

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PEMBUATAN CRF NPK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI
MATRIKS DAN COATING
DI PUSAT TEKNOLOGI SUMBER DAYA ENERGI DAN
INDUSTRI KIMIA-BPPT
(1 FEBRUARI-30 APRIL)



OLEH:

WIKU PUTRI DEWANTY (1512042)

KIRANA PUTRI RAHARDJO (1512054)

PROGRAM STUDITEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2016

**PEMBUATAN CRF NPK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI
MATRIKS DAN COATING
DI PUSAT TEKNOLOGI SUMBER DAYA ENERGI DAN
INDUSTRI KIMIA-BPPT
(1 FEBRUARI-30 APRIL)**

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH:

WIKU PUTRI DEWANTY (1512042)

KIRANA PUTRI RAHARDJO (1512054)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2016**

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PEMBUATAN CRF NPK MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *MATRIKS* DAN *COATING*

DISUSUN OLEH :

NAMA/NIM : WIKU PUTRI DEWANTY (1512042)
KIRANA PUTRI RAHARDJO (1512054)

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

Program Studi Teknik Kimia Polimer

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2016

Penguji,

Penguji,

Dr. Erfina Oktariani, ST, MT

NIP. 198210012014022001

Ir. Roosmariharso, MBA

NIP. 195405231980031004

Penguji,

Penguji

Sakri Widhianto, S.Teks, MM

NIP. 195303171978031001

Ir. Parulian Leonard, MM

NIP. 195702141985031002

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PEMBUATAN CRF NPK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *MATRIKS*
DAN *COATING***

**DI PUSAT TEKNOLOGI SUMBER DAYA ENERGI DAN INDUSTRI
KIMIA–BPPT**

(1 FEBRUARI-30 JUNI 2016)

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada
Politeknik STMI Jakarta



Oleh:

Wiku Putri Dewanty (1512042)

Kirana Putri Rahardjo (1512054)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA

2016

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PEMBUATAN CRF NPK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *MATRIKS*
DAN *COATING***

**DI PUSAT TEKNOLOGI SUMBER DAYA ENERGI DAN INDUSTRI
KIMIA–BPPT**

(1 FEBRUARI-30 JUNI 2016)

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada
Politeknik STMI Jakarta

Oleh:



Wiku Putri Dewanty (1512042)

Kirana Putri Rahardjo (1512054)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Studi Diploma IV Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis banyak mengalami kesulitan karena kemampuan yang terbatas, tetapi atas bantuan, bimbingan dan dorongan serta semangat yang diberikan dari berbagai pihak kepada penulis maka penulisan laporan penelitian ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah mengabulkan doa-doa kami sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini.
2. Kedua orang tua kami yang telah memberikan restunya dalam pelaksanaan Penelitian kami.
3. Bapak Dr. Mustofa ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Kementerian Perindustrian RI.
4. Bapak Ir. Roosmariharso MBA, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Kementerian Perindustrian RI dan selaku pembimbing kami yang telah memberikan banyak dukungan dan arahan dalam penyusunan laporan.
5. Ibu Fitria Ika Aryanti, ST, M.Eng, selaku sekretaris Jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
6. Bapak Dr. Ir. Hens Saputra, M.Eng, selaku pembimbing selama kami Penelitian di PTSEIK-BPPT.

7. Bapak Hadi dan bapak Ilham, yang telah memberikan saran selama kami Penelitian di PTSEIK-BPPT.
8. Bapak Ilham yang telah membantu dan menganalisa hasil inkubasi menggunakan NPK meter di PTSEIK-BPPT.
9. Bapak Suradi dan bapak Jaim yang telah membantu kami untuk mengoperasikan alat-alat selama Penelitian di PTSEIK-BPPT.
10. Mutiara dan Indah selaku sahabat yang selalu membantu dan setia mendengarkan keluh kesah penyusun.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Polimer 2012 yang telah banyak membantu memberikan informasi terkait.
12. Semua pihak yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menyempurnakan laporan ini dan melaksanakan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| ABSTRAK..... | iii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Pupuk | 4 |
| 2.2. Pupuk NPK..... | 6 |
| 2.3. <i>Controlled Release Fertilizer</i> (CRF) | 7 |
| 2.4. Macam-macam metode pembuatan CRF | 9 |
| 2.5. Pemilihan Metode Pembuatan CRF | 13 |
| 2.6. Metode Karakterisasi Produk | 15 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 17 |
| 3.1. Tempat penelitian..... | 17 |
| 3.2. Tahapan penelitian | 17 |
| 3.3. Alat dan Bahan..... | 18 |
| 3.3.1. Alat..... | 18 |
| 3.3.2. Bahan | 18 |
| 3.4. Pembuatan prototipe produk CRF | 19 |
| 3.4.1. <i>Pretreatment</i> | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.2. Formulasi..... | 20 |
| 3.4.3. Granulasi | 20 |
| 3.4.4. <i>Drying</i> | 20 |
| 3.4.5. Sintesis membran | 21 |
| 3.5. Karakterisasi | 21 |
| 3.6. Prosedur pembuatan CRF NPK | 23 |
| 3.6.1. Langkah 1 | 23 |
| 3.6.2. Langkah 2 | 24 |
| 3.6.3. Langkah 3 | 25 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 27 |
| 4.1. Hasil Desain Prototipe Produk Pupuk CRF..... | 27 |
| 4.2. Hasil optimasi konsentrasi amilum dan suhu pengeringan..... | 27 |
| 4.3. Hasil optimasi konsentrasi PEG 4000..... | 31 |
| 4.4. Hasil uji XRD Lapisan CRF NPK | 34 |
| 4.5. Data dan analisis hasil uji FTIR..... | 38 |
| 4.6. Data dan analisis hasil uji SEM-EDX | 39 |
| 4.7. Data dan analisis hasil uji inkubasi..... | 42 |
| 4.7.1. Laju pelepasan kadar nitrogen terhadap waktu inkubasi | 42 |
| 4.7.2. Laju pelepasan kadar fosfor terhadap waktu inkubasi | 43 |
| 4.7.3. Laju pelepasan kadar kalium terhadap waktu inkubasi..... | 44 |
| BAB V PENUTUP | 46 |
| 5.1. Kesimpulan | 46 |
| 5.2. Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|------------|
| <u>Gambar 2.1.Spesifikasi Persyaratan Mutu Pupuk NPK.....</u> | <u>6</u> |
| <u>Gambar 2.2.Mekanisme Pelapisan CRF</u> | <u>9</u> |
| <u>Gambar 2.3.Morfologi Penampang.....</u> | <u>10</u> |
| <u>Gambar 3.1.Diagram Tahapan Penelitian</u> | <u>15</u> |
| <u>Gambar 3.2.Diagram Tahap Pembuatan Prototipe CRF NPK</u> | <u>19</u> |
| <u>Gambar 3.3.Peralatan SEM-EDAX.....</u> | <u>19</u> |
| <u>Gambar 3.4.Peralatan FTIR.....</u> | <u>20</u> |
| <u>Gambar 3.5.Peralatan XRD.....</u> | <u>20</u> |
| <u>Gambar 4.1.Desain Penampang Produk Pupuk CRF</u> | <u>247</u> |
| <u>Gambar 4.2.Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu Pengeringan Terhadap Moisture</u> | <u>26</u> |
| <u>Gambar 4.3.Trendline Polynomial Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu Pengeringan Terhadap Moisture.....</u> | <u>30</u> |
| <u>Gambar 4.4.Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu terhadap <i>Crushing Strength</i>..</u> | <u>27</u> |
| <u>Gambar 4.5.Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap <i>Crushing Strength</i>.....</u> | <u>30</u> |
| <u>Gambar 4.6.Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap <i>Moisture</i></u> | <u>30</u> |
| <u>Gambar 4.7.Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 0%</u> | <u>31</u> |
| <u>Gambar 4.8.Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 5%</u> | <u>32</u> |
| <u>Gambar 4.9.Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 10%</u> | <u>32</u> |
| <u>Gambar 4.10.Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 20%</u> | <u>36</u> |
| <u>Gambar 4.11.Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 30%.....</u> | <u>36</u> |
| <u>Gambar 4.12.Peak dan Pattern List hasil Uji XRD Sampel dengan Konsentrasi PEG 10% .</u> | <u>37</u> |
| <u>Gambar 4.13.Peak List dan Pattern List Hasil Pengujian XRD Sampel dengan Konsentrasi PEG 10%</u> | <u>38</u> |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.14. Hasil Pengujian FTIR CRF NPK dengan Pembacaan <i>Silica Hydrated</i> | 39 |
| Gambar 4.15. Hasil Uji Karakterisasi dengan SEM CRF NPK..... | 40 |
| Gambar 4.16. Hasil Uji Karakterisasi dengan EDX CRF NPK | 42 |
| Gambar 4.17. Laju Pelepasan Kadar Nitrogen terhadap Waktu Inkubasi | 43 |
| Gambar 4.18. Laju Pelepasan Kadar Phosfor terhadap Waktu Inkubasi..... | 44 |
| Gambar 4.19. Laju Pelepasan Kadar Kalium terhadap Waktu Inkubasi | 45 |

ABSTRAK

Controlled Release Fertilizer (CRF) atau pelepasan pupuk secara terkendali, telah banyak digunakan untuk mengatasi penggunaan pupuk konvensional yang kurang efisien karena umumnya pupuk konvensional tidak terserap seluruhnya ke tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pupuk NPK (Nitrogen *Phosfor* Kalium) CRF (*Controlled Release Fertilizer*) yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi dengan teknologi *matriks* dan *coating* berformulasi 15-15-15. *Matriks* yang digunakan adalah zeolit alam sehingga kecepatan pelepasannya dapat dikontrol sedangkan *coating* menggunakan metode *dip coating* menggunakan prekursor sodium silikat serta aditif amilum dan polietilen glikol (PEG) 4000 sebagai *template*. Proses *dip coating* dilakukan untuk mengetahui konsentrasi amilum dan suhu pengeringan yang optimal serta untuk mengetahui konsentrasi PEG yang optimal. Adapun penelitian ini telah menghasilkan CRF NPK dengan teknologi *matriks* dan *coating* berupa prototipe bahan penyalut pupuk disintesis menggunakan prekursor *waterglass* atau sodium silikat dan penambahan aditif amilum dan PEG 4000 dengan metode sol-gel. CRF NPK optimal yang dipilih adalah yang menggunakan larutan pelapis dengan campuran sodium silikat 0,5 M, konsentrasi amilum 30%, dan konsentrasi PEG 4000 10% dengan metode sol gel. Berdasarkan hasil uji inkubasi, maka CRF NPK optimal memiliki laju pelepasan kadar N, P, dan K yang lebih lambat dan terkontrol dibandingkan dengan pupuk SRF dan NPK konvensional.

Kata kunci: NPK, *Controlled release fertilizer*, zeolit, membran silika, PEG 4000, amilum.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di sektor pertanian Indonesia merupakan yang terpenting dari keseluruhan pembangunan di Indonesia. Alasan yang mendasari pentingnya pertanian di Indonesia yaitu potensi sumber daya yang besar dan beragam, pangsa terhadap pendapatan nasional cukup besar, sebagian besar penduduk bermata pencarian pada sektor pertanian dan menjadi basis pertumbuhan di pedesaan [1]. Pupuk berperan penting dalam meningkatkan produktivitas hasil komoditi pertanian. Akan tetapi, penggunaan bahan-bahan agrokimia, seperti pupuk dan pestisida yang berlebihan dapat mencemari tanah, air, tanaman dan sungai atau badan air. Sekitar 40 – 70% nitrogen yang diberikan melalui pemberian pupuk tidak diserap oleh lingkungan [2]. Sedangkan menurut Didiek Hadjar Goenadi, Balit Biotek Perkebunan, Lembaga Riset Perkebunan Indonesia terdapat 21% pupuk mengalir ke permukaan, 19% terevaporasi, 30% terfiksasi oleh tanah liat, imbolisasi mikroba terdapat 5%, 13% tercuci dan akhirnya hanya 12% lah yang terserap oleh tanaman. Hal ini secara ekonomi merugikan dan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Masalah lain adalah banyak daerah pertanian berlokasi di daerah yang mengalami kekurangan air saat musim kemarau, tetapi tidak dapat menyimpan air saat musim penghujan karena tidak ada waduk atau penampungan air lainnya. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini diperlukan suatu media yang dapat menyediakan air juga secara bersamaan dapat mengendalikan pelepasan pupuk. Selain itu juga ketersediaan gas alam sebagai bahan baku pembuatan pupuk yang semakin sedikit tidak diimbangi dengan kebutuhan pupuk yang semakin meningkat. Serta kebiasaan petani yang kurang optimal dalam menggunakan pupuk dari segi

pemakaian yang berlebihan dan berujung pada pengeluaran biaya yang tinggi. Adapun dampak negatif dari penggunaan pupuk yang berlebihan antara lain pencemaran lingkungan dan kerusakan tanah.

Pupuk NPK adalah pupuk buatan yang berbentuk cair atau padat yang mengandung unsur hara utama nitrogen, fosfor, dan kalium. Pupuk NPK merupakan salah satu jenis pupuk majemuk yang paling umum digunakan. Namun, masalah utama penggunaan pupuk kimia seperti NPK pada lahan pertanian adalah efisiensi yang rendah karena kelarutannya yang tinggi dan hilang akibat larut terbawa air, penguapan dan proses denitrifikasi terhadap pupuk itu sendiri.

Pada penelitian ini akan dibuat *controlled release fertilizer* menggunakan pupuk NPK melalui proses enkapsulasi. Permukaan pupuk NPK akan dilapisi dengan suatu membran sehingga laju pelepasannya dapat dikontrol. Membran penyalut pupuk dibuat dari silika menggunakan prekursor natrium silikat. Morfologi membran silika yang berpori dapat dimanfaatkan sebagai penyalut untuk menghasilkan CRF dari pupuk NPK. Campuran amilum dan PEG 4000 dapat digunakan sebagai aditif untuk membran silika. Peningkatan konsentrasi amilum dan polietilen glikol dapat menurunkan pori CRF sehingga laju pelepasan nutrisinya menjadi semakin rendah.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana membuat CRF NPK yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi dengan metode *matriks* dan *coating*?

1.3. Batasan Masalah

- a) Pembuatan CRF NPK berbentuk granul menggunakan alat pan granulator. Formulasi NPK yang digunakan adalah 15-15-15 dan ditambahkan zeolit alam sebagai matriks.

- b) Coating menggunakan campuran sodium silikat sebagai variabel tetap; variasi konsentrasi amilum dan PEG 4000; serta variasi suhu pengeringan.
- c) Hasil CRF NPK dikarakterisasi dengan tiga metode antara lain: XRD (*X-Ray Diffraction*) , FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Electron Dispersive X ray*).
- d) Uji aplikasi dengan inkubasi selama 100 hari dan analisa hasil inkubasi selama 14 hari menggunakan NPK meter untuk mengetahui laju pelepasan nutrisi CRF NPK yang telah dibuat.

1.4. Tujuan Penelitian

Membuat CRF NPK yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi dengan metode matriks dan coating.

