

USE OF BENTONITE-CHITOSAN MIXTURE AS AN AMMONIUM SULFATE CARRIER IN MANUFACTURING SLOW RELEASE FERTILIZER

M. A. Tobing¹⁾, P. Suarya²⁾, P. U Prayikaputri³⁾

¹⁾Program Studi Kimia FIMPA Universitas Udayana, Bali; martamariantitobing002@gmail.com

²⁾Program Studi Kimia FIMPA Universitas Udayana, Bali; putusuarya@unud.ac.id

³⁾Program Studi Kimia FIMPA Universitas Udayana, Bali; udiyaniprayika@unud.ac.id

Abstract: Nitrogen is a nutrient that is needed for the process plant growth, but nitrogen is easily carried away by water and evaporates, it causes farmers to fertilize excessively. This cause environmental pollution. The aim of this research is to make slow release fertilizer (SRF) with a bentonite-chitosan-ammonium sulfate formula to increase fertilization efficiency. Mixing was using the liquid-liquid method where 50 mL of 20% (NH₄)SO₄ was mixed with 20% bentonite-1% chitosan in a ratio of 10:0; 10:20; 20:20; 30:20; 40:20; 50:20. The highest total nitrogen content was obtained in SRF with a bentonite-chitosan ratio of 0:50 (3.94%) which was tested using the Kjeldahl method. Comparison of release tests on SRF and pure fertilizer was carried out every day for 6 days, SRF increased slowly, namely from 0.07%; 0.18%; 0.27%; 0.6%; 0.42%; 0.5% while in 20% (NH₄)SO₄ fertilizer there was a release of 0.07%; 0.18%; 0.27%; 0.6%; 0.42%; 0.5%. Nitrogen release in SRF is slower than in ammonium sulfate fertilizer.

Keywords: Bentonite-chitosan; Ammonium sulfate; Slow Release Fertilizer

Abstrak: Nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang sangat dibutuhkan pada proses pertumbuhan tanaman, namun karena sifatnya yang mudah terbawa air dan mudah menguap menyebabkan petani melakukan pemupukan yang berlebihan. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat pupuk *slow release fertilizer* (SRF) dengan formula bentonite-kitosan-amonium sulfat guna meningkatkan efisiensi pemupukan. Pencampuran dilakukan dengan metode cair-cair dimana 50 mL (NH₄) SO₄ 20% dicampur dengan bentonit 20%-kitosan 1% dengan perbandingan 10:0; 10:20; 20:20; 30:20; 40:20; 50:20. Kadar nitrogen total tertinggi diperoleh pada SRF dengan perbandingan bentonit-kitosan 10:20 (2,75%) yang diuji dengan menggunakan metode kjeldahl. Perbandingan uji pelepasan pada SRF dan pupuk murni dilakukan setiap hari selama 6 hari, SRF mengalami peningkatan secara perlahan yaitu dari 0,07%; 0,18%; 0,27%; 0,6%; 0,42%; 0,5% sedangkan pada pupuk (NH₄)SO₄ 20% terjadi pelepasan 16,74%; 19,19 % 20,87%, 20,94%. Pelepasan nitrogen pada SRF lebih lambat dibanding pupuk amonium sulfat.

Kata kunci: Bentonit-kitosan; Amonium sulfat; Pupuk Lepas Lambat

1. PENDAHULUAN

Target pencapaian produksi pertanian berkaitan pemakaian pupuk sebagai unsur hara yaitu, unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro diantaranya Fosfor (F), Kalium (K) dan Nitrogen (N), (Tando, 2018). Dari ketiga unsur hara makro tersebut Nitrogen merupakan unsur hara yang paling berpengaruh dalam proses pertumbuhan tanaman (Dewi dan Masithoh, 2013). Seiring berjalannya waktu ketersediaan nitrogen dalam tanah semakin berkurang, sehingga diperlukan peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen dengan pemanfaatan teknologi

nano karena dapat mengontrol ukuran skala atom (Kuzma, 2006) yaitu dengan pembuatan *slow release fertilizer* (SRF).

