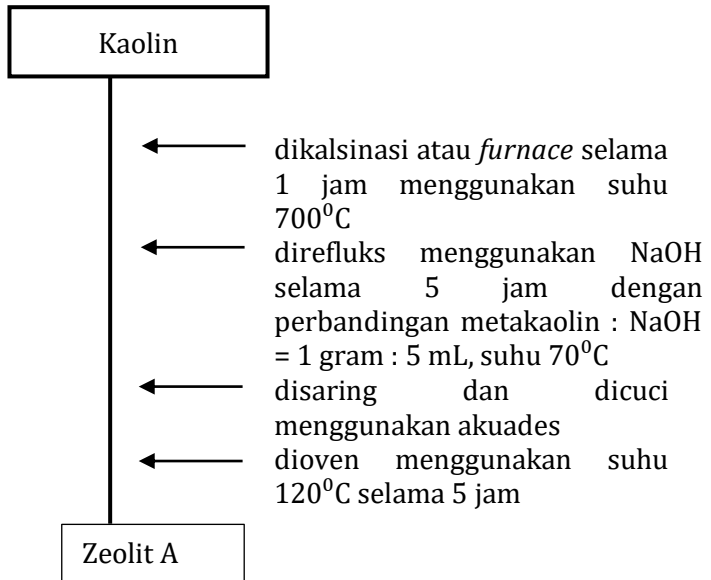
- Meite, N., Konan, L. K., Bamba, D., Goure-Doubi, B. I. H., & Oyetola, S. (2018). Structural and Thermomechanical Study of Plastic Films Made from Cassava-Starch Reinforced with Kaolin and Metakaolin. *Materials Sciences and Applications*, 09(01), 41–54.
- Nooeaid, P., Cha-Aim, K., Chuysinuan, P., Pengsuk, C., Thanyacharoern, T., Sophonputtanaphoca, S., & Techasakul, S. (2024). Nutrient controlled release behaviors and plant growth of NPK encapsulated hydroxyapatite/alginate biocomposite toward agricultural and environmental sustainability. *Materials Research Express*, 11(3).
- Olad, A., Zebhi, H., Salari, D., Mirmohseni, A., & Reyhani Tabar, A. (2018). Slow-release NPK fertilizer encapsulated by carboxymethyl cellulose-based nanocomposite with the function of water retention in soil. *Materials Science and Engineering C*, 90(July 2017), 333–340.
- Paques, J. P., Van Der Linden, E., Van Rijn, C. J. M., & Sagis, L. M. C. (2014). Preparation methods of alginate nanoparticles. *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 163–171.
- Pasanda, O. S. R., & Azis, A. (2018). The Extraction of Brown Algae (*Sargassum* sp) Though Calcium Path to Produce Sodium Alginate. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 7(1), 64–69.
- Permata, N. D., Gunawan, T., & Fansuri, H. (2021). Preparasi Membran Zeolit-X/ α -Al₂O₃ Menggunakan Metode Secondary Growth dengan Variasi Vacuum Seeding. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 9(2).
- Pocurull, E., Fontanals, N., Calull, M., & Aguilar, C. (2019). Environmental applications. *Liquid-Phase Extraction*, 591–641.