1.5. Manfaat Penelitian

- a) Manfaat bagi petani adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk yang berunsur hara NPK dengan menggunakan CRF NPK.
- b) Manfaat bagi pemerintah adalah dapat mengurangi penyediaan pupuk konvensional dan menghemat pemakaian gas alam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pupuk

Pupuk adalah suatu bahan yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, kimia atau biologi tanah sehingga menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Material organik maupun anorganik yang mengandung zat hara yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman dengan tujuan untuk memaksimalkan pertumbuhan dan produktifitas. Pupuk mengandung bermacam-macam unsur hara yang diperlukan tanaman dalam kelangsungan hidupnya. Secara garis besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman meliputi unsur hara makro antara lain: N (Nitrogen), P (*Phospor*), K (Kalium), Ca (Kalsium), Mg (Magnesium), dan S (Sulfur/Belerang). Unsur hara mikro meliputi: B (Boron), Cu (Tembaga), Zn (Seng), Fe (Besi), Mo (Molibdenum), Mn (Mangan), Cl (Klor), Na (Natrium), Co (*Cobalt*), Si (*Silicone*), Ni (Nikel). Pemberian pupuk pada tanamana dapat meningkatkan kadar hara dan kesuburan. Aktifitas pertanian yang secara terus menerus mengakibatkan kehilangan unsur hara pada tanah. Oleh karena itu, untuk mengembalikan ketersediaan hara pada media tanam diperlukan penambahan pupuk [9].

Berdasarkan asalnya, pupuk digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

a) Pupuk alam

Yakni pupuk yang terdapat di alam atau dibuat dengan bahan alam tanpa proses yang berarti. Misalnya pupuk kompos, pupuk kandang, pupuk hijau dan pupuk batuan P.

b) Pupuk buatan

Yakni pupuk yang dibuat oleh pabrik misalnya TSP, Urea, NPK dan ZA. Pupuk ini dibuat oleh pabrik dengan mengubah sumber daya alam melalui proses fisika dan atau kimia [9].

Berdasarkan jenis unsur hara yang dikandungnya, pupuk digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

a) Pupuk tunggal

Pupuk tunggal adalah pupuk dengan kandungan unsur hara satu macam. Biasanya berupa unsur hara makro primer, misalnya urea yang hanya mengandung unsur N (Nitrogen).

b) Pupuk majemuk

Pupuk majemuk adalah pupuk dengan kandungan unsur hara lebih dari satu macam. Misalnya NPK yang mengandung unsur N, P, dan K atau *Diammonium Phosphate* (DAP) dengan kandungan nitrogen dan fosfor [9].

Berdasarkan cara melepaskan unsur hara, pupuk digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

a) *Fast release fertilizer*

Fast release adalah jenis pupuk yang kandungan unsur haranya mudah dan cepat diserap oleh tanaman. Pupuk jenis ini jika ditebarkan ke media tanam dalam waktu relatif singkat unsur hara yang dikandungnya akan dimanfaatkan langsung oleh tanaman. Jenis pupuk ini misalnya urea, ZA, dan KCl.

b) *Slow release fertilizer*

Pupuk jenis ini melepaskan unsur hara secara perlahan. Seiring dengan kemajuan teknologi, pupuk ini kemudian dikembangkan menjadi *controlled release*

fertilizer yaitu pupuk yang melepaskan unsur haranya sedikit demi sedikit sesuai dengan kebutuhan tanaman atau lepas terkendali [9].

2.2. Pupuk NPK

Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang tidak hanya mengandung dua unsur hara, tetapi tiga unsur hara sekaligus yang merupakan gabungan dari pupuk tunggal, N, P dan K. Itulah sebabnya, NPK sangat digemari oleh petani, berikut adalah unsur hara yang terkandung dalam pupuk NPK:

2.2.1. Nitrogen (N)

Nitrogen keberadaannya mutlak ada untuk kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan dibutuhkan dalam jumlah yang banyak. Tetapi semua atau sebagian besar pupuk N komersil mempunyai kelarutan tinggi jika diberikan ke dalam tanah [3].

2.2.2. Phospor (P)

Fungsi penting fosfor di dalam tanaman yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman lainnya [3].

2.2.3. Kalium (K)

Ion K di dalam tanaman berfungsi sebagai aktivator dari banyak enzim yang berpartisipasi dalam beberapa proses metabolisme utama tanaman. Kalium sangat vital dalam proses fotosintesis. Apabila K defisiensi maka proses fotosintesis akan turun, akan tetapi respirasi tanaman akan meningkat [3].

Berikut adalah standar nasional spesifikasi persyaratan mutu pupuk NPK:

| No. | Jenis uji | Satuan | Persyaratan | Batas toleransi minimal yang dipersyaratkan |
|-----|--|--------|----------------------------------|---|
| 1. | Nitrogen total* | %, b/b | Sesuai formula yang ada di label | 8 % |
| 2. | Fosfor total sebagai P ₂ O ₅ * | %, b/b | | 8 % |
| 3. | Kalium sebagai K ₂ O* | %, b/b | | 8 % |
| 4. | Jumlah kadar N, P ₂ O ₅ , K ₂ O | %, b/b | | 8 % |
| 5. | Kadar air | %, b/b | Maks. 3 | - |
| 6. | Cemaran logam | | | |
| | - Raksa (Hg) | mg/kg | Maks. 10 | - |
| | - Kadmium (Cd) | mg/kg | Maks. 100 | - |
| | - Timbal (Pb) | mg/kg | Maks. 500 | - |
| 7 | Arsen (As) | mg/kg | Maks. 100 | - |

Keterangan : * adalah Jenis uji 1 s/d 3 adbk (atas dasar berat kering)

Gambar 2. 1 Spesifikasi Persyaratan Mutu Pupuk NPK

Sumber : Badan Sertifikasi Nasional (BSN) [11]

2.3. Controlled Release Fertilizer (CRF)

Controlled release fertilizer (CRF) adalah pupuk yang dibentuk sedemikian rupa agar nutrisi yang tersedia di dalam pupuk bertahan lebih lama dari pada pupuk biasa saat diaplikasikan ke tanah [4].

Prinsip dasar CRF adalah memberikan suatu lapisan pelindung (enkapsulasi) menggunakan material yang tidak larut dalam air, memiliki pori yang bersifat *semi permeable* atau *impermeable*. Lapisan ini berfungsi untuk mengontrol penetrasi air dan laju pelarutan nutrisi pupuk ke tanah, sehingga nutrisi yang keluar dari pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman [4].

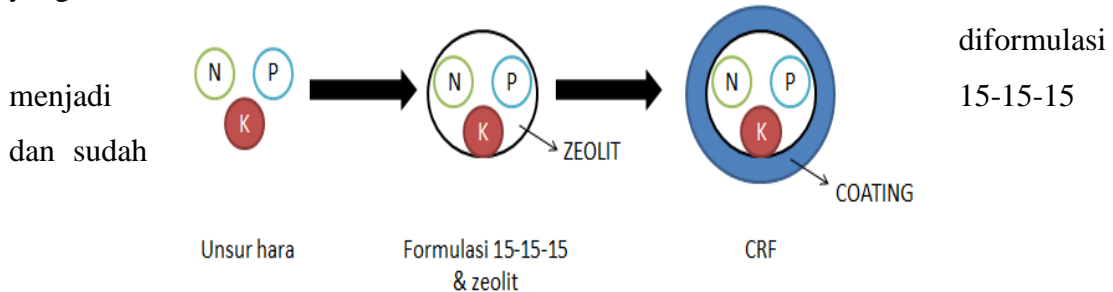
Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan CRF memberi banyak keuntungan. Keuntungan tersebut antara lain:

- Mengurangi toksisitas pupuk konvensional (terutama pada benih), yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion yang dihasilkan dari pelarutan

pupuk yang sangat cepat oleh air, sehingga dapat meningkatkan *agronomic safety*.

- Aman digunakan dalam jumlah banyak karena toksisitas dalam jumlah garam pada pupuk dapat direduksi.
- Penggunaannya sangat efisien karena memiliki laju pelepasan nutrisi pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman.
- Mengurangi kemungkinan hilangnya nutrisi pupuk secara signifikan ketika diaplikasikan ke tanah, terutama nutrisi yang berupa nitrat (NO_3), dengan cara melepaskan nutrisi sedikit demi sedikit.
- Mengurangi laju evaporasi ammonia (NH_3) serta gas gas berbahaya lain seperti NO , N_2O , dan CO_2 yang secara tidak langsung juga mengurangi pencemaran lingkungan.
- Berkontribusi dalam program pengembangan pupuk dan inovasi dalam sistem pertanian.

Dalam penelitian ini CRF dibuat dengan adanya pembaharuan dari SRF yang akan lebih mengoptimasikan CRF, karena pupuk akan terlapis dua kali. Pupuk NPK yang



dicampurkan dengan zeolit, lalu di coating dengan larutan pelapis yang terdiri dari sodium silikat, amilum dan PEG. *Coating* tersebut akan mengatur keluarnya unsur hara dan akan tercapainya tujuan untuk mengoptimasikan pembuatan dari CRF [4].

Gambar 2. 2 Mekanisme Pelapisan CRF

2.4. *Macam-macam metode pembuatan CRF (Controlled Release Fertilizer)*

2.4.1. Metode Matriks

Matriks adalah bahan dasar pembentuk komposit yang mengikat pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia. Pada metode ini, terdiri dari suatu matriks yang berfungsi sebagai penghalang selektif (*selective barrier*) [13]. Metode matriks dapat menggunakan berbagai macam material pelapis.

a. Sodium silikat, Polietilen Glikol (PEG) dan Kitosan

Sintesis material penyalut pupuk ini menggunakan prekursor sodium silikat, bahan aditif kitosan dan PEG 6000 dengan metode sol-gel.

Kekurangan: Kitosan susah untuk didapatkan dan kurang ekonomis [4].

b. Zeolit alam

Matriks menggunakan zeolit alam sebagai material pengikat dan cangkang dari proses enkapsulasi dengan pencampuran binder sebagai perekat antara cangkang dan zat aktif.

Kekurangan: Mudah menyerap air [7].

c. Akrilamida

Matriks menggunakan material akrilamida dibuat dengan metode *hidrogel* proses kopolimerisasi *grafting* selulosa-akrilamida menggunakan radiasi gamma menggunakan metode simultan.

Kekurangan: belum mendapatkan hasil optimasi kondisi parameter secara simultan [14].

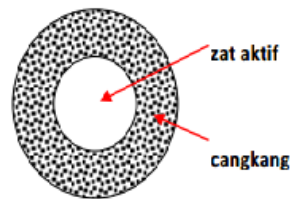
d. Bentonit dan Kitosan

Sintesis *matriks* biopolymer dilakukan dengan membuat *hybrid* material berbasis biopolimer yaitu dari kitosan dan bentonit.

Kekurangan: meningkatnya kandungan bentonit cenderung menurunkan daya serap airnya [13].

Matriks dilakukan dengan teknik enkapsulasi, enkapsulasi adalah teknik dimana satu atau beberapa material dilapisi atau diisolasi dalam material lain. Tujuan proses enkapsulasi adalah untuk melindungi zat aktif dari lingkungan, mengontrol pelepasan zat aktif ke lingkungan, menghalangi pergerakan zat aktif, mengubah bentuk zat aktif agar *handling* pada saat proses maupun penyimpanannya menjadi lebih mudah, serta mengubah tampilan maupun aroma zat aktif [4].

Produk hasil enkapsulasi terdiri dari dua bagian utama, yaitu material pelapis dan material yang dilapisi. Material yang dilapisi dalam proses enkapsulasi disebut dengan zat aktif atau material inti, sedangkan material pelapisnya disebut dengan cangkang atau kapsul.



Gambar 2. 3 Morfologi Penampang

Sumber : Olivia lantang, 2011

Morfologi kapsul bergantung pada morfologi zat aktif maupun proses yang digunakan untuk menghasilkan kapsul. Morfologi kapsul diatas adalah kapsul matriks, pada matriks zat aktif terdistribusi secara homogen pada cangkangnya.

Berdasarkan ukurannya, produk hasil enkapsulasi dapat dibagi tiga, yaitu makrokapsul ($>5000 \mu\text{m}$), mikrokapsul ($0,2-5000 \mu\text{m}$), dan nanokapsul ($<0,2 \mu\text{m}$). Ukuran produk hasil enkapsulasi bergantung pada ukuran zat aktif yang dienkapsulasi serta proses yang digunakan. Enkapsulasi dilakukan dengan metode sol-gel melalui proses *dip coating*.

2.4.2. Metode Coating

Pelapisan (*coating*) adalah sebuah lapisan yang diterapkan pada permukaan obyek, biasanya disebut sebagai substrat. Pelapisan merupakan operasi fundamental secara luas di berbagai industri kimia, termasuk obat-obatan, makanan, pupuk, kosmetik, biomedis, nuklir, dll [11]. Biasanya, proses pelapisan dilakukan untuk mencapai satu atau lebih hal berikut:

- Melindungi bahan dari oksigen, kelembaban, cahaya yang tidak kompatibel atau unsur-unsur lain.
- Menunda atau mengontrol pelepasan agen aktif di dalam partikel inti.
- Memberikan sifat yang diinginkan pada antarmuka partikel, yang membuat mereka lebih tepat untuk aplikasi dari target akhir (misalnya dispersi dalam plastik, pulverisation elektrostatis, dll).
- Mengurangi afinitas bubuk dengan pelarut organik atau air.
- Menghindari penggumpalan selama penyimpanan dan transportasi.
- Meningkatkan penampilan, rasa atau bau produk.
- Menjaga nutrisi yang terkandung dalam produk makanan.
- Memberi kemampuan bubuk (katalis, enzim deterjen berlapis, dll).
- Meningkatkan ukuran partikel.

Metode coating menurut prosesnya terbagi atas:

a. *Dip Coating*

Dip coating adalah suatu proses yang digunakan untuk pelapisan. Pada proses pelapisan ini, biasanya di bagi menjadi beberapa langkah. Perendaman (*immersion*), dimana substrat ini direndam dalam larutan bahan lapisan pada kecepatan konstan. Kemudian *Start-up* dimana substrat telah berada di dalam larutan untuk sementara waktu dan mulai ditarik ke atas. Kecepatan menentukan ketebalan lapisan (penarikan lebih cepat memberikan bahan pelapis yang lebih tebal). Pengeringan, dimana kelebihan cairan akan mengalir dari permukaan. Penguapan (*evaporation*), dimana pelarut yang menguap dari cair, membentuk lapisan tipis [5].

Macam material pelapis yang digunakan pada metode dip coating:

- Sodium silikat, Amilum dan PEG
- *Polyacrylic acid*, Polivinil alkohol (PVA), dan Amilum

Kekurangan: Tebal pelapisan tidak konstan

b. *Fluidized Bed Spray*

Teknologi *fluidized bed* ditemukan pada tahun 1922 oleh Winkler untuk gasifikasi batubara. Sejak itu teknologi ini meluas ke dalam banyak bidang aplikasi yang membutuhkan konstruksi berbeda dari unggun terfluidakan. *Fluidized bed* digunakan untuk proses fisik seperti pencampuran, penggolongan, pengeringan, pelapisan, granulasi, aglomerasi, adsorpsi, transportasi *pneumatic* serta pemanasan dan pendinginan padatan. Plant untuk pembakaran, pirolisis, gasifikasi, *gas cleaning*, *water purification*. Beberapa tahun terakhir, *fluidized bed* telah diterapkan lebih umum untuk teknologi proses yang berhubungan dengan lingkungan sebagai contoh *adsorptive* atau pembersihan gas untuk fluidisasi

dengan menghambat mikroorganisme di dalam fasa cair untuk produksi zat aktif di dalam pembersihan limbah.