Salah satu mineral yang dapat dimanfaatkan untuk memperlambat pelepasan urea didalam tanah adalah bentonit karena kemampuan daya mengembang. Bentonit memiliki kation yang dapat ditukar serta banyak ditemui di alam. Bentonit yang diaktivasi dapat mengadsorpsi lebih maksimal lagi, yaitu dengan menggunakan HCl, H₂SO₄ dan HNO₃. Bentonit yang teraktivasi akan mengalami kerusakan partikel sehingga diperoleh porositas-porositas yang baru pada ruang lapisan-lapisan silikat sehingga dapat mengikat molekul adsorbat.

Kajian terkait daya serap pupuk urea SRF juga dapat dimodifikasi lebih lanjut lagi yaitu dengan penambahan kitosan sebagai agen pengikat sehingga daya serapnya akan lebih maksimal. Penggunaan kitosan-bentonit akan meningkatkan persentase daya serap air. Pada penelitian yang dilakukan oleh hidayatussittah (2018) terkait pelepasan ammonium sulfat dan kalium dari SRF pada tanah menunjukkan hasil pada pola pelepasan N-NH₄⁺ mengalami peningkatan yaitu dari 40-60% pada minggu pertama hingga mendekati 0% pada minggu ke-14. Kalium mengalami kenaikan dari 20-30% menjadi 30-70% pada minggu ke-14. Pada penelitian yang dilakukan oleh hartatik, dkk (2020) terkait pola kelarutan pupuk urea terlapisi zeolit diperoleh hasil bahwa semakin besar konsentrasi zeolit yang digunakan maka akan semakin meningkat juga efisiensi pemupukan dimana kelarutan urea yang akan semakin berkurang sehingga akan mengurangi penguapan dan pencucian pupuk urea. Penelitian tentang pembuatan pupuk SRF terlapisi zeolit-kitosan, ataupun silika-bentonit sudah banyak dilakukan, namun terkait pupuk SRF bentonit kitosan terlapisi amonium sulfat sebagai komposisinya masih belum ada. Dari uraian di atas penulis perlu untuk melakukan penelitian tentang pemanfaatan campuran bentonit kitosan sebagai *carrier* ammonium sulfat dalam pembuatan pupuk lepas lambat.

2. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bentonit, kitosan, pupuk (NH₄)₂SO₄, akuades, H₂SO₄ 1,5 mol/L, asam sulfat pekat (H₂SO₄ ; 98%), asam asetat (CH₃COOH) 2%, campuran selen, asam borat 1%, asam sulfat 0,05 ek/L, NaOH 30%, indikator *conway*, semua bahan-bahan yang digunakan mempunyai drajat kemurnian proanalisis.

Peralatan

Magnetic stirrer, (*Cimarec Thermo Scientific*), gelas beaker, gelas ukur, neraca analitik, labu ukur, spatula kaca, oven, ayakan 100 mesh, kertas saring, ruangan asam, labu Kjeldahl,

buret, destilator, pipet ukur, pipet tetes, pembungkus the, FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) dan *Scanning Elektron Microscopy* (SEM).

Cara Kerja

Aktivasi bentonit dengan H_2SO_4 1,5 mol/L

Bentonit sebanyak 250 gram dimasukkan ke dalam 1000 mL larutan H_2SO_4 1,5 mol/L dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 24 jam. Campuran bentonit dan asam sulfat kemudian disaring untuk memisahkan residu dan filtrat. Kemudian dicuci dengan akuades secara bertahap sebanyak dua kali. Padatan bentonit kemudian disaring, yang selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 100 °C selama 6 jam, kemudian didinginkan dalam desikator agar memperoleh massa konstan (Darmadinata, 2019). Selanjutnya bentonit tersebut digerus, diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh.

Sintesis *slow release fertilizer* terlapisi amonium sulfat-bentonit-kitosan teraktivasi asam sulfat

Sintesis *slow release fertilizer* terlapisi amonium sulfat-bentonit teraktivasi-kitosan, dilakukan dengan perbandingan komposisi perbandingan ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Perbandingan komposisi larutan amonium, bentonit dan kitosan

Label	Larutan Amonium Sulfat 20%(b/v)	Larutan Bentonit 20% (b/v)	Larutan Kitosan 1% (b/v)
SRF 0	50	10	0
SRF I	50	10	20
SRF II	50	20	20
SRF III	50	30	20
SRF IV	50	40	20
SRF V	50	50	20

Pencampuran dilakukan dengan mencampurkan larutan amonium sulfat, larutan kitosan dan larutan bentonit. Kemudian diaduk selama 24 jam dengan pengaduk magnetik. Hasil pencampuran kemudian disaring, dan endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C sampai berat konstan (Tabel 4).