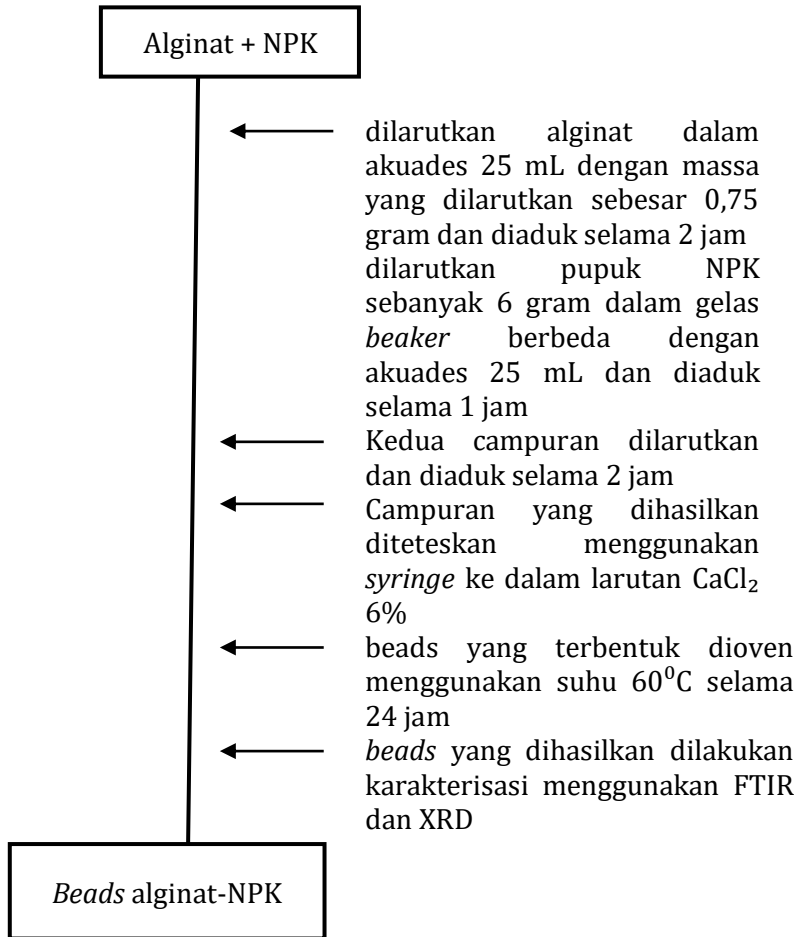
- Prabukesuma, M. A., Hamim, H., & Nurmauli, N. (2015). Pengaruh Waktu Aplikasi Dosis Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1), 106–112.
- Puscaselu, R. G., Lobiuc, A., Dimian, M., & Covasa, M. (2020). Alginate: From food industry to biomedical applications and management of metabolic disorders. *Polymers*, 12(10), 1–30.
- Qin, Y., Jiang, J., Zhao, L., Zhang, J., & Wang, F. (2018). Food Ingredient. In *Biopolymers for Food Design*. Elsevier Inc.
- Rahmat, H., Ganjar, F., Uswatul, C., Sayekti, W., & Ari, H. R. (2015). Effectiveness of urea nanofertilizer based aminopropyltrimethoxysilane (APTMS)-zeolite as slow release fertilizer system. *African Journal of Agricultural Research*, 10(14), 1785–1788.
- Ryan, Cooper, & Tauer. (2013). Sintesis Dan Karakterisasi Slow Release Fertilizer(Srf)Menggunakan Formula Campuran Urea Dan Lempung Bentonit. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 17(1), 12–26.
- Saraswati, I. (2015). Zeolite-A Synthesis from Glass. *Jurnal Sains Dan Matematika*, 23(4), 112–115.
- Savana, R. T., & Maharani, D. K. (2018). Analisis Komposisi Unsur Pupuk Lepas Lambat Kitosan-Silika- Glutaraldehyd. *Unesa Journal of Chemistry*, 7(1), 21–24.
- Sawitri, Manik Eirry Manab, A. T. W. L. P. (2009). Program Studi Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Alumni Program Studi Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 3(1), 35–42.
- Senna, A. M., Braga Do Carmo, J., Santana Da Silva, J. M., & Botaro, V. R. (2015). Synthesis, characterization and application of hydrogel derived from cellulose acetate as