Macam material pelapis yang digunakan pada metode dip coating:

- Sodium silikat, Amilum dan PEG
- *Polyacrylic acid*, Polivinil alkohol (PVA), dan Amilum

Kekurangan: alat susah didapatkan.

2.5. Pemilihan Metode Pembuatan CRF

Dari metode-metode yang telah dijelaskan, pemilihan metode yang akan digunakan dalam pembuatan CRF ini akan ditinjau dari segi keuntungan dan kerugian tiap metode yang ada. Maka dipilih metode yang digunakan untuk pembuatan CRF NPK adalah metode matriks menggunakan zeolit alam dan metode *dip coating* menggunakan sodium silikat, amilum dan PEG. Berikut adalah penjelasan dari bahan baku yang digunakan:

2.5.1. Zeolit

Zeolit adalah kristal alumino silikat dari elemen grup IA dan grup IIA. Struktur zeolit adalah kompleks, yaitu polimer kristal anorganik didasarkan kerangka tetrahedral yang diperluas tak terhingga dari AlO_4 dan SiO_4 dan dihubungkan dengan lainnya melalui pembagian bersama ion oksigen. Zeolit menurut proses pembentukannya dibagi 2, yaitu: zeolit alam (*natural zeolit*) dan zeolit sintetis (*syntetic zeolit*) [6].

Zeolit bisa juga digunakan sebagai *adsorben*. Zeolit yang terdehidrasi akan mempunyai struktur pori terbuka dengan *internal surface area* besar sehingga kemampuan menyerap molekul selain air semakin tinggi. Ukuran cincin dari jendela

yang menuju rongga menentukan ukuran molekul yang dapat terserap. Sifat ini yang menjadikan zeolit mempunyai kemampuan penyaringan yang sangat spesifik yang dapat digunakan untuk pemurnian dan pemisahan [6].

2.5.2. Sodium Silikat ($\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$)

Sodium silikat merupakan salah satu sumber penghasil silika (SiO_2) yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: silika, alkali (Na_2O), dan air. Sodium silikat banyak digunakan pada industri detergen sebagai buffer untuk mengontrol pH. Sodium silikat juga dapat digunakan sebagai perekat dan binder. Dibandingkan dengan *tetraethyl ortosilicate* dan *tetramethyl orthosilicate*, sodium silikat merupakan sumber silika yang murah dan lebih ramah lingkungan, sehingga saat ini banyak dilakukan penelitian tentang nanostruktur silika dari sodium silikat [4].

Pada penelitian sebelumnya perekat atau binder yang digunakan *polyacrylic acid* atau dapat juga menggunakan polivinil alkohol [10].

2.5.3. Amilum

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Barangkali tidak ada satu senyawa organik lain yang tersebar begitu luas sebagai kandungan tanaman seperti halnya pati [7]. Amilum berfungsi sebagai bahan perekat yang bersifat *biodegradable* yang baik untuk lingkungan. Dibandingkan dengan bahan *biodegradable* lainnya seperti kitosan yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya, amilum lebih mudah didapatkan dan harganya lebih terjangkau.

2.5.4. Polietilen Glikol

Polietilen glikol (PEG) merupakan polimer amphipathic yang memiliki berat molekul bervariasi, antara 200 hingga 20.000. PEG yang memiliki berat molekul kurang dari 1000 biasanya berbentuk cairan kental yang tidak berwarna, sedangkan

yang berat molekulnya lebih dari 1000 umumnya berbentuk serpih berwarna putih [4].

Sifat sifat PEG ditentukan oleh berat molekulnya, namun umumnya PEG bersifat hidrofobik, *biokompatible*, *biodegradable*, *fleksible*, dan tidak beracun. Apabila rantai PEG teradsorpsi dan menempel pada permukaan polimer, maka PEG akan dapat memperbaiki kelarutan polimer tersebut [4].

2.6. Metode Karakterisasi Produk

2.6.1. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan salah satu metode karakterisasi material menggunakan mikroskop elektron yang umum digunakan untuk mengetahui topografi permukaan sampel berupa padatan. Perbesaran gambar yang diperoleh berkisar antara 10x-300.000x sehingga dapat mencapai skala nanometer. Syarat sampel yang akan dikarakterisasi menggunakan SEM adalah bersifat konduktif. Apabila sampel tidak bersifat konduktif maka perlu dilakukan pelapisan dengan karbon, emas, atau material konduktif lain pada permukaan sampel. Ukuran sampel yang akan dikarakterisasi sesuai dengan ukuran tempat menyimpan sampel pada alat SEM [4].

2.6.2. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Spektroskopi inframerah merupakan alat karakterisasi yang digunakan untuk mengidentifikasi ikatan kimia dalam sampel. Sampel padat, cair, maupun gas dapat dikarakterisasi dengan FTIR. Daerah karakterisasi FTIR standar berkisar antara $\sim 7000\text{cm}^{-1}$ - $\sim 400\text{cm}^{-1}$ [4].

Analisis FTIR didasarkan pada frekuensi spesifik yang dimiliki setiap molekul, yang berhubungan dengan getaran internal setiap grup atom. Frekuensi ini terjadi dalam daerah spektrum elektromagnetik infra merah, yaitu $\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ - $\sim 200\text{ cm}^{-1}$ [4].

2.6.3. X-ray Diffraction (XRD)

Proses analisis menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel [9].

Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom [9].

Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Sinar-X merupakan foton dengan energi tinggi yang memiliki panjang gelombang berkisar antara 0.5 sampai 2.5 Angstrom. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, maka sebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Hamburan terdifraksi inilah yang dideteksi oleh XRD. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi [9].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

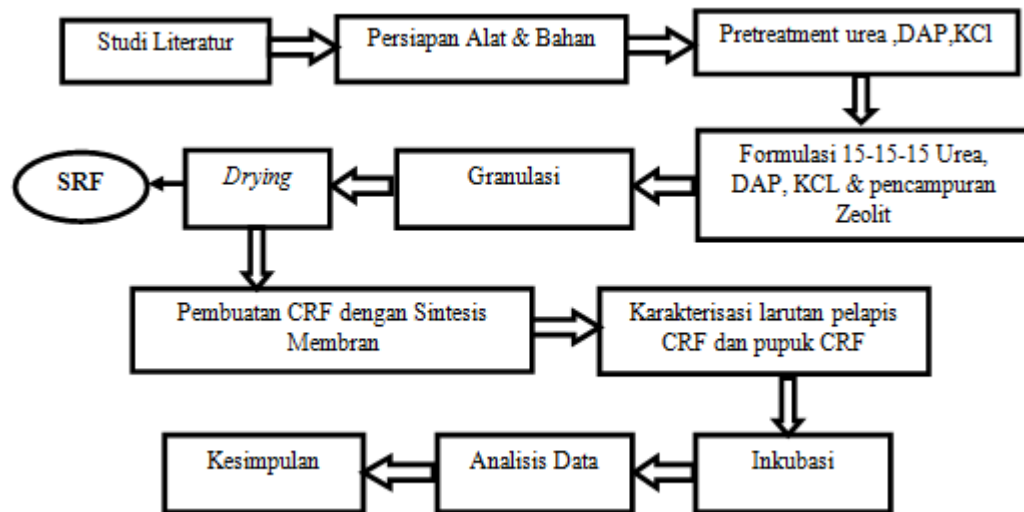
Pada bab ini, akan membahas metodologi dari penelitian pembuatan CRF NPK dari mulai alat dan bahan, Pembuatan prototipe produk CRF, uji karakterisasi yang dilakukan, dan membahas prosedur untuk pembuatan CRF NPK ini.

3.1. *Tempat penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Industri Proses (LTIP), Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia (PTSEIK), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Puspitek Serpong dari bulan Februari – Juni 2016. Sedangkan untuk uji karakteristik dilakukan di Balai Pengujian dan Identifikasi Barang (BPIB) Tipe A Jakarta.

3.2. *Tahapan penelitian*

Penelitian ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut: studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan prototipe produk CRF, analisis dan karakterisasi. Tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Tahapan Penelitian

3.3. *Alat dan Bahan*

3.3.1. **Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| a) <i>Crusher</i> | h) Gelas kimia 600 mL |
| b) <i>Pan granulator</i> | i) <i>Magnetic stirrer dan stirrer bar</i> |
| c) <i>Rotary dryer</i> | j) Oven |
| d) <i>Screener</i> | k) Pipet tetes |
| e) <i>Alat spray untuk binder</i> | l) Timbangan digital |
| f) Gelas kimia 100 mL | m) Sarung tangan |
| g) Gelas kimia 1000 mL | n) Masker |

Peralatan untuk penelitian ini dapat dilihat pada lampiran C

3.3.2. **Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Zat aktif :
 - Pupuk urea
 - DAP (*Diammonium Phosphate*)
 - KCl (Kalium Klorida)
- b) Matriks : Zeolit alam
- c) Binder : Tapioka
- d) *Dip coating*:
 - Sodium silikat
 - Amilum
 - Polietilen Glikol (PEG) 4000
- e) Aquades
- f) Pewarna makanan

Macam-macam bahan untuk penelitian ini dapat dilihat pada lampiran C

3.4. Pembuatan prototipe produk CRF

3.4.1. Pretreatment

Pretreatment adalah merupakan tahapan awal yang sangat menentukan kualitas produk SRF (*Slow Release Fertilizer*) yang akan disintesis. Yang termasuk dalam tahapan ini antara lain pemurnian (*purification*) dan pengecilan ukuran (*size reduction*).

Pemurnian (*purification*) yang sederhana adalah memisahkan komponen *impurities* karena dapat menurunkan spesifikasi zeolit alam khususnya daya adsorpsi atau KTK (Kapasitas Tukar Kation) sebagai salah satu karakteristik bahan baku yang sangat penting pada proses pembuatan SRF. Semakin tinggi daya adsorpsi atau KTKnya maka semakin banyak unsur nutrisi pupuk yang akan teradsorpsi pada daerah sekitar pori zeolit. *Impurities* tersebut antara lain sampah kasar seperti batu,

plastik, logam, daun dan ranting pohon. Pemisahan sampah kasar tersebut dapat dilakukan secara fisika menggunakan *filter* dan proses *leaching* serta kalsinasi sebagai alternatif agar diperoleh produk zeolit alam dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi.

Bahan baku zeolit alam biasanya diperoleh dalam bentuk bongkahan batu yang besar. Lalu dilakukan proses pengecilan ukuran (*size reduction*) sebelum diproses pada tahap formulasi.

3.4.2. Formulasi

Formulasi zeolit alam, urea dan binder adalah sangat penting dan dapat mempengaruhi spesifikasi produk SRF yang diharapkan. Variasi parameter proses yang dilakukan antara lain: perbandingan zeolit alam dan urea. Untuk jenis binder dipilih yang bersifat *biodegradable*. Secara umum formulasi SRF ini dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu formulasi 1 dan formulasi 2. Formulasi 1 dilakukan proses *immersion* yaitu perendaman zeolit dalam larutan urea atau proses *vapor infiltration*. Tujuan dari proses tersebut adalah agar terjadi reaksi substitusi atom H pada daerah sekitar pori zeolit dengan N yang berasal dari NPK.

3.4.3. Granulasi

Binder berupa larutan dengan konsentrasi tertentu ditambahkan pada waktu proses granulasi dengan menggunakan *spray*.

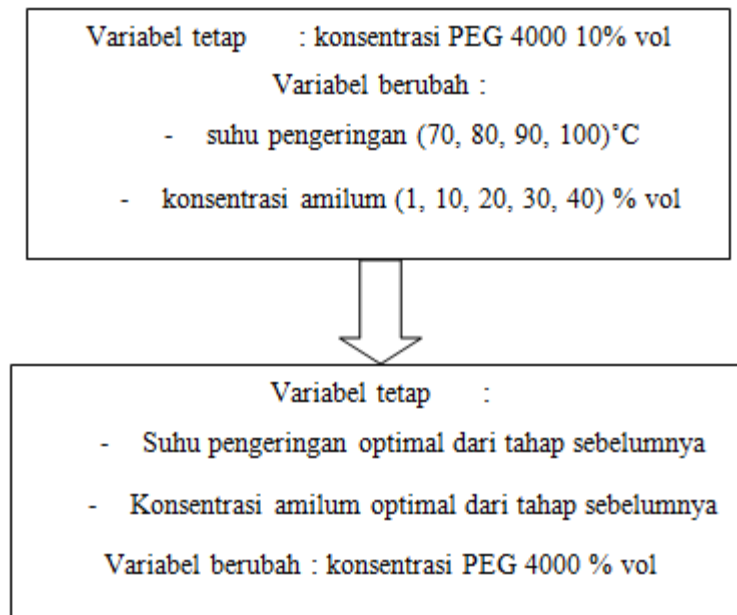
3.4.4. Drying

Penurunan kandungan air dilakukan menggunakan *rotary dryer* secara *continue*. Parameter yang diamati antara lain hubungan antara kadar air pada sampel granul SRF terhadap *moisture content*. Setiap 2 m pada *rotary dryer* diambil sampel untuk diukur kadar air (*moisture content*-nya). *Moisture content* diamati setiap pengulangan proses pengeringan menggunakan rotary dryer 2 m.

3.4.5. Sintesis membran

Selain untuk menghasilkan CRF, penelitian ini juga ditujukan untuk mempelajari pengaruh penambahan konsentrasi amilum dan PEG 4000 serta suhu pengeringan terhadap CRF yang terbentuk. Oleh karena itu, digunakan beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil prototipe CRF NPK yang optimal. Tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2.

Pada proses sintesis membran dengan metode *dip coating*, ketebalan *dip coating* akan diatur pada saat proses *dip* atau pencelupan untuk menghasilkan *coating* yang sempurna. Setelah mendapatkan *coating* terbaik, NPK yang sudah *dicoating* dikeringkan di dalam oven.



Gambar 3. 2 Diagram Tahap Pembuatan Prototipe CRF NPK

3.5. Karakterisasi

Peralatan uji karakterisasi:

a) SEM-EDAX

Uji karakterisasi menggunakan SEM-EDAX bertujuan untuk menganalisa bentuk, ukuran, serta komposisi dari permukaan sampel CRF NPK secara kualitatif maupun kuantitatif.



Gambar 3. 3 Peralatan SEM-EDAX

Sumber: BPIB Tipe A Jakarta

b) FTIR Spectra 100 Perkin Elmer

Uji karakterisasi menggunakan FTIR atau *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam sampel.

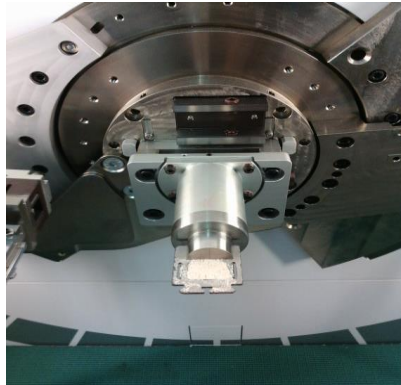


Gambar 3. 4 Peralatan FTIR

Sumber: BPIB Tipe A Jakarta

c) XRD PANalytical EMPYREAN

Uji karakterisasi menggunakan XRD atau *X-ray Diffraction* bertujuan untuk mengetahui struktur kristal menggunakan sinar X.