Analisis kadar nitrogen total *slow release fertilizer* (SRF) dengan metode kjeldahl

Untuk analisis kadar nitrogen total pada SRF dengan metode Kjeldahl mula-mula ditimbang masing-masing 1,00 gram sampel SRF 0:50, SRF 10:40, SRF 20:30, SRF 30:20, SRF 40:10, dan SRF 50:0 kemudian setiap sampel dimasukan ke dalam masing-masing labu Kjeldhal, selanjutnya ditambahkan 1 gram campuran selen dan 3 mL H_2SO_4 98%. Labu digoyangkan secara perlahan hingga sampel tercampur merata, kemudian masing-masing labu diletakan di atas kompor yang terdapat dalam ruangan asam. Dipanaskan pada suhu 600 °C,

pemanasan dihentikan apabila masing-masing pada sampel SRF, larutan sampel berubah warna menjadi putih. Setelah sampel berwarna putih, masing-masing labu diangkat, didinginkan yang selanjutnya diencerkan dengan penambahan 100 mL akuades. Pengenceran ini perlu dilakukan untuk mengurangi reaksi letupan yang terjadi pada proses destilasi, kemudian ditambahkan 20 mL NaOH 30% pada masing-masing labu. Masing-masing labu Kjeldahl dipasangkan pada destilator, hasil destilasi ditampung dalam erlenmeyer yang sudah diisi dengan 15 mL asam borat 1% dan 3 tetes indikator *conway* pada masing masing erlenmeyer. Selama proses distilasi, larutan asam borat akan berubah warna biru karena larutan menangkap adanya amonia dalam bahan yang bersifat basa sehingga mengubah warna merah muda menjadi hijau kebiruan. Reaksi dalam destilasi akan berakhir bila amonia yang telah terdistilasi tidak bereaksi basis (Wiyantoko *et a.*, 2017).

Karakterisasi menggunakan FTIR masing-masing sampel yaitu bentonit alam, bentonit hasil modifikasi kitosan dan *slow release fertilizer* (SRF) ditimbang sebanyak 10 mg selanjutnya digerus dalam mortar bersama dengan 100 mg kristal KBr. Campuran dipress dengan alat penekan hidrolitik hingga menjadi pelet yang transparan. Kemudian, dianalisis dengan menggunakan alat FTIR (Iksanuddin, 2017). Selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan menggunakan SEM dimana masing-masing sampel dikeringkan terlebih dahulu sehingga bebas dari kandungan H₂O. Sampel ditempatkan pada sampel holder dan selanjutnya *sputter* dengan perbesaran 10.000 kali, kemudian hasil foto morfologi permukaan yang dihasilkan SEM dianalisis.

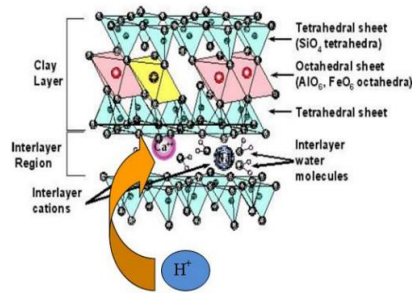
Pelepasan kalium dilakukan dengan sampel a) pupuk amonium sulfat, dan b) pupuk SRF. Sebanyak 5 g sampel a dan 0,5 g sampel b dimasukkan ke dalam pembungkus (pembungkus teh celup) yang kemudian diikat, lalu diletakan ke dalam wadah perendaman yang sudah diberi air sebanyak 300 ml untuk sampel a dan 30 ml untuk sampel b. Waktu pelepasan dihitung selama 6 hari. Setiap 1 hari dilakukan pengujian terhadap pupuk yang sudah terendam, wadah I untuk pelepasan hari ke-1, Wadah II untuk pelepasan hari ke-2, Wadah III untuk pelepasan hari ke-3, Wadah IV untuk pelepasan hari ke-4, Wadah V untuk pelepasan hari ke-5, dan Wadah VI untuk pelepasan hari ke-6. Filtrat yang tertampung dari hasil *leaching* diuji kandungan nitrogen totalnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Bentonit dengan H₂SO₄ 1,5 M

Aktivasi bentonit dengan H₂SO₄ 1,5 M bertujuan untuk membuka pori-pori dengan membersihkan pengotor-pengotor. Aktivasi bentonite dengan H₂SO₄ 1,5 M akan mengakibatkan adanya pertukaran kation-kation (K⁺, Na⁺, Ca²⁺) pada lapisan interlayer bentonite dengan ion H⁺ dari asam.