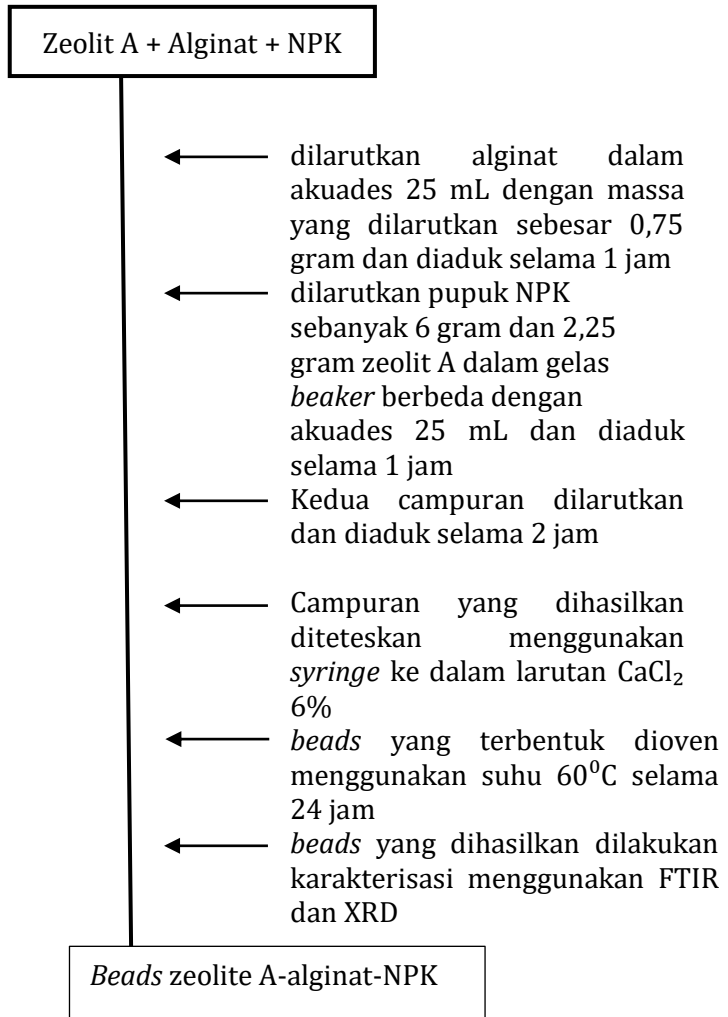
- a substrate for slow-release NPK fertilizer and water retention in soil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 996–1002.
- Setiawati, D., Destiarti, L., & Wahyuni, N. (2015). Pemanfaatan Zeolit A Termodifikasi Hexadecyltrimethylammonium (HDTMA) sebagai Adsorben Fosfat. *Jkk*, 4(2), 14–20.
- Sriatun, S., & Darmawan, A. (2005). Dealuminasi Zeolit Alam Cipatujah Melalui Penambahan Asam dan Oksidator. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 8(2), 55–60.
- Suratman, A., Pramita, N., Agasta, P. N., Purwaningsih, D. R., Kuncaka, A., Kunarti, E. S., & Wibowo, A. H. (2020). The effect of zeolite addition and freeze-drying method on alginat beads for controlled release fertilizer. *AIP Conference Proceedings*, 2237(June).
- Suwardi, S., Suryaningtyas, D. T., Saputra, H., Rosjidi, M., Mustafa, A., & Ghofar, A. (2023). Release Pattern of Nitrogen and Potassium from Controlled Release Fertilizer (CRF) in the Soil. *Journal of Tropical Soils*, 28(3), 99.
- Triadiawarman, D., Aryanto, D., & Krisbiyantoro, J. (2022). Peran Unsur Hara Makro Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa* L.). *Agrifor*, 21(1), 27.
- Wilkerson, M. Y. (2022). Properties and applications of alginate. *Properties and Applications of Alginate*, 1–181.
- Wulan, L. F. E., & Maharani, D. K. (2017). Pemanfaatan Kitosan-Silika sebagai Matriks pada Pembuatan Pupuk Urea Slow Release. *UNESA Journal of Chemistry*, 6(1), 6–8.
- Wulan Sari, N., Fajri, M. Y., & Anjas W. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L.). *Ijobb*, 2(1), 30.
- Xiao, X., Yu, L., Xie, F., Bao, X., Liu, H., Ji, Z., & Chen, L. (2017).