Gambar 3. 5 Peralatan XRD

Sumber: BPIB Tipe A Jakarta

3.6. *Prosedur pembuatan CRF NPK ada beberapa tahap, antara lain:*

3.6.1. Langkah 1 (pembuatan pupuk yang sudah dilapisi matriks)

- a) Persiapan bahan baku dengan formulasi NPK 15-15-15 50 kg.
 - Urea = 10.000 g
 - DAP (*Diammonium Phosphate*) = 16.300 gram
 - KCl (Kalium Klorida) = 12.500 gram
 - Zeolit alam = 11.300 gram
 - Binder tapioka 10% = 4 l (3.600 ml aquades & 400 gram tapioka)
- b) Penjemuran bahan baku: urea, DAP, KCl.
- c) Pencampuran urea, DAP, KCl dan zeolit.
- d) *Crushing* NPK formulasi 15-15-15.

- e) Pembuatan binder dari tapioka 10% menggunakan *magnetic stirrer* (3.600 ml aquades & 400 gram tapioka).
- f) Granulasi pupuk yang sudah di crushing menggunakan *pan granulator* dengan *spraying* binder.
- g) Penjemuran pupuk NPK sebelum dimasukkan ke dalam *rotary dryer*.
- h) Setelah di keringkan, pupuk NPK di masukkan ke dalam *rotary dryer* untuk mendapatkan kadar air maksimal 3 %. Kadar air di cek menggunakan *water content*.
- i) *Screening* pupuk dengan menggunakan bak ayakan dan mengambil ukuran lubang $\frac{3}{4}$.

3.6.2. Langkah 2 (melakukan percobaan 1: Untuk mendapatkan kadar amilum yang optimal)

- a) Persiapan bahan baku
 - Amilum
 - Natrium silikat 0,5 M
 - PEG 4000
 - Pupuk NPK (Nitrogen Phosfor Kalium)-SRF (*Slow Release Fertilizer*)
 - Pewarna makanan
- b) Pembuatan larutan pelapis
 - Mempersiapkan gelas kimia 100 ml.
 - Mempersiapkan gelas kimia 600 ml.
 - Membuat amilum 1%, 10%, 20%, 30%, 40% sebanyak 40 ml. masing masingnya pada gelas kimia 100 ml diaduk dengan *magnetic stirrer*.
 - Membuat sodium silikat 0,5 M sebanyak 200 ml sebanyak 5 gelas kimia 600 ml diaduk dengan *magnetic stirrer*.
 - Membuat PEG 10% sebanyak 20 ml sebanyak 5 gelas 100 ml diaduk menggunakan *magnetic stirrer*.

- Menambahkan larutan PEG 10% dan amilum pada tiap konsentrasinya ke dalam larutan Sodium silikat 0,5 M sambil diaduk dengan magnetic stirrer dan di teteskan 3 tetes pewarna makanan.
- c) Proses pelapisan (*dip coating*)
 - Siapkan cairan pelapis di cawan petri.
 - Celupkan NPK-SRF selama 10 detik.
 - Lalu dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan variasi suhu 70°C, 80°C, 90°C, 100°C.
 - Pencelupan dan pengeringan dilakukan sebanyak 3 kali.

d) Optimasi konsentrasi amilum

Konsentrasi amilum yang optimal ditentukan berdasarkan hasil analisis sebagai berikut:

- *Crushing strength*.
- *Water content* untuk mendapatkan *moisture*nya.

3.6.3. Langkah 3 (melakukan percobaan 2: Untuk mendapatkan kadar PEG yang optimal)

- a) Pembuatan larutan pelapis
- Mempersiapkan gelas kimia 100 ml.
 - Mempersiapkan gelas kimia 600 ml.
 - Membuat PEG 0%, 5%, 10%, 20%, 30% sebanyak 40 ml masing masingnya pada gelas kimia 100 ml diaduk dengan *magnetic stirrer*.
 - Membuat sodium silikat 0,5 M sebanyak 200 ml sebanyak 5 gelas kimia 600 ml diaduk dengan *magnetic stirrer*.
 - Membuat amilum optimal yang sudah didapatkan pada percobaan 1 sebanyak 20 ml sebanyak 5 gelas 100 ml diaduk menggunakan *magnetic stirrer*.

- Menambahkan larutan amilum optimal yang sudah didapatkan pada percobaan 1 dan PEG pada tiap konsentrasinya ke dalam larutan Sodium silikat 0,5 M sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* dan di teteskan 3 tetes pewarna makanan.

b) Proses pelapisan (*dip coating*)

- Siapkan cairan pelapis di cawan petri.
- Celupkan NPK-SRF selama 10 detik.
- Lalu dikeringkan di dalam oven selama 1 jam pada suhu optimum yang sudah didapatkan dari percobaan 1.
- Pencelupan dan pengeringan dilakukan sebanyak 3 kali.

c) Optimasi konsentrasi PEG

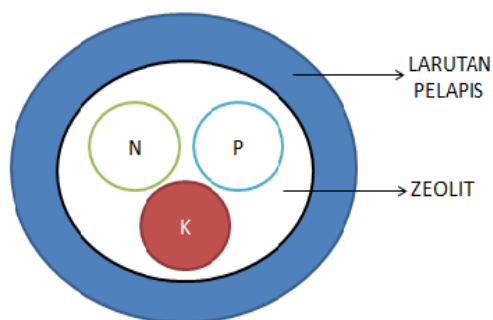
Konsentrasi PEG yang optimal ditentukan berdasarkan hasil analisis *crushing strength*, *water content* untuk mendapatkan *moisture*-nya dan kristalinitas.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Desain Prototipe Produk Pupuk CRF

Pupuk CRF di desain menggunakan teknologi matriks dengan menggunakan zeolit alam yang memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK), kemampuan adsorpsi disorpsi yang baik sehingga dapat menjerap nutrisi (N, P, K) dan dapat melepaskannya kembali ke lingkungan. Selanjutnya matriks beserta nutrisi dilindungi oleh membran yang dapat mengatur kontak dengan air, untuk lebih lengkap dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Desain Penampang Produk Pupuk CRF

4.2. Hasil optimasi konsentrasi amilum dan suhu pengeringan

Percobaan 1 (untuk menentukan konsentrasi amilum dan suhu pengeringan yang diinginkan).

- a) Variabel tetap: konsentrasi sodium silikat 0,5 M dan konsentrasi PEG 4000 10% vol
- b) Variabel berubah: konsentrasi amilum % vol dan suhu pengeringan

Tabel 4. 1 Komposisi Penyalut dengan Variasi Konsentrasi Amilum

| No. | Nama Sampel | Komposisi Penyalut | Perbandingan Volume Komposisi | Suhu Pengeringan (°C) |
|-----|-------------|---|-------------------------------|-----------------------|
| 1 | NPKSAP 1a | Sodium silikat 0.5 M + amilum 1% + PEG 4000 10% | 10:2:1 | 70 80 90 100 |
| 2 | NPKSAP 2a | Sodium silikat 0.5 M + amilum 10% + PEG 4000 10% | 10:2:1 | 70 80 90 100 |
| 3 | NPKSAP 3a | Sodium silikat 0.5 M + amilum 20% + PEG 4000 10% | 10:2:1 | 70 80 90 100 |
| 4 | NPKSAP 4a | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 100% | 10:2:1 | 70 80 90 100 |
| 5 | NPKSAP 5a | Sodium silikat 0.5 M + amilum 40% + PEG 4000 10% | 10:2:1 | 70 80 90 100 |

Keterangan:

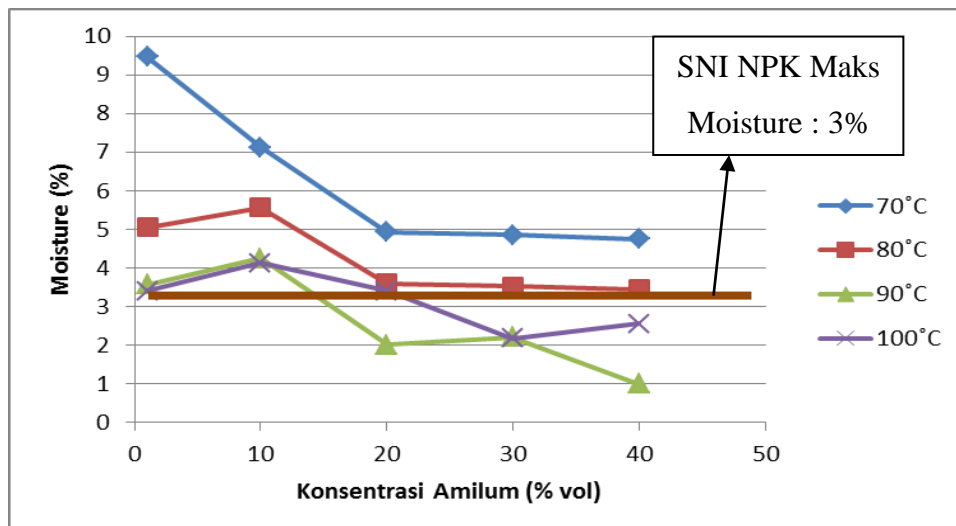
NPK : Pupuk NPK

S : Silika

A : Amilum

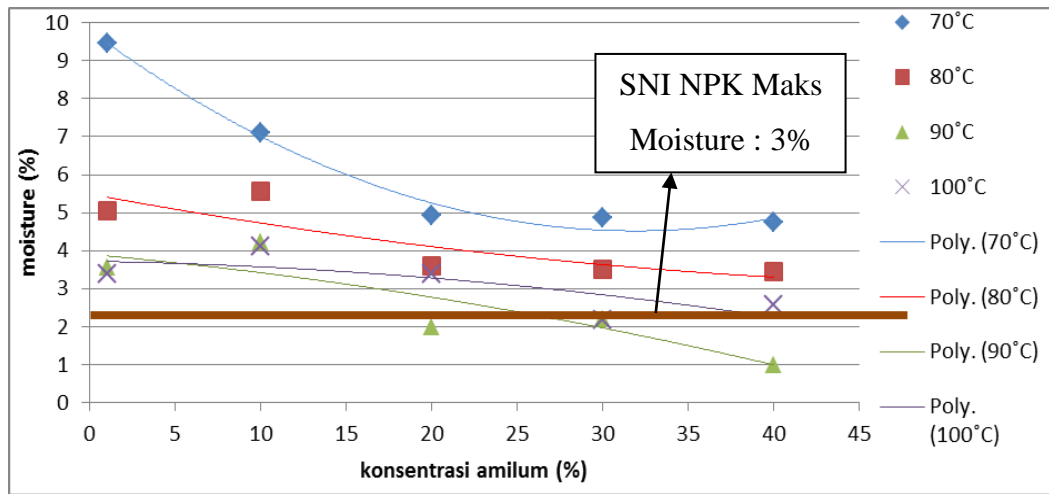
P : PEG 4000

Pada percobaan 1 ini dilakukan optimasi suhu pengeringan dan konsentrasi amilum dengan mengikuti prosedur sebagaimana terlampir pada bab sebelumnya. Untuk mendapatkan kondisi optimal, dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji *crushing strength* dan uji *moisture*, kemudian dibandingkan dengan beberapa suhu untuk mendapatkan suhu yang optimal. Variabel tetap yang digunakan adalah konsentrasi sodium silikat 0,5 M dan konsentrasi PEG 4000 10% vol. Konsentrasi PEG 4000 10% vol, diambil secara acak untuk membantu mencari konsentrasi optimal pada amilum.



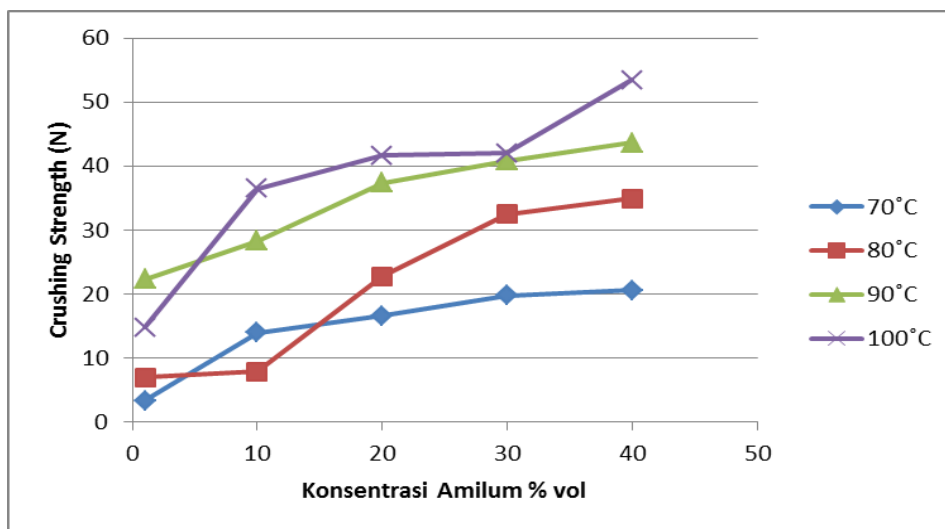
Gambar 4. 2 Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu Pengeringan Terhadap *Moisture*

Dapat dilihat pada gambar 4.2 suhu pengeringan yang memiliki *moisture* tertinggi adalah 70°C dengan 5 konsentrasi amilum yang berbeda dan yang memiliki *moisture* terendah ada pada suhu 90°C terutama pada konsentrasi 40%. Sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) bahwa pupuk NPK harus memiliki *moisture* maksimal adalah 3%. Maka CRF NPK yang memiliki suhu pengeringan 90°C dengan konsentrasi amilum 20%, 30%, 40% dan yang memiliki suhu pengeringan 100°C dengan konsentrasi amilum 30% dan 40% telah lulus dari SNI.



Gambar 4.3 Trendline Polynomial Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu Pengeringan Terhadap Moisture

Prototipe CRF NPK harus memenuhi Standar Nasional Indonesia, maka apabila dilihat di grafik *trendline* yang terdapat pada gambar 4.3 bahwa konsentrasi amilum 20% dengan suhu pengeringan 90°C sudah mendekati 3% kadar moisture dan begitu juga dengan konsentrasi amilum 30% dengan suhu pengeringan 100°C. Berbanding terbalik dengan CRF NPK konsentrasi amilum 30%, 40% dengan suhu 90°C dan konsentrasi amilum 40% dengan suhu pengeringan 100°C yang kadar *moisture*nya jauh dibawah 3%.



Gambar 4.4 Pengaruh Konsentrasi Amilum dan Suhu terhadap Crushing Strength

Amilum pada larutan pelapis berperan sebagai aditif untuk meningkatkan kekuatan dari pelapis tersebut, karna kelarutan amilum didalam air lebih rendah dibandingkan nutrien khususnya pupuk urea. Pada gambar 4.4 dilihat bahwa perbandingan konsentrasi amilum dengan *crushing strength* berbanding lurus, semakin tinggi konsentrasi amilum maka semakin tinggi *crushing strength*nya. Pada kegunaan amilum untuk pupuk CRF harus memiliki kekuatan sesuai dengan kebutuhan release pupuk tersebut, kebutuhan release pupuk berpengaruh pada penggunaan pupuk pada bidang pertanian, karena semakin kuat pupuk tersebut maka semakin lama release nya dan semakin lama pula terserap oleh tanaman.