Selanjutnya diikuti dengan pelarutan ion Al^{3+} dan ion logam lainnya pada kisi struktur (Suarya,2017). Aktivasi bentonit mampu meningkatkan kemampuan adsorbs dan bertambahnya luas permukaan bentonit karena pori-pori bentonit terbuka.ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Reaksi aktivasi bentonite (sumber: Prasetiowati, 2014)

Berdasarkan Gambar 1 terjadi pelarutan ion Al^{3+} dan ion logam lainnya pada kisi-kisi sturktur (Suarya, 2017). Pelarutan Al^{3+} dapat menaikkan perbandingan Si/ Al 2:1 menjadi 5:1. Semakin besar perbandingan SiO_2 pada adsorben maka jumlah gugus Si-OH (silanol) pada permukaan adsorben akan meningkat (Anwar 2016). Selanjutnya, ion H^+ yang berasal dari asam akan menggantikan kation-kation logam alkali dan alkali tanah dari bentonit (Lestari, 2016).

Sintesis Slow Release Fertilizer Amonium Sulfat-Bentonit-Kitosan Teraktivasi H_2SO_4 1,5 M

Sintesis pupuk lepas lambat terlapisi bentonit teraktivasi-kitosan diperoleh hasil berat SRF yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Sampel	Berat Amoiium Sulfat (gram)	Berat Kitosan (gram)	Berat Bentonit (gram)	Berat SRF (gram)
SRF 0	10	0	2	2,24
SRF I	10	0,2	2	2,39
SRF II	10	0,2	4	4,47
SRF III	10	0,2	6	6,42
SRF IV	10	0,2	8	8,38
SRF V	10	0,2	10	10,33

Table 2 dapat dilihat bahwa hasil sintesis SRF dari SRF 0 sampai VI diperoleh massa akhir yang berbeda, dimana masing-masing SRF mengalami peningkatan massa dari jumlah massa bentonit dan kitosan. hal ini menandakan bahwa adanya pengikatan amonium oleh campuran bentonit dan kitosan. Pada campuran bentonit-kitosan-amonium sulfat, terjadi ikatan silang pada gugus fungsi yang ada pada bentonit dan kitosan yaitu gugus Si-OH (organosilane) pada bentonit berikatan dengan gugus OH- dan NH- pada kitosan. Ion amonium (NH_4^+) dari amonium sulfat akan berinteraksi dengan bentonit karena gaya *van der waals* yaitu interaksi ion-dipol, dan secara kimia adanya sufat elektrostatik yaitu pada gugus -OH pada bentonit. Ion

amonium juga berinteraksi dengan kitosan karena adanya gugus aktif $-NH_2$ dan $-OH$ yang ada pada kitosan (Rahmayani, 2019).

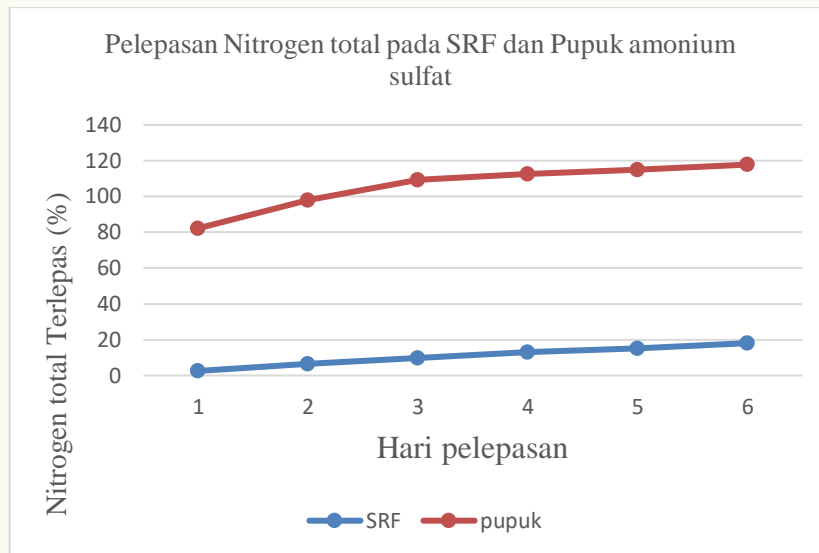
Analisi Kadar Nitrogen Total dalam Slow-Release Fertilizer Amonium Sulfat-Bentonit-Kitosan Teraktivasi H_2SO_4 1,5M Menggunakan Metode Kjeldhal