One-step method to prepare starch-based superabsorbent polymer for slow release of fertilizer. *Chemical Engineering Journal*, 309, 607–616.

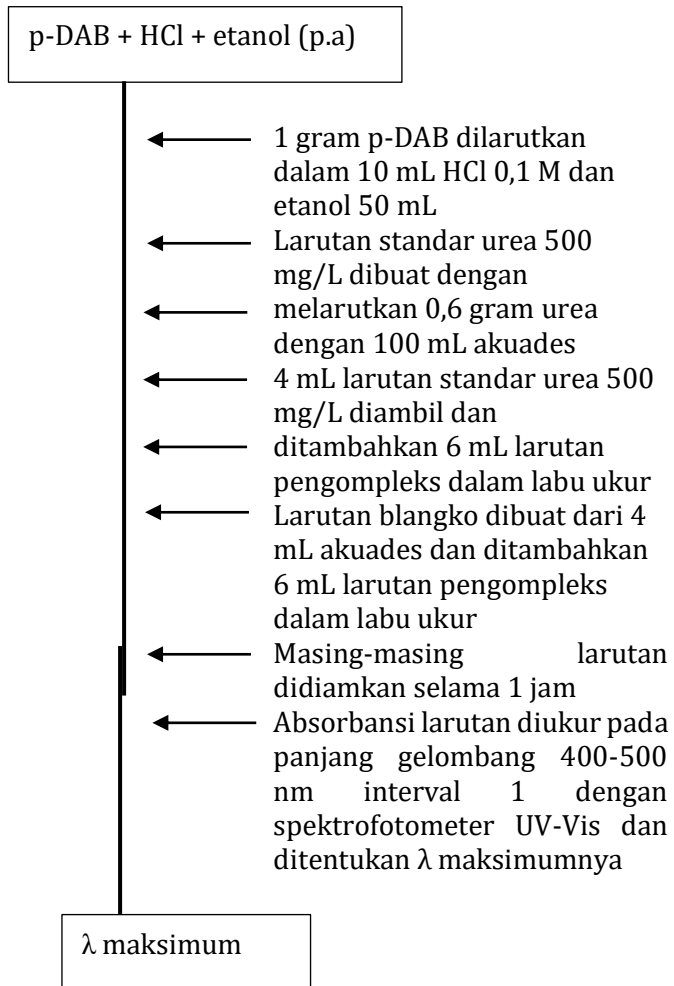
- Yani, A., Destiarti, L., Wahyuni, N., Kimia, P. S., & Tanjungpura, U. (2013). Sintesis Zeolit A Dengan Variasi Sumber Silika Dan Alumina. *Jurnal.Untan.Ac.Id*, 2(1), 2–7. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/1744>
- Yoga, I. K. W. (2015). Penentuan Konsentrasi Optimum Kurva Standar Antioksidan ; Asam Galat , Asam Askorbat dan Trolox ® terhadap Radikal Bebas DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 0,1 mM. *Proceedings Seminar Nasional FMIPA*, 316–321.
- Yunita, I., Sulistyaningsih, T., & Widiarti, N. (2019). Karakterisasi dan Uji Sifat Fisik Material Zeolit Modifikasi Magnetit sebagai Adsorben Ion Klorida dalam Larutan Berair. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(2), 87–92.