Hasil dari uji *moisture* sebelumnya menyatakan yang telah lulus SNI dan jauh kadar *moisture*-nya dibawah 3% adalah CRF NPK konsentrasi amilum 30%, 40% dengan suhu 90°C dan konsentrasi amilum 40% dengan suhu pengeringan 100°C. Ketiga macam prototipe CRF NPK tersebut sudah memiliki kekuatan *crushing strength*-nya baik dengan nilai berturut turut adalah 40,8 N; 43,6 N; 53,4 N. Tetapi apabila dipertimbangkan dari sisi ekonomisnya, CRF NPK dengan konsentrasi amilum 30% dan suhu 90°C yang lebih optimal.

Maka dipilih suhu optimalnya adalah 90°C dan konsentrasi amilum optimalnya adalah 30% dengan pertimbangan data dari uji *crushing strength* dan uji *moisture*.

4.3. Hasil optimasi konsentrasi PEG 4000

Percobaan 2 (untuk mengetahui konsentrasi PEG terbaik dengan amilum yang sudah didapatkan).

- a) Variabel tetap: konsentrasi sodium silikat 0,5 M, amilum yang sudah didapatkan dari percobaan 1 yaitu 30% dan suhu pengeringan 90°C
- b) Variabel bebas: PEG 4000

Tabel 4. 2 Komposisi Penyalut dengan Variasi Konsentrasi PEG 4000

| No. | Nama | Komposisi Penyalut | Perbandingan Volume Komposisi |
|-----|-----------|--|-------------------------------|
| 1 | NPKSAP 0 | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 0% | 10:2:1 |
| 2 | NPKSAP 5 | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 5% | 10:2:1 |
| 3 | NPKSAP 10 | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 10% | 10:2:1 |
| 4 | NPKSAP 20 | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 20% | 10:2:1 |
| 5 | NPKSAP 30 | Sodium silikat 0.5 M + amilum 30% + PEG 4000 30% | 10:2:1 |

Keterangan:

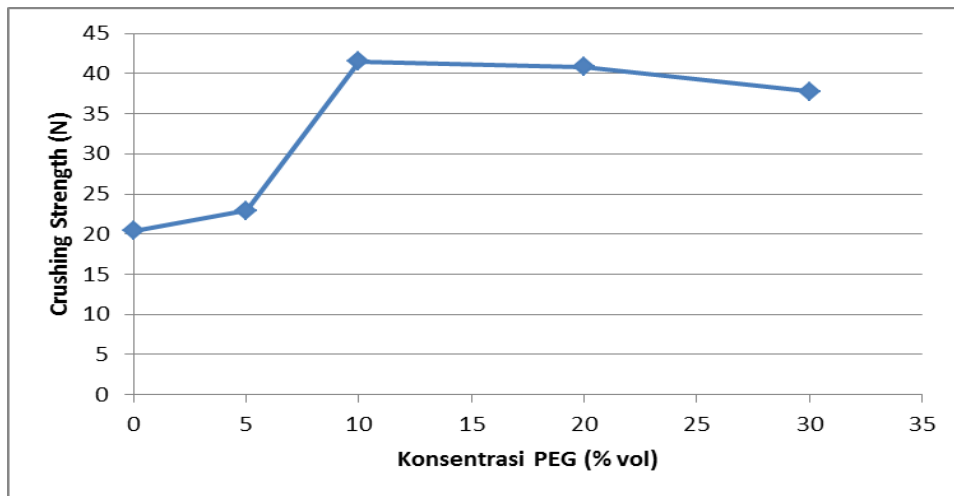
NPK : Pupuk NPK

S : silika

A : amilum

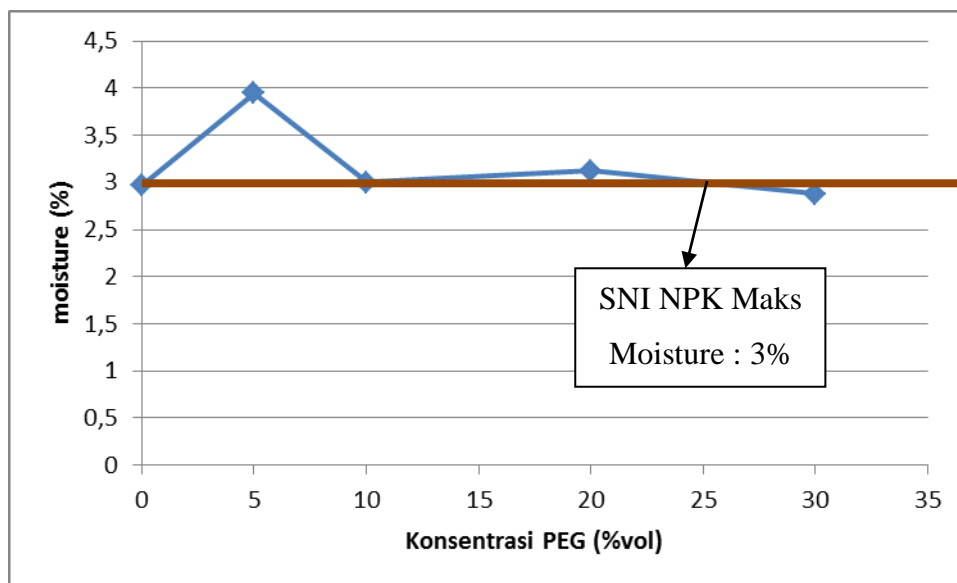
P : PEG 4000

Pada percobaan 2 dicari kondisi optimal dari konsentrasi PEG 4000. PEG dalam larutan pelapis berperan sebagai aditif yang akan mempengaruhi release dari CRF NPK. PEG sebagai template pada prekursor sodium silikat yang akan release terlebih dahulu.



Gambar 4. 5 Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap *Crushing Strength*

Dilihat dari gambar 4.5 bahwa terjadi sedikit kenaikan kekuatan pada saat konsentrasi PEG dinaikan dari 0% menjadi 5%, dan mengalami kenaikan yang sangat drastis pada konsentrasi PEG 10% setelah itu kembali menurun hingga konsentrasi 30%.



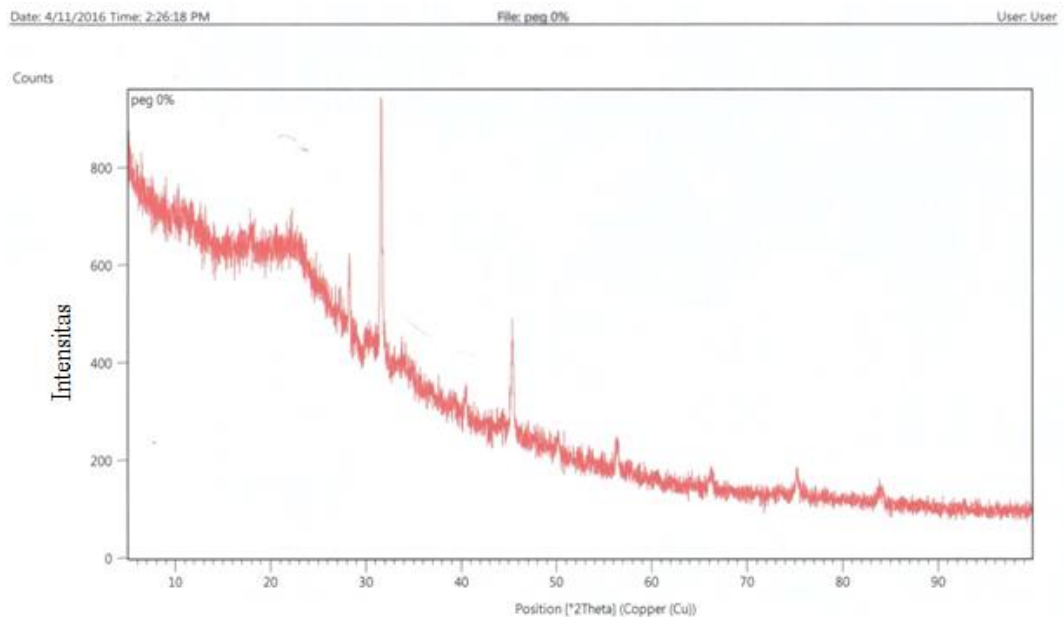
Gambar 4. 6 Pengaruh Konsentrasi PEG terhadap *Moisture*

Sedangkan pada gambar 4.6 *moisture* yang memenuhi Standar Nasional Indonesia adalah pada konsentrasi 10% dan 30%. Konsentrasi optimal PEG yang

dipilih dari pertimbangan hasil uji *crushing strength* dan uji moisture adalah 10% volume dikarenakan dilihat pula dari sisi ekonomisnya. Maka data yang didapat setelah melakukan dua percobaan yaitu konsentrasi amilum 30% vol, suhu 90°C, konsentrasi PEG 4000 10%.

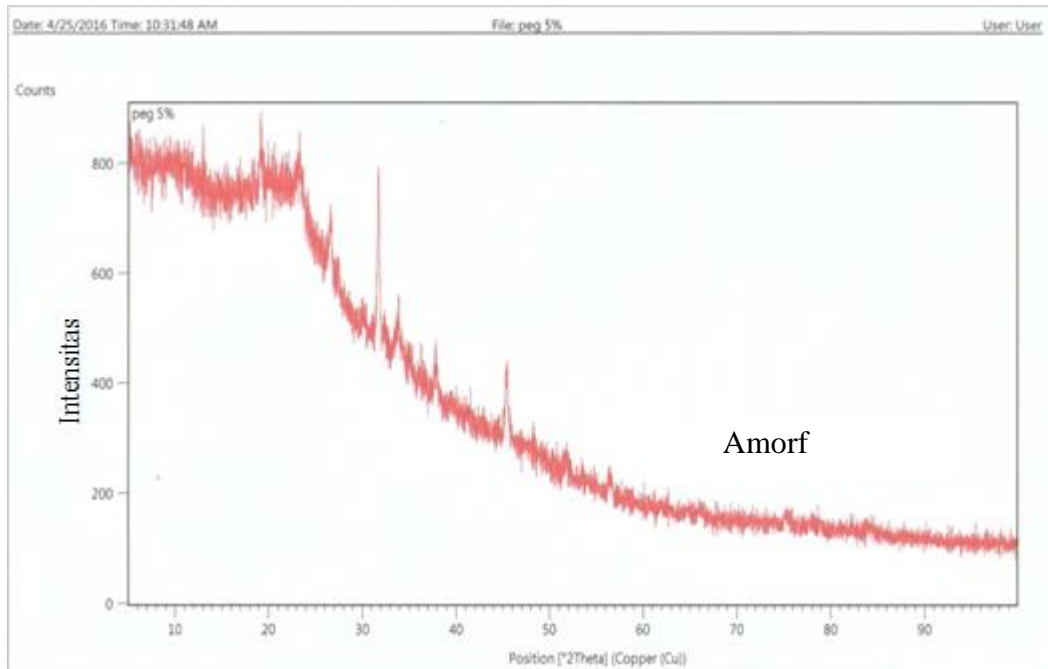
4.4. Hasil uji XRD Lapisan CRF NPK

XRD yang digunakan pada saat pengujian karakterisasi adalah XRD PANalytical EMPYREAN. Sampel yang diujikan terdiri dari lima sampel pada percobaan dua. Hasil uji XRD ini dapat membantu memperkuat data untuk mendapatkan hasil PEG optimal yang akan digunakan. Pengujian XRD menggunakan sampel bubuk kristal yang diambil dari pelapis CRF.

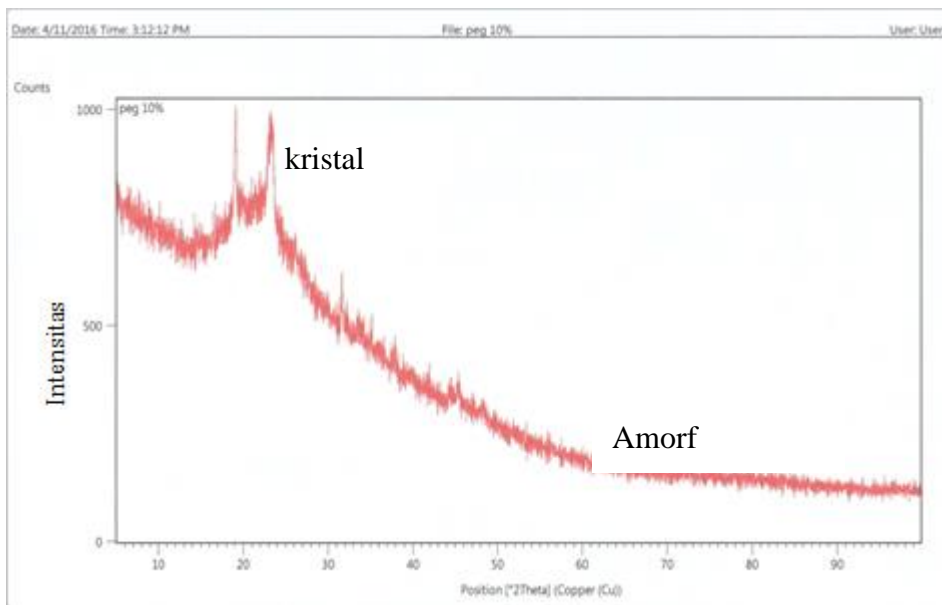


Gambar 4. 7 Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 0%

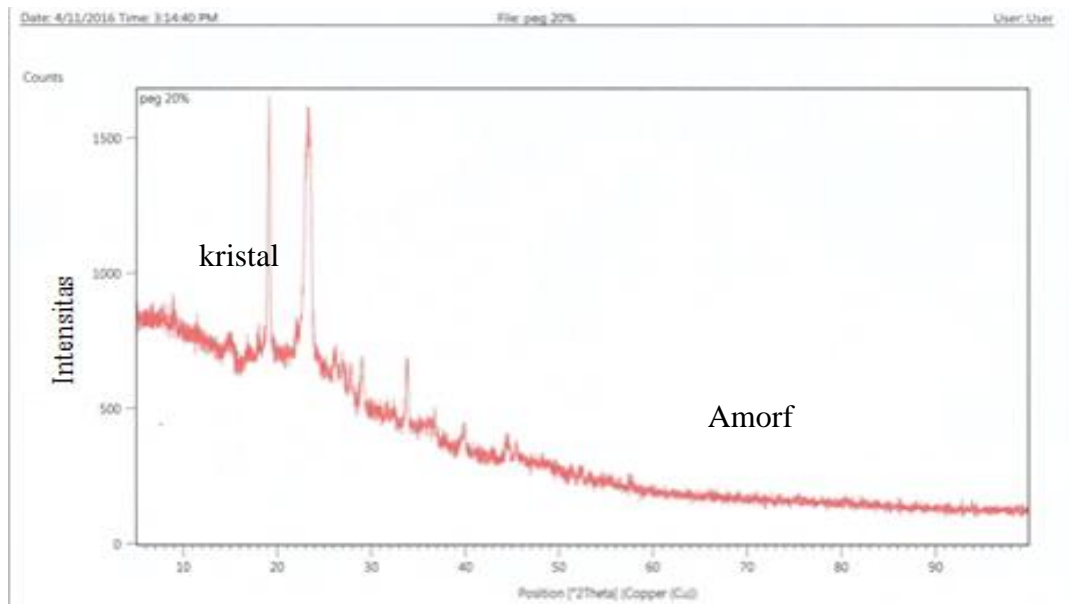
Berdasarkan gambar 4.7 bahwa sampel dengan konsentrasi PEG 0% terlihat amorf dan tidak terdapat PEG didalam sampel tersebut, tidak jauh berbeda dengan sampel yang mengandung PEG 5% yang dapat dilihat pada gambar 4.8. Sedangkan pada gambar 4.9; 4.10; 4.11 yang menggambarkan hasil uji dari sampel dengan PEG 10%, 20%,30% sudah tampak adanya kristal.