Kadar nitrogen total tertinggi pada SRF di uji dengan metode kjeldhal dimana terjadi destruksi, destilasi dan kemudian titrasi. Hasil uji kadar nitrogen total pada masing-masing SRF dapat dilihat pada Tabel 3:

Sampel	Kadar Nitrogen Total (%)
SRF 0	1,12
SRF I	2,75
SRF II	2,61
SRF III	2,57
SRF IV	2,47
SRF V	2,44

Tabel 3 diperoleh hasil kadar nitrogen total tertinggi pada sampel SRF I yaitu sebesar 2,75%, hal ini dikarenakan pada SRF I jumlah kitosan yang digunakan lebih banyak banyak. SRF I memiliki kadar nitrogen total terendah karena pada SRF tidak ada penambahan kitosan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Efriza (2019) dengan semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka proses adsorbs terhadap zat warna kationik dalam air limbah akan semakin baik. Pada penelitian tersebut *hybrid* kitosan-bentonit yang menyerap lebih baik pada rasio kitosan-bentonit 90:10%. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya rasio kitosan maka penyerapan zat warna kationik akan semakin baik. Penambahan kitosan yang memiliki muatan positif yang dapat berinteraksi dengan permukaan negatif, sehingga dengan penambah kitosan maka situs aktif yang tersedia akan semakin banyak. Pelepasan *Slow-Release Fertilizer* Amonium Sulfat-Bentonit-Kitosan Teraktivasi H_2SO_4 1,5M

Uji pelepasan nitrogen dilakukan pada SRF IV yang bertujuan untuk membandingkan pelepasan nitrogen pada pupuk amonium sulfat. Dari hasil uji pelepasan nitrogen pada SRF IV dan pupuk amonium sulfat dapat dilihat pada Gambar 2 Grafik pelepasan nitorgen total berikut:

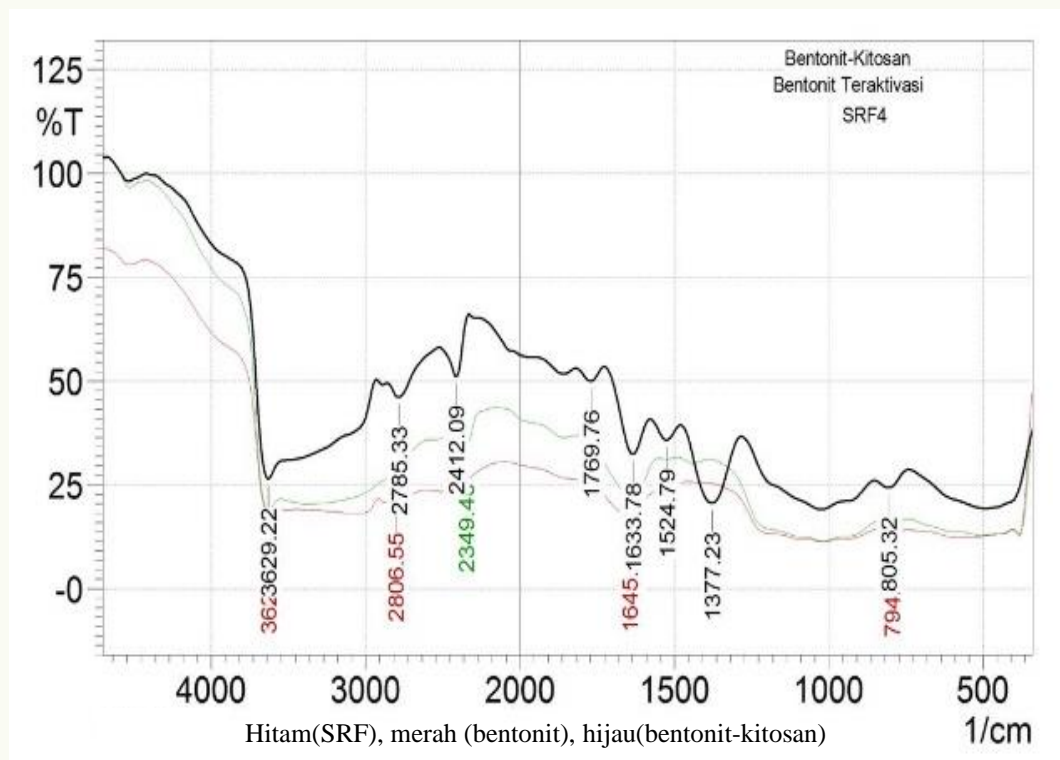


Gambar 2. Grafik pelepasan Nitrogen total pada pupuk $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan SRF

Gambar 2 menunjukkan bahwa pelepasan nitrogen total pada pupuk amonium sulfat dengan garis kuning dan pada SRF dengan garis biru. Pada pupuk amonium sulfat dari hari pertama ke hari keempat terjadi kenaikan kadar nitrogen total yang terlepas yaitu dari 79,7%, 91,38%, 99,38% dan 99,72%. Namun pada hari ke-5 dan hari ke-6 tidak terjadi kenaikan kadar nitrogen total lagi. Artinya pelepasan nitrogen total maksimalnya hingga hari ke-4. Pupuk amonium sulfat mudah larut dalam air dan bersifat volatil sehingga peningkatan pelepasannya sangat tinggi.

Untuk pelepasan pada SRF dari hari pertama hingga hari ke keenam terjadi kenaikan kadar nitrogen total yang terlepas namun tidak terlalu signifikan. Semakin lama semakin banyak nitrogen total yang terlepas. Pada hari pertama nitrogen total yang terlepas hanya sebesar 0,070035 dan bila dikonversi dalam persen hanya sebesar 2,55% hingga hari keenam 18,08%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa pada SRF masih banyak kandungan nitrogen yang tersisa pada SRF yang belum terlepas, sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya campuran bentonit-kitosan nitrogen dapat diserap dan dilepaskan lebih lambat dibandingkan dengan pupuk amonium sulfat murni. Semakin lambat nitrogen dilepaskan maka kemungkinan nitrogen menguap ataupun dicuci akan semakin kecil.

Karakterisasi *Slow-Release Fertilizer* Amonium Sulfat-Bentonit-Kitosan Teraktivasi H_2SO_4 1,5M (Gambar 3):



Gambar 3 Hasil Analisis FTIR Bentonit, Bentonit-Kitosan, dan SRF

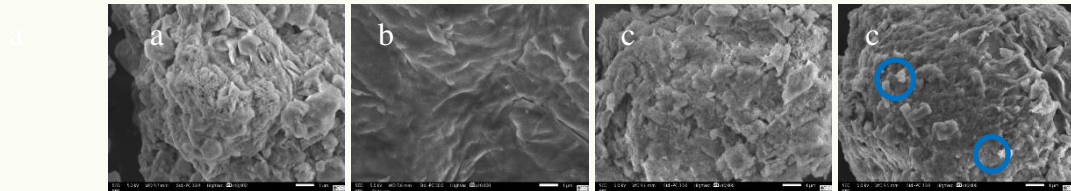
Hasil FTIR dari bentonit yang (Gambar 3 garis berwarna merah). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo 2017, bentonit memiliki puncak serapan utama pada bilangan gelombang $3626,17\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur gugus O-H dari molekul air yang terserap pada interlayer dengan ikatan hidrogen yang lemah dengan permukaan Si-O. Puncak serapan juga muncul pada bilangan gelombang $794,71\text{ cm}^{-1}$ akibat adanya vibrasi ulur OH yang menunjukkan terikatnya kation Al^{3+} dan Fe^{3+} pada lapisan oktahedral bentonit (Siregar dan Irma, 2016). Pada puncak serapan pada Panjang gelombang $1645,35\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya vibrasi tekuk -OH dari Si-OH (Machfud dan Rusmini, 2017).