LAMPIRAN**Lampiran 1: Skema Kerja Penelitian****A. Preparasi Zeolit A**

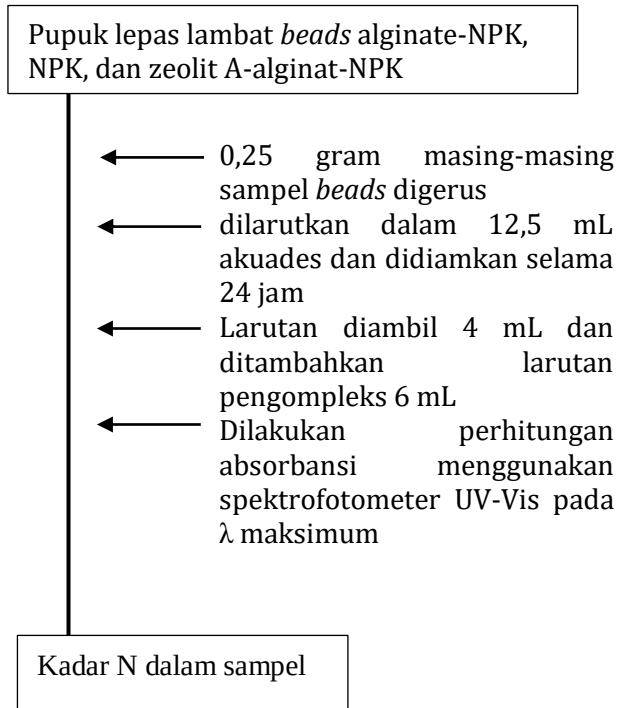
B. Pembuatan *beads* alginat-NPK

C. Pembuatan *beads* zeolit A-alginat-NPK

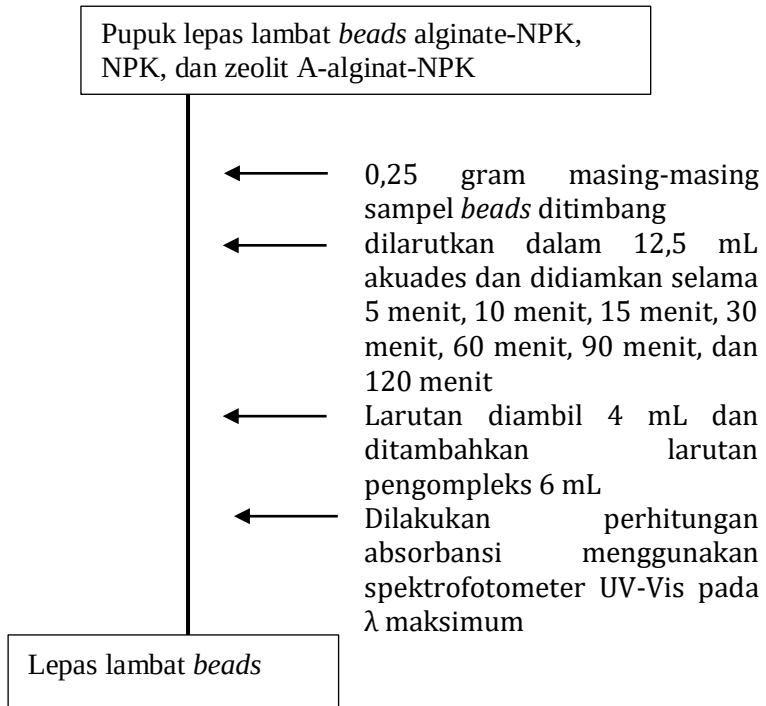
D. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



E. Penentuan Kadar N dalam Sampel



F. Uji Lepas lambat *beads*



Lampiran 2 : Perhitungan jumlah nitrogen dan uji lepas lambat

Berdasarkan hasil kurva standar didapatkan hasil kurva standar dengan persamaan garis :

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

Rumus yang digunakan :

Menghitung % N yang *release*

$$\frac{\text{Massa N yang release}}{\text{Massa N yang terloading}} \times 100\%$$

A. Analisis jumlah kadar nitrogen dalam NPK

0,25 gram NPK dalam 12,5 mL = 0,0125 L

Dari 12,5 mL dilakukan sampling dengan pengambilan 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran 2,5x)

Absorbansi yang dihasilkan dari UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis kurva standar