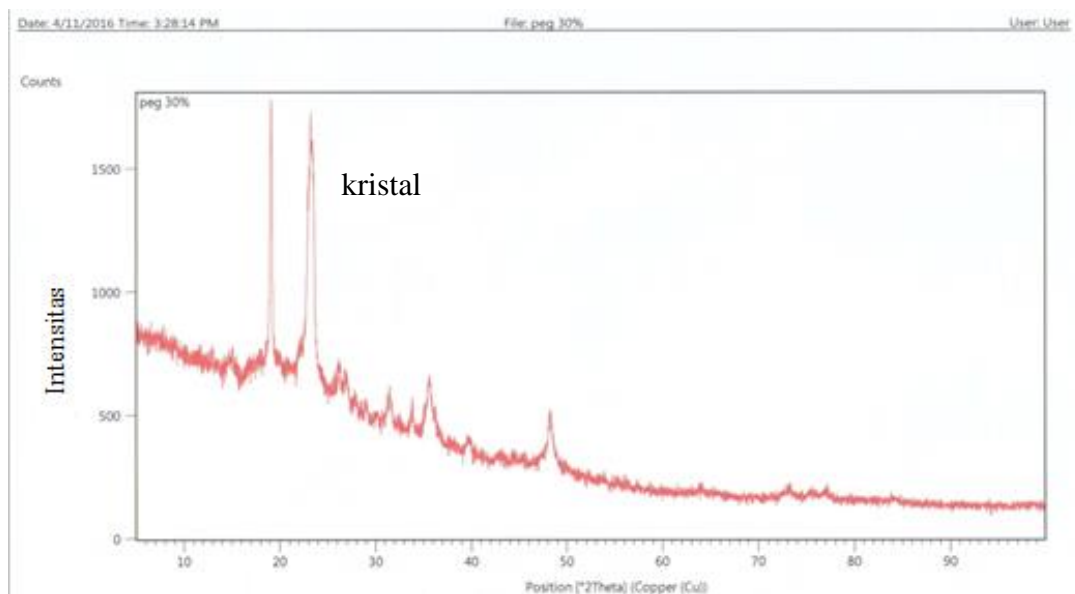
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian XRD pada Sampel dengan Konsentrasi PEG 5%



Gambar 4. 9 Hasil Pengujian XRD pada Sampel dengan Konsentrasi PEG 10%

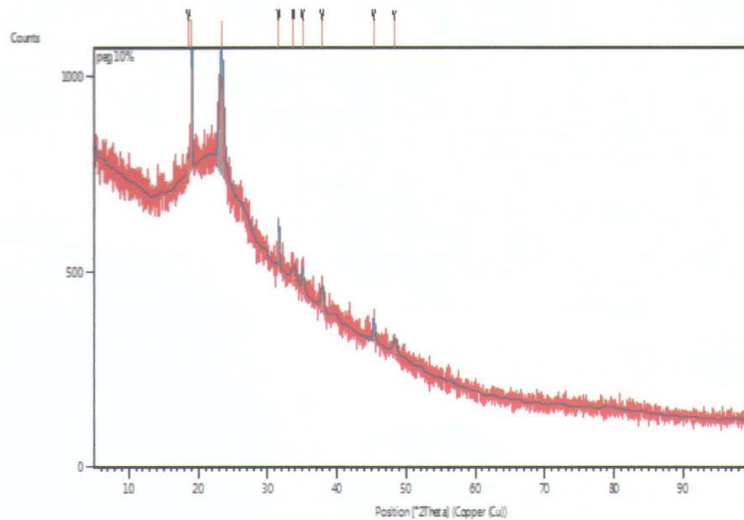


Gambar 4. 10 Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 20%



Gambar 4. 11 Hasil pengujian XRD pada sampel dengan konsentrasi PEG 30%

Pada pengujian XRD ini dapat dipelajari adanya struktur kristalin dan amorf. Khususnya untuk CRF NPK dengan konsentrasi amilum 30%, suhu pengeringan 90°C dan konsentrasi PEG 10% dapat dilihat pada gambar 4.9.

Graphics**Peak List**

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHMLeft [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|
| 18.6203 | 38.63 | 0.0895 | 4.76539 | 14.89 |
| 19.1280 | 259.51 | 0.0768 | 4.64002 | 100.00 |
| 23.3931 | 218.52 | 0.7164 | 3.80281 | 84.21 |
| 31.6464 | 92.89 | 0.1535 | 2.82737 | 35.79 |
| 33.8226 | 28.19 | 0.8187 | 2.65027 | 10.86 |
| 35.0994 | 43.37 | 0.3070 | 2.55672 | 16.71 |
| 37.8728 | 40.92 | 0.5117 | 2.37563 | 15.77 |
| 45.3779 | 44.19 | 0.3070 | 1.99865 | 17.03 |
| 48.3343 | 25.42 | 0.6140 | 1.88309 | 9.80 |

Pattern List

| Visible | Ref.Code | Score | Compound Name | Displ. [°2Th] | Scale Fac. | Chem. Formula |
|---------|-------------|-------|----------------------|---------------|------------|---------------|
| * | 00-052-2279 | 59 | Polyethylene glyco.. | 0.248 | 0.873 | (C2 H4 O)n H |

Gambar 4. 12 Peak dan Pattern List hasil Uji XRD Sampel dengan Konsentrasi PEG 10%

Pada gambar 4.12 dapat dilihat peak dari grafik sampel dengan konsentrasi PEG 10%. Pada sampel ini memiliki peak tertinggi yaitu 259,51 cps. Sampel ini memiliki jenis kristal *monoclinic* dengan *pattern list* adalah *polyethylene glycol* yang dapat dilihat pada gambar 4.13.

Name and formula

Reference code: 00-052-2279

Compound name: Polyethylene glycol 3000
PDF index name: Polyethylene glycol 3000

Empirical formula: $C_2H_6O_2$
Chemical formula: $(C_2H_4O)_nHOH$

Crystallographic parameters

Crystal system: Monoclinic

a (Å): 8.2290
b (Å): 13.0360
c (Å): 19.0610
Alpha (°): 90.0000
Beta (°): 125.9100
Gamma (°): 90.0000

Volume of cell (10^6 pm^3): 1656.11

RIR: -

Subfiles and quality

Subfiles: Organic
Polymer

Quality: Indexed (I)

Comments

Creation Date: 9/1/2002
Modification Date: 1/1/1970
Sample Source or Locality: Commercial sample from Sigma
Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

References

Primary reference: Alden, M., Lyden, M., Tegenfeldt, J., *Int. J. Pharm.*, **110**, 267, (1994)

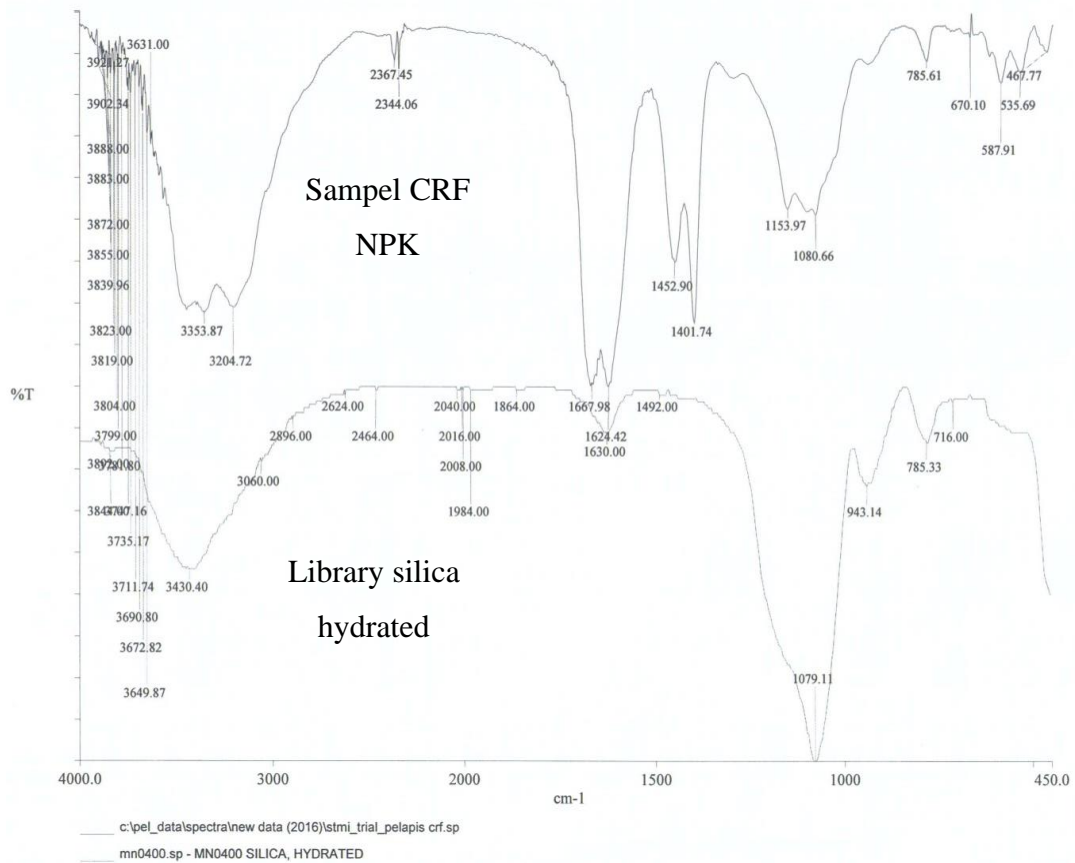
Peak list

| No. | h | k | l | d [Å] | 2Theta [deg] | I [%] |
|-----|----|---|---|---------|--------------|-------|
| 1 | 0 | 2 | 1 | 6.00020 | 14.752 | 6.0 |
| 2 | 1 | 2 | 0 | 4.69460 | 18.888 | 100.0 |
| 3 | -2 | 1 | 2 | 3.86470 | 22.994 | 60.0 |
| 4 | -1 | 3 | 1 | 3.82450 | 23.239 | 52.0 |
| 5 | -2 | 2 | 4 | 3.33830 | 26.682 | 7.0 |

Gambar 4. 13 Peak List dan Pattern List Hasil Pengujian XRD Sampel dengan Konsentrasi PEG 10%

4.5. Data dan analisis hasil uji FTIR

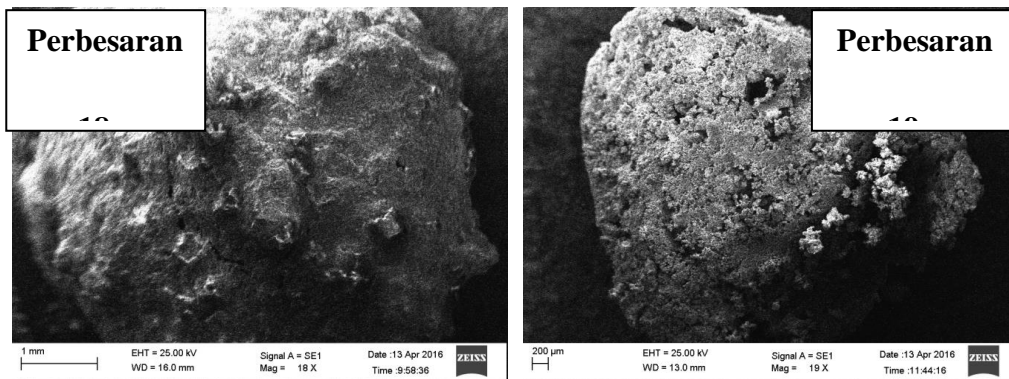
Berdasarkan hasil uji FTIR terdapat hasil pembacaan FTIR yaitu *silica hydrated* dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Hasil Pengujian FTIR CRF NPK dengan Pembacaan *Silica Hydrated*

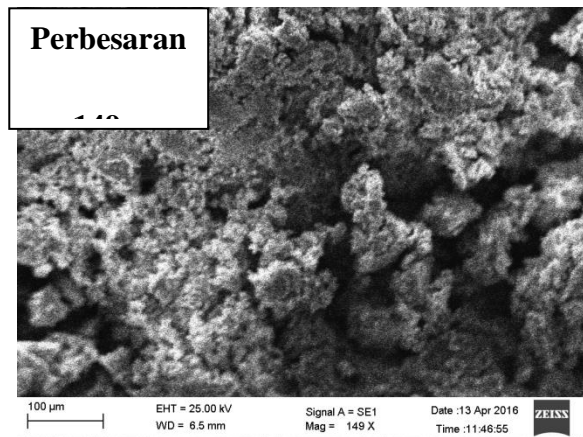
4.6. Data dan analisis hasil uji SEM-EDX

Pada alat SEM, mendapatkan hasil foto mikroskop pembesaran 18x dengan diameter 1mm pada gambar 4.15(a) untuk bentuk utuh dari CRF NPK, terlihat permukaan yang tidak rata pada lapisan terluar CRF NPK. Pada pengujian SEM selain melihat bagian luar CRF NPK, penampang dalam CRF NPK juga dapat dilihat pada gambar 4.15(b), dan penampang dalam CRF NPK diperbesar dengan pembesaran 149x dengan diameter 100 μm dapat dilihat pada gambar 4.15(c) .