Hasil FTIR dari bentonit-kitosan (Gambar 4.4 garis warna hijau). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hartanti dkk, 2012 tentang sintesis kitosan-bentonit serta aplikasinya sebagai penurun kadar insektisida jenis diazinon, pada spektra yang menunjukkan bilangan gelombang $3630,19\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur dari N-H akibat adanya gugus aktif dari kitosan yang sudah masuk kedalam pori-pori bentonit. Pada bilangan gelombang $1635,71\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk H-O-H. Pada bilangan gelombang $797,6\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur Si-O.

Identifikasi FTIR SRF (Gambar 4.4 garis warna hitam). Konfirmasi keberhasilan proses sintesis pupuk SRF ditandai dengan adanya gugus fungsi N-H yang merupakan penyusun

amonium. Adanya ikatan bebas pada gugus fungsi N-H dengan mode tekuk ada pada pita serapan bilangan gelombang $1637,64\text{ cm}^{-1}$. Selain itu pada bilangan gelombang mendekati 1429 cm^{-1} dengan pita serapan yang kuat dan melebar menandakan karakteristik keberadaan ion amonium hal ini ditunjukkan pada serapan pada bilangan gelombang $1435,10\text{ cm}^{-1}$ (Pangestu, 2023).

Analisis *Slow-Release Fertilizer* Amonium Sulfat-Bentonit-Kitosan Teraktivasi H_2SO_4 1,5M dengan Kandungan Nitrogen Tertinggi Menggunakan SEM (Gambar 4):



Gambar 4 Hasil analisis SEM Bentonit(a), Kitosan(b), bentonite-kitosan(c), SRF(d)

Bentonite dengan perbesaran 10.000x, pada Gambar dapat dilihat bahwa permukaannya memiliki ukuran yang beragam dan tidak beraturan. Selain itu juga terlihat adanya lubang gelap yang tidak beraturan yang merupakan pori yang persebarannya tidak merata. Adanya pori merupakan karakteristik dari material bentonit yang dapat digunakan untuk menyerap unsur nitrogen. Pada permukaan kitosan lebih halus dan rapat. Oleh karena itu kitosan digunakan sebagai senyawa pelapis yang berfungsi untuk memperkuat ikatan antara bentonit-amonium yang akan dijadikan sebagai SRF. Jika dibandingkan dengan morfologi permukaan bentonit treaktivasi, morfologi permukaan bentonit-kitosan terlihat lebih halus dan rapat. Lubang-lubang gelap pada bentonit-kitosan lebih sedikit. Adanya perubahan ini menandakan adanya interaksi yang terjadi antara campuran bentonit dan kitosan, dimana permukaan bentonit dilapisi oleh kitosan.

Morfologi permukaan dari SRF dengan perbesaran 10.000x. Jika dibandingkan dengan morfologi permukaan campuran bentonit-kitosan pada gambar 4 terdapat perbedaan, dimana pada permukaan SRF terlihat adanya partikel seperti pasir yang ditandai dengan lingkaran biru. Tonjolan-tonjolan pada ini merupakan amonium yang terikat pada permukaan bentonit yang tidak terlapisi kitosan. Dari hasil analisis SEM ini dapat disimpulkan bahwa campuran antara bentonit dan kitosan dapat mengikat amonium dan dapat memperlambat proses pelepasan amonium.

4. SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa karakterisasi SRF dengan FTIR menunjukkan adanya gugus Si-O, N-H, O-H dan dengan SEM menunjukkan adanya partikel seperti pasir. Kadar nitrogen terbesar diperoleh pada SRF VI seiring dengan bertambahnya