Kadar N terloading dalam NPK

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,4570 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,4570 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 513,5556 \text{ ppm}$$

$$X = 513,5556 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 6,4194 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 16,0486 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N terloading} = \frac{16,0486 \text{ mg}}{250 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 6,42 \%$$

- 5 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,2550 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,2550 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 289,1111 \text{ ppm}$$

$$X = 289,1111 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 3,6139 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 9,0347 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{9,0347 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 56,2959 \%$$

- 10 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,3260 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,3260 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 368 \text{ ppm}$$

$$X = 368 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,6 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 11,5 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{11,5 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 71,6573 \%$$

- 15 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,3540 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,3540 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 399,1111 \text{ ppm}$$

$$X = 399,1111 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,9889 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 12,4722 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{12,4722 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 77,7153 \%$$

30 menit

$$0,3250 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,3250 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 366,8889 \text{ ppm}$$

$$X = 366,8889 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,581 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 11,4652 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{11,4652 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 71,4409 \%$$

60 menit

- $0,3060 = 0,0009x - 0,0052$

$$X = \frac{0,3060 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 345,7778 \text{ ppm}$$

$$X = 345,7778 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,3222 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 10,8055 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{10,8055 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 67,3302 \%$$

90 menit

- $0,3640 = 0,0009x - 0,0052$

$$X = \frac{0,3640 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 410,2222 \text{ ppm}$$

$$X = 5,1278 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 12,8194 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 12,8194 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{12,8194 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 79,8789 \%$$

- $0,3100 = 0,0009x - 0,0052$

$$X = \frac{0,3100 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 350,2222 \text{ ppm}$$

$$X = 350,2222 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,378 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 10,9444 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{10,9444 \text{ mg}}{16,0486 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 68,195 \%$$

Waktu (menit)	NPK %
5 menit	56,2959 %
10 menit	71,6573 %
15 menit	77,7153 %
30 menit	71,4409 %
60 menit	67,3302 %
90 menit	79,8789 %
120 menit	68,195 %

B. Analisis jumlah kadar nitrogen dalam *beads* alginate-NPK

0,25 gram *beads* alginat-NPK dalam 12,5 mL = 0,0125 L

Dari 12,5 mL dilakukan sampling dengan pengambilan 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran

2,5x)

Absorbansi yang dihasilkan dari UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis kurva standar

Kadar N terloading dalam *beads* alginate-NPK

1. Kadar N terloading dari *beads* NPK-Alginat

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,287 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,287+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 324,6666 \text{ ppm}$$

$$X = 324,6666 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 4,05833 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 10,1458 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{10,1458 \text{ mg}}{250 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 4,0583 \%$$

Beads NPK-Alginat

- 5 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,163 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,163+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 186,88 \text{ ppm}$$

$$X = 186,88 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,336 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 5,84 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{5,84 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 57,5607 \%$$

- 10 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,165 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,165 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 189,111 \text{ ppm}$$

$$X = 189,111 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,363 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 5,909 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{5,909 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 58,2408 \%$$

- 15 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,163 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,163 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 186,88 \text{ ppm}$$

$$X = 186,88 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,336 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 5,84 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{5,84 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 57,5607 \%$$

- 30 menit

$$0,169 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,169+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 193,555 \text{ ppm}$$

$$X = 193,555 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,4194 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 6,04861 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{6,04861 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 59,6168 \%$$

- 60 menit

$$0,167 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,167+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 191,333 \text{ ppm}$$

$$X = 191,333 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,39166 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 5,9791 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{5,9791 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 67,3302 \%$$

- 90 menit

$$0,174 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,174+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 199,1111 \text{ ppm}$$

$$X = 199,1111 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,4888 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 6,2222 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{6,2222 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 61,327 \%$$

- 120 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,163 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,163+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 186,88 \text{ ppm}$$

$$X = 186,88 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,336 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 5,84 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{5,84 \text{ mg}}{10,1458 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 57,5607 \%$$