(a)

(b)



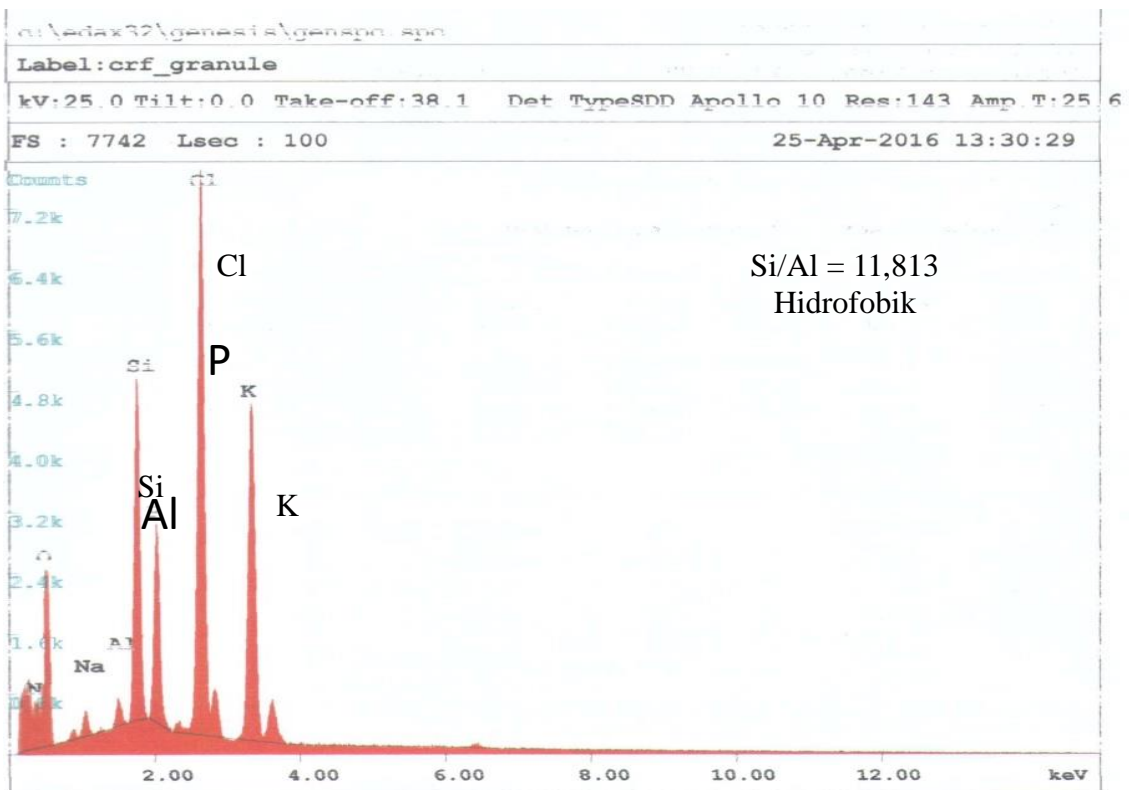
(c)

Gambar 4. 15 Hasil Uji Karakterisasi dengan SEM CRF NPK

Sedangkan dari analisis menggunakan EDX dapat diketahui komposisi Si 5,67% dan Al 0,48% sehingga dapat diketahui perbandingan:

$$\frac{Si}{Al} = 11,813$$

Sehingga diketahui bahwa sampel CRF NPK bersifat hidrofobik.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Element Normalized

SEC Table : User c:\edax32\eds\genuser.sec

| Element | Wt % | At % | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| N K | 25.85 | 32.98 | 0.0525 | 1.0245 | 0.1982 | 1.0011 |
| O K | 46.78 | 52.25 | 0.0780 | 1.0170 | 0.1640 | 1.0001 |
| NaK | 0.89 | 0.69 | 0.0024 | 0.9539 | 0.2856 | 1.0016 |
| AlK | 0.48 | 0.31 | 0.0026 | 0.9504 | 0.5657 | 1.0064 |
| SiK | 5.67 | 3.61 | 0.0392 | 0.9787 | 0.7023 | 1.0072 |
| P K | 3.26 | 1.88 | 0.0232 | 0.9469 | 0.7442 | 1.0090 |
| ClK | 10.10 | 5.09 | 0.0824 | 0.9215 | 0.8790 | 1.0070 |
| K K | 6.97 | 3.19 | 0.0580 | 0.9255 | 0.8988 | 1.0000 |
| Total | 100.00 | 100.00 | | | | |

Gambar 4. 16 Hasil uji karakterisasi dengan EDX CRF NPK

4.7. Data dan analisis hasil uji inkubasi

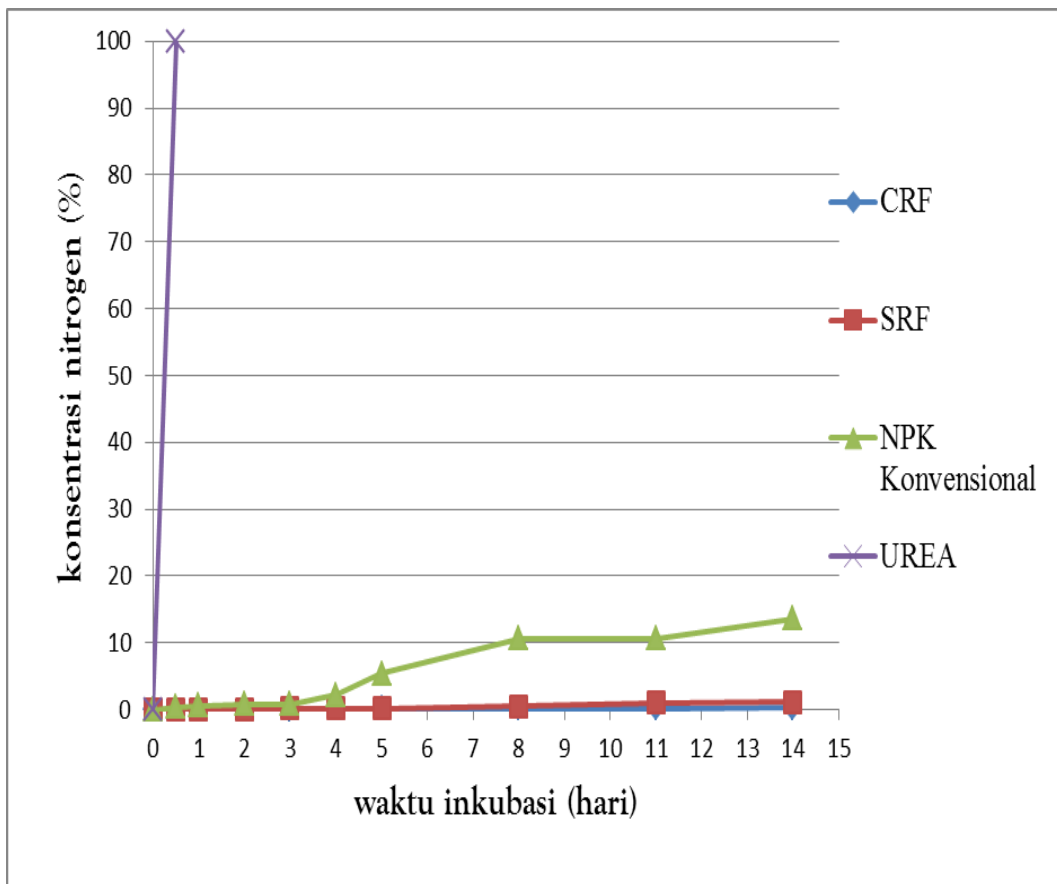
Inkubasi dilakukan selama 100 hari, sedangkan pengujian analisis hasil inkubasi dilakukan selama 14 hari. Inkubasi dilakukan dengan NPK meter (prosedur penggunaan NPK meter dapat dilihat pada lampiran B) dengan bantuan reagen sesuai dengan pengujiannya. Pada pengujian kadar Nitrogen, reagen yang digunakan adalah nessler dan soda. Untuk pengujian kadar Fosfor, reagen yang digunakan adalah amolvan. Sedangkan untuk pengujian kadar Kalium, reagen yang digunakan adalah argentum.

Hasil analisa inkubasi dapat dilihat pada lampiran A

4.7.1. Laju pelepasan kadar nitrogen terhadap waktu inkubasi

Laju pelepasan kadar nitrogen dapat dilihat pada grafik 4.6, dapat dilihat bahwa pupuk urea dalam hitungan jam sudah 100% terlepas kadar nitrogennya, sedangkan CRF NPK berada diposisi paling bawah yaitu paling lambat dan terkontrol release nya. Tidak jauh dari CRF NPK, pupuk NPK SRF juga memiliki laju pelepasan yang lambat, walaupun tidak selambat CRF NPK. Sedangkan pada

pupuk NPK Konvensional memiliki laju pelepasan yang sedikit mencolok pada hari ke empat sampai ke delapan, dan lebih stabil hingga hari ke sebelas, naik lagi sampai hari ke empat belas. Maka dapat disimpulkan bahwa laju pelepasan kadar nitrogen terhadap waktu inkubasi CRF NPK lambat dan terkontrol, dan dapat dimasukkan sebagai kategori *Controlled Release Fertilizer* yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi.

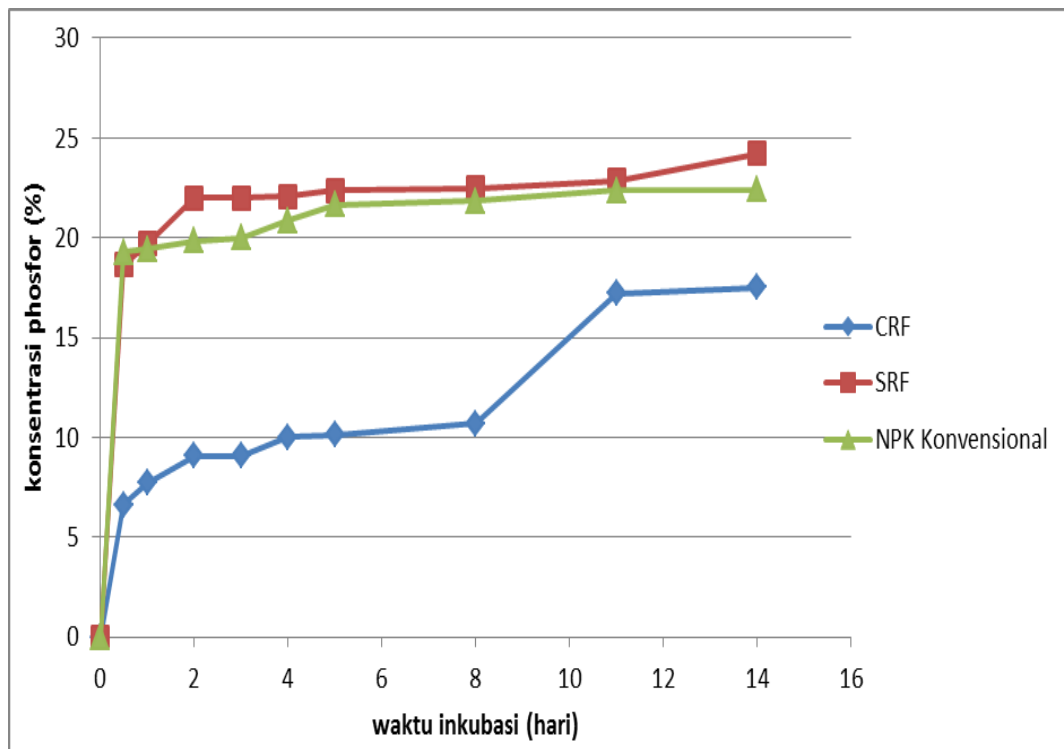


Gambar 4. 17 Laju Pelepasan Kadar Nitrogen terhadap Waktu Inkubasi

4.7.2. Laju pelepasan kadar fosfor terhadap waktu inkubasi

Laju pelepasan kadar fosfor dapat dilihat pada grafik 4.7. Pada grafik terlihat bahwa CRF NPK tetap berada di posisi lambat dan terkontrol sama dengan pada saat pelepasan kadar nitrogen, dan memiliki kenaikan yang cukup drastis pada hari ke delapan sampai ke dua belas, selanjutnya kembali stabil

hingga hari empat belas. Pada laju pelepasan fosfor ini, pupuk NPK konvensional memiliki pelepasan yang berada lebih lambat dibandingkan pupuk NPK SRF. Maka dapat disimpulkan bahwa laju pelepasan kadar fosfor terhadap waktu inkubasi CRF NPK lambat dan terkontrol, dan dapat dimasukkan sebagai kategori *Controlled Release Fertilizer* yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi.

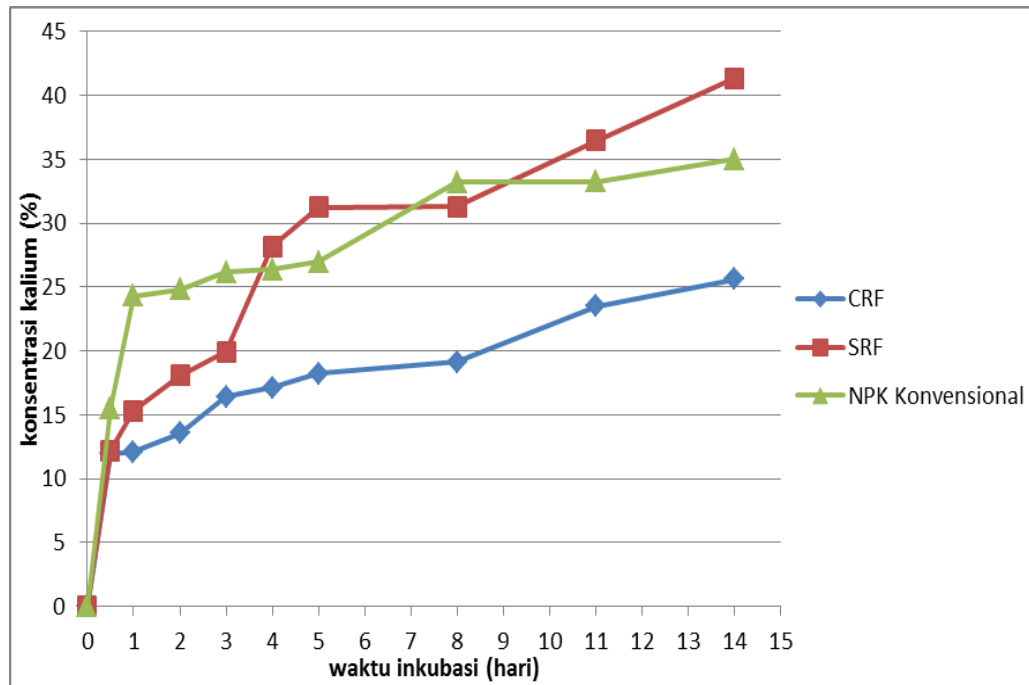


Gambar 4. 18 Laju Pelepasan Kadar Fosfor terhadap Waktu Inkubasi

4.7.3. Laju pelepasan kadar kalium terhadap waktu inkubasi

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa laju pelepasan kadar kalium CRF NPK tetap pada pelepasan yang paling lambat dan terkontrol. Sedangkan pupuk NPK SRF lebih lambat dari pada pupuk NPK Konvensional pada hari ke nol sampai hari ke tiga, sedangkan hari ke empat dan ke lima NPK Konvensional berada lebih lambat pelepasannya, dan begitu seterusnya hingga hari ke empat belas. Maka dapat disimpulkan bahwa laju pelepasan kadar kalium terhadap waktu inkubasi CRF NPK lambat dan terkontrol, dan dapat dimasukkan sebagai

kategori *Controlled Release Fertilizer* yang dapat mengurangi laju pelepasan nutrisi.



Gambar 4. 19 Laju Pelepasan Kadar Kalium terhadap Waktu Inkubasi

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a) Telah berhasil dibuat CRF NPK dengan teknologi *matriks* dan *coating* berupa prototipe bahan penyalut pupuk disintesis menggunakan prekursor *waterglass* atau sodium silikat dan penambahan aditif amilum dan PEG 4000 dengan metode sol-gel.
- b) CRF NPK optimal yang dipilih adalah yang menggunakan larutan pelapis dengan campuran sodium silikat 0,5 M, konsentrasi amilum 30%, dan konsentrasi PEG 4000 10% dengan metode sol gel.
- c) Berdasarkan hasil uji inkubasi, maka CRF NPK optimal memiliki laju pelepasan kadar N, P, dan K yang lebih lambat dan terkontrol dibandingkan dengan pupuk SRF dan NPK konvensional.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang ada disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan:

- a) Karakterisasi BET (Bunaeur-Emmet-Teller) untuk mengetahui porositas pupuk.
- b) Mempelajari proses *dip coating* dan waktu pencelupan.
- c) Mempelajari dampak *coating* NPK CRF terhadap pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan NPK konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

1. Katono dan Doddy. 2005. *Pengaruh Nomor Ruas Stek dan Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kumis Kucing*. Jurnal Ilmu Pertanian. Vol. 12 No. 1. Hal: 56-64
2. Wu, Lan, Mingzhu Liu, Rui Liang. 2008. *Preparation and Properties of Double-coated slower-release NPK compound fertilizer with Superabsorbent and water retention*. Bioresource Technonology 99. 547-554.
3. Lingga, Pinus. 2013. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya: Jakarta Timur.
4. Lantang, Olivia. 2011. *Sintesis Controlled Release Fertilizer (CRF) Menggunakan Zat Aktif Pupuk Urea dengan Pelapis Silika*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
5. Mennig, Martin. 2004. *Sol-Gel Technologies For Glass Producers And Users*. Springer Science Business Media New York: New York.
6. Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Penebar Swadaya: Jakarta Timur.
7. Agustini, Kiki. 2014. *Penggunaan Pati Tapai Padat (Brem) sebagai Bahan Tambahan Sirup Kering Amoksisilin*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
8. Suryanarayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach*. Plenum Press: New York.
9. Rosmarkam, Afandie. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius: Yogyakarta.
10. Yenni, Afri. 2012. *Pembuatan Slow Release Fertilizer Dengan Menggunakan Polimer Amilum Dan Asam Polyacrylic Serta Polivinil Alkohol Sebagai Pelapis Dengan Menggunakan Metoda Fluidized Bed*. Laporan Tesis Program Pascasarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.