jumlah kitosan, dan pelepasan nitrogen pada SRF lebih lambat dibanding pupuk amonium sulfat.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pelepasan nitrogen pada masing-masing SRF untuk mengetahui pola pelepasan terbaik yang dilakukan pada jangka waktu yang lebih lama.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada kepala laboratorium kimia FMIPA Universitas Udayana Bali yang sudah memfasilitasi dan memberikan arahan selama dilaboratorium dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Chairil dan Reza Salima. 2016. Perubahan rendemen dan mutu virgin coconut oil (VCO) pada berbagai kecepatan putar dan lama waktu. *Jurnal Teknotan Vol. 10, No. 2, Teknologi Hasil Ternak Politeknik Venezuela, Aceh Besar, halm 51-60;*
- Darmadinata M, Jumaeri, dan Triastuti Sulistyaningsih (2019) Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Fosfat dalam Air, *Indonesian Journal of Chemical Science, 8 (1) h 1-8;*
- Dewi, S.Y. dan Masithoh, M. 2013. Efektivitas Teknik Biofiltrasi Dengan Media *Bio-Ball* Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S. 9(1):45-46;*
- Efriza. S et all. 2019. Sintesa Bioadsorben Hybrid Kitosan-Bentonit Beads Untuk Menyerap Zat Warna Anionik Dan Kationik Dalam Air Limbah. *Jurnal Reaksi Journal of Science and Technology. 17(2): 1-9;*
- Hartanti. E et all. 2012. Sintesis Kitosan-Bentonit Serta Aplikasinya Sebagai Penurun Kadar Insektisida Jenis Diazinon. *Indonesian Journal of Chemical Science. 1(2): 110-115;*
- Hartatik, W., Mardiyati, E., Wibowo, H., Sukarto, A. dan Yusron. 2020. Formulasi dan Pola Kelarutan N Pupuk Urea-Zeolit Lepas Lambat. *Jurnal Tanah dan Iklim. 44(1):61-70;*
- Hidayatussitah, N. 2018. Pola Pelepasan Amonium, Sulfat, dan Kalium dari *Slow Release Fertilizer* (SRF) Pada Epiaquept. *Skripsi. Institut Pertanian. Bogor;*
- Iksanuddin, M. 2017. Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Ampas Tebu (*Baggase*) Dalam Pembuatan Film Bioplastik. *Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makasar;*
- Kuzma, J., dan VerHage P. 2006. Nanotechnology in agriculture and food production, anticipated application. Project on Emerging Nanotechnologies. *Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington;*
- Lestari, I et all. 2016. Efektivitas Bentonit Teraktivasi Sebagai Penurun Kadar Ion Fosfat Dalam Perairan. *Indonesian Journal of Chemical Science. 5(2):136 – 141;*
- Machfud. M dan Rusmini. 2017. Pengaruh Waktu Interaksi Bentonit Teraktivasi Terhadap Daya Serap Iodium. *Indonesian Chemisry And Application Journal (Icaj). 1(1): 1-8;*

- Mursalin, Addion Nizori, Rahmayani I (2019), Sifat Fisiko-Kimia Kopi Seduh Instan Liberia Tungkal Jambi yang Diproduksi Dengan Metode Kokristalisasi, *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, Vol 3 (1) h 71-77;
- Pangestu. K.R., Suarya. P., Widihati. I. A.G. 2023. Sintesis Dan Karakterisasi Slow Release Fertilizer (Srf) Menggunakan Formula Campuran Urea Dan Lempung Bentonit. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*.17(1):1-7;
- Prasetiowati Y, Toeti Koestiari (2014), Kapasitas Adsorpsi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Ion Cd^{2+} Capacity Of Adsorption Technical Bentonite As Adsorbent Cd^{2+} Ions, *UNESA Journal of Chemistry Vol 3 (3) h 194-200*;
- Siregar S H, Irma W (2016), Sintesis Dan Perbandingan Struktur, Tekstur Bentonit Alam Dan Bentonit Teraktivasi Asam, *Jurnal Photon*, Vol. 7(1), h 137-140;
- Suarya. P. 2008. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh Oleh Lempung Teraktivasi Asam. *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana*. 2(1):19-24;
- Tando, dan Edi. 2018. Review: Upaya Efisiensi Dan peningkatan Ketersediaan Nitrogen Dalam Tanah Serta Serapan Nitrogen Pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa L*). *Jurnal Buana Sains*. 188(2): 171 – 180;
- Wiyantoko, B., Kurniawati, P., dan Purbaningias, T., E. 2017. Pengujian Nitrogen Total, Kandungan Air dan Cemar Logam Timbal Pada Pupuk Anorganik Nitrogen Phospor Kalium (NPK) Padat. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 6(1):51-60;