Waktu (menit)	Alginat-NPK %
5 menit	57,5607 %
10 menit	58,2408 %
15 menit	57,5607 %
30 menit	59,6168 %
60 menit	58,9317 %
90 menit	61,327 %
120 menit	57,5607 %

C. Analisis jumlah kadar nitrogen dalam *beads* zeolit A-alginate-NPK

0,25 gram *beads* zeolit A-alginat-NPK dalam 12,5 mL = 0,0125 L

Dari 12,5 mL dilakukan sampling dengan pengambilan 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran 2,5x)

Absorbansi yang dihasilkan dari UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis kurva standar

Kadar N terloading dalam *beads* zeolit A-alginat-NPK

Kadar N terloading dari *beads* zeolit A-alginat-NPK

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,200 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,200 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 228 \text{ ppm}$$

$$X = 228 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 2,85 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 7,125 \text{ mg}$$

$$\% N \text{ release} = \frac{7,125 \text{ mg}}{250 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 2,85 \%$$

- 5 menit

$$0,013 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,013+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 20,2222 \text{ ppm}$$

$$X = 20,2222 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,2527 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 0,6319 \text{ mg}$$

$$\% N \text{ release} = \frac{0,6319 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 63,1944 \%$$

- 10 menit

$$0,015 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,015+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 22,4444 \text{ ppm}$$

$$X = 22,4444 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,2805 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 0,7013 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{0,7013 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 28,0555 \%$$

- 15 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,017 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,017+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 24,6666 \text{ ppm}$$

$$X = 24,6666 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,3083 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 0,7708 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{0,7708 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 10,8187 \%$$

- 30 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,019 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,019+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 26,8888 \text{ ppm}$$

$$X = 26,8888 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,3361 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 0,8402 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{0,8402 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 11,7933 \%$$

- 60 menit

$$y = 0,0009x - 0,0052$$

$$0,027 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,027+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 35,7777 \text{ ppm}$$

$$X = 35,7777 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,4472 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 1,1180 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{1,1180 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 15,6920 \%$$

- 90 menit

$$0,028 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,028+0,0052}{0,0009}$$

$$X = 36,8888 \text{ ppm}$$

$$X = 36,8888 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,4611 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 1,1527 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{1,1527 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 16,1793 \%$$

- 120 menit

$$0,028 = 0,0009x - 0,0052$$

$$X = \frac{0,028 + 0,0052}{0,0009}$$

$$X = 36,8888 \text{ ppm}$$

$$X = 36,8888 \text{ mg/L} \times 0,0125 \text{ L}$$

$$X = 0,4611 \text{ mg} \times 2,5$$

$$X = 1,1527 \text{ mg}$$

$$\% \text{ N release} = \frac{1,1527 \text{ mg}}{7,125 \text{ mg}} \times 100 \%$$

$$X = 16,1793 \%$$

Waktu (menit)	Zeolit A-Alginat- NPK %
5 menit	63,1944 %
10 menit	28,0555 %
15 menit	10,8187 %
30 menit	11,7933 %
60 menit	15,6920 %
90 menit	16,1793 %
120 menit	16,1793 %

Lampiran 3 : Dokumentasi

1. Preparasi Zeolit A



2. Hasil Kalsinasi Zeolit A



3. Pembuatan Gel Alginat



4. Pelarutan Alginat + NPK + zeolit A



5. *Beads* Alginat-NPK dan zeolit A-Alginat-NPK



6. Sampling



7. Pengompleks p-DAB



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Diajeng Ayu Savitri
2. Tempat dan Tanggal lahir : Batang, 21 januari 2003
3. Alamat Rumah : Jln. Kaliabang Tengah, Bekasi Utara
4. Nomor HP : 089654300977
5. E-mail : diajeng@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. SDN Kaliabang Tengah IV 2015
 - b. SMPN 5 Kota Bekasi 2018
 - c. SMAN 14 Bekasi 2021