11. Padat SNI Pupuk NPK. Tersedia: www.bsn.co.id. Diakses tanggal 20 Februari 2016
12. Piluharto, Bambang. 2014. *Biopolimer Hybrid Sebagai Matriks dalam Sistem Controlled-Release Fertilizer*. Hibah Fundamental Universitas Jember, Jember.
13. Deni, Swantomo. 2015. *Pembuatan Hidrogel Biodegradable Selulosa Akrilimida Menggunakan Radiasi sebagai Controlled Release Fertilizer*. Laporan Thesis Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN A
HASIL ANALISA INKUBASI MENGGUNAKAN NPK METER

1. Hasil analisa laju pelepasan nitrogen terhadap waktu inkubasi

| Waktu (hari) | CRF | SRF | NPK konvensional | UREA |
|---------------------|------------|------------|-------------------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 0,076923 | 0,098641 | 0,346154 | 100 |
| 1 | 0,076923 | 0,115385 | 0,653846 | |
| 2 | 0,093212 | 0,115385 | 0,846154 | |
| 3 | 0,115385 | 0,145789 | 0,846154 | |
| 4 | 0,153848 | 0,173844 | 2,192307 | |
| 5 | 0,192308 | 0,230769 | 5,384615 | |
| 8 | 0,192308 | 0,461538 | 10,65385 | |
| 11 | 0,192308 | 1,076923 | 10,65385 | |
| 14 | 0,269231 | 1,115385 | 13,61538 | |

Tabel A. 1 Hasil Analisa Laju Pelepasan Nitrogen terhadap Waktu Inkubasi

2. Hasil analisa laju pelepasan fosfor terhadap waktu inkubasi

| Waktu (hari) | CRF | SRF | NPK Konvensional |
|---------------------|------------|------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 6,642857 | 18,64286 | 19,28571 |
| 1 | 7,714285 | 19,71429 | 19,42857 |
| 2 | 9,071428 | 22 | 19,85714 |
| 3 | 9,071428 | 22 | 20 |
| 4 | 10 | 22,07143 | 20,85714 |
| 5 | 10,14286 | 22,35714 | 21,64286 |
| 8 | 10,71429 | 22,5 | 21,85714 |
| 11 | 17,21429 | 22,85714 | 22,35714 |
| 14 | 17,5 | 24,21429 | 22,42857 |

Tabel A. 2 Hasil Analisa Laju Pelepasan Fosfor terhadap Waktu Inkubasi

3. Hasil analisa laju pelepasan kalium terhadap waktu inkubasi

| Waktu (hari) | CRF | SRF | NPK Konvensional |
|--------------|---------|---------|------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 11,9375 | 12,1875 | 15,5 |
| 1 | 12,125 | 15,3125 | 24,3125 |
| 2 | 13,5625 | 18,0625 | 24,8125 |
| 3 | 16,4375 | 19,9375 | 26,1875 |
| 4 | 17,125 | 28,1875 | 26,375 |
| 5 | 18,25 | 31,25 | 27 |
| 8 | 19,125 | 31,3125 | 33,1875 |
| 11 | 23,5 | 36,5 | 33,25 |
| 14 | 25,625 | 41,375 | 35 |

Tabel A. 3 Hasil Analisa Laju Pelepasan Kalium terhadap Waktu Inkubasi

LAMPIRAN B

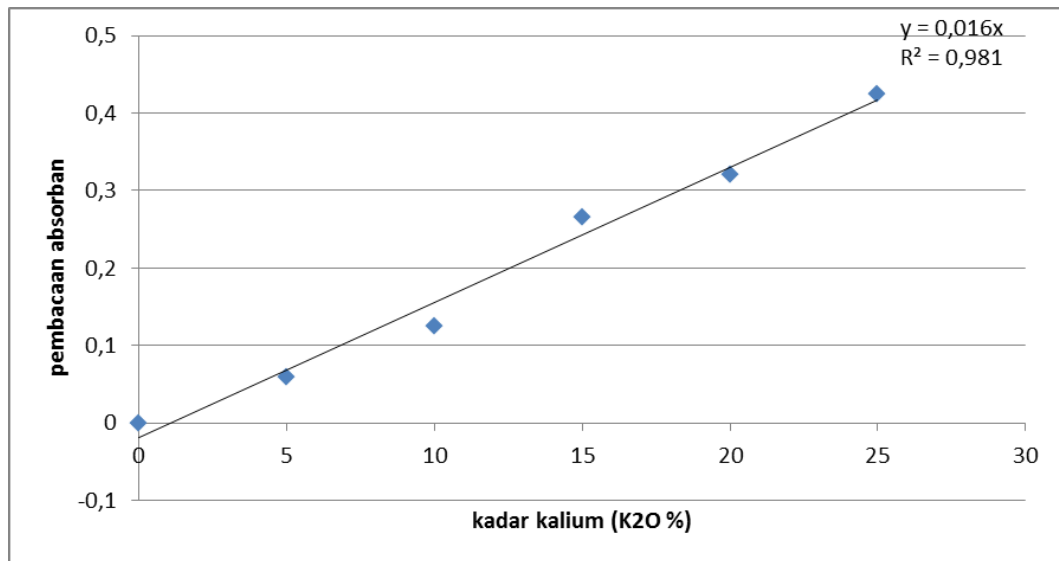
PROSEDUR PENGGUNAAN NPK METER

A. Penetapan kandungan kalium (sampel cair)

1. Dipipet 10 mL sampel (1 g/100 mL aquades) dan masukan ke dalam labu ukur 50 mL.
2. Ditera dengan aquades hingga tanda batas, dikocok selama 3 menit.
3. Dipipet 0,5 mL sampel yang telah diencerkan ke dalam labu ukur 10 mL.
4. Ditambahkan 2 tetes pereaksi argentum, kemudian ditambahkan aquades hingga batas tera.
5. Siapkan blanko.
6. Blanko dan sampel siap di uji dengan NPK meter.

Catatan: Larutan blanko dibuat dengan cara 5 mL aquades dimasukan dalam labu ukur 10 mL, kemudian tambahkan 2 tetes pereaksi argentum.kemudian ditera hingga tanda batas.

Persamaan kurva kalibrasi kalium:



Gambar B. 1 Kurva Kalibrasi Kalium

$$Y = 0,016x$$

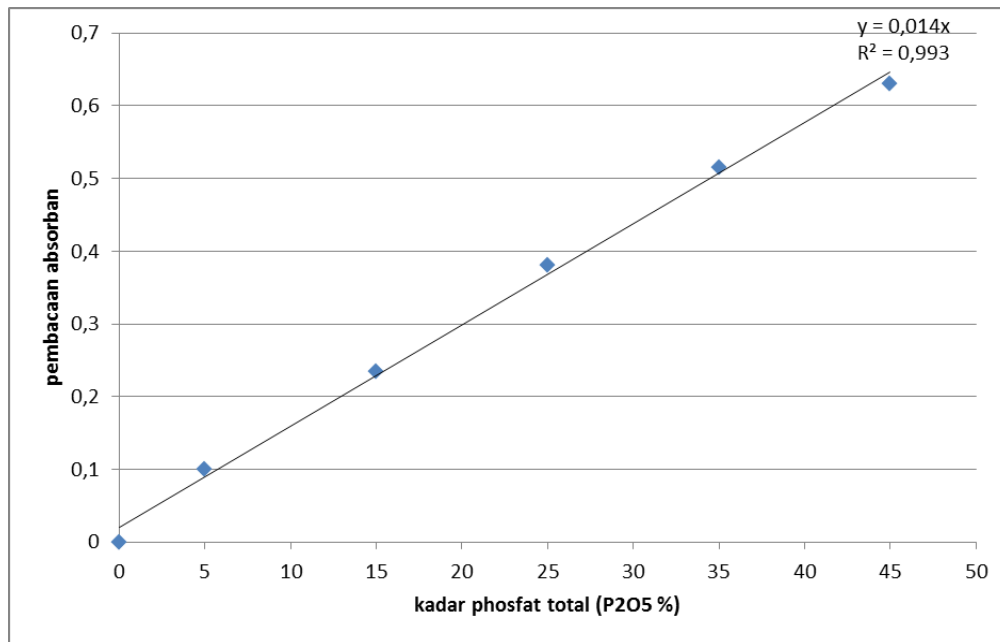
$$R^2 = 0,981$$

B. Penetapan kandungan fosfat total (sampel cair)

1. 2,5 mL sampel (1 gr/100 mL aquades) dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL.
2. Ditera dengan aquades hingga tanda batas, dikocok selama 3 menit.
3. Dipipet 1 mL sampel yang telah diencerkan ke dalam labu ukur / gelas sukur 10 mL.
4. Ditambahkan aquades 5 mL.
5. Ditambahkan reagen Amolvan (amonium molibdovanadat) 10 tetes lalu didiamkan hingga 10 menit.
6. ditambahkan aquades hingga tanda batas tera, dikocok selama 3 menit.
7. Siapkan blanko.
8. Blanko dan sampel di uji dengan NPK meter.

Catatan: Larutan blanko dibuat dengan cara dipipet 5 ml aquades kedalam labu ukur 10 mL, ditambahkan 10 tetes Amolvan, ditambahkan lagi aquades hingga batas tera lalu dikocok 3 menit.

Persamaan kurva kalibrasi fosfat:



Gambar B. 2 Kurva Kalibrasi Phosfat

$$Y = 0,014x$$

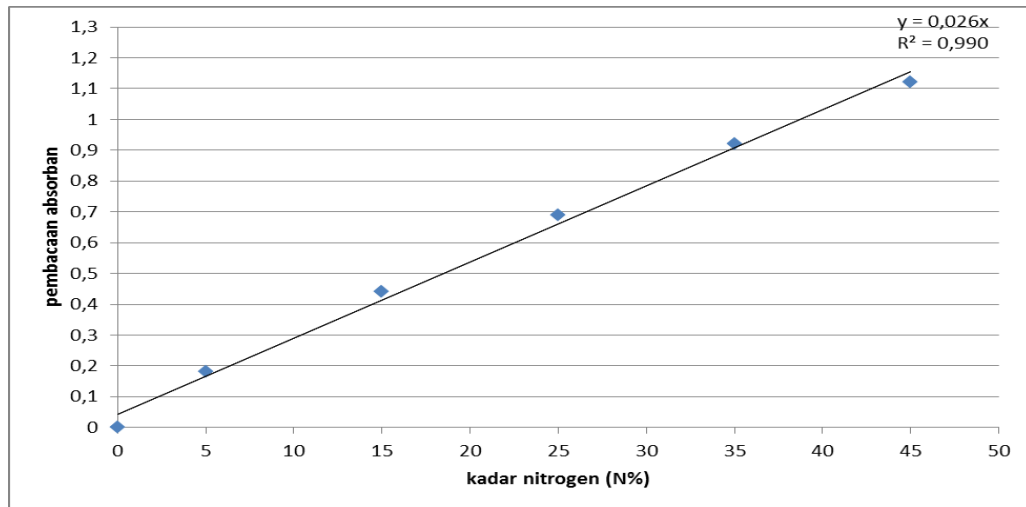
$$R^2 = 0,993$$

C. Penetapan kadar nitrogen (sampel cair)

1. Di pipet 10 mL sampel (1g /100 mL aquades) dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL.
2. Ditambahkan aquades hingga batas tera.
3. Dipipet 0,1 mL larutan, kemudian masukan ke dalam gelas ukur/labu ukur 10 mL.
4. Ditambahkan 5 mL aquades dan 1 tetes soda terus dikocok.
5. Ditambahkan 2 tetes pereaksi nessler.
6. Ditambahkan aquades hingga batas tera dan dikocok.
7. Siapkan larutan blanko.
8. Sampel dan blanko siap diujikan.

Catatan : Blanko dibuat dengan cara 5 ml aquades ditambahkan 1 tetes pereaksi soda, dikocok lalu ditambahkan 2 tetes pereaksi nessler ke dalam labu ukur 10mL, kemudian tera dengan aquades hingga tanda batas lalu dikocok 3 menit.

Persamaan kurva kalibrasi:



Gambar B. 3 Kurva Kalibrasi Nitrogen

$$Y = 0,026x$$

$$R^2 = 0,990$$

LAMPIRAN C
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

1. Alat



Crusher



Pan Granulator



Rotary Dryer



Gelas Kimia 1000, 600, 250 dan 100 mL



Magnetic Stirrer



Stirrer Bar



Oven



Pipet Tetes



Timbangan Digital

2. Bahan

a) Zat aktif



Pupuk Urea



Pupuk DAP (Diamonium Fosfat)



Pupuk KCl (Kalium Klorida)

b) Matriks



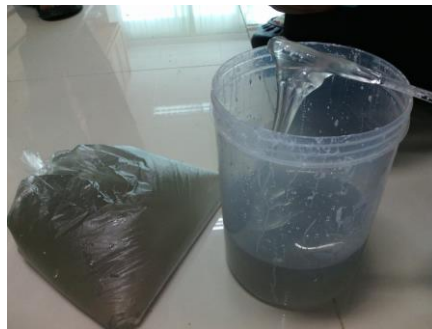
Zeolit Alam

c) Binder

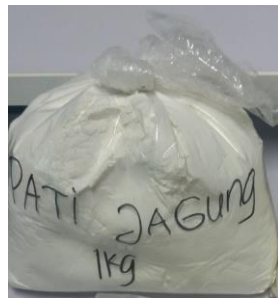


Tapioka

d) Pelapis



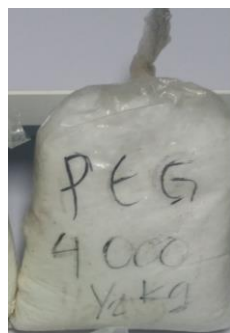
Sodium Silikat



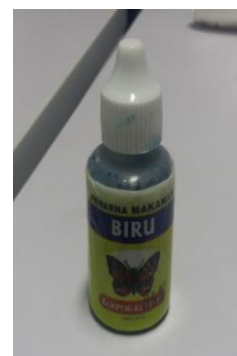
Amilum



Aquades



Polietilen Glikol 4000



Pewarna

