

**SINTESIS KOMPOSIT KARAGENAN-BENTONIT SEBAGAI
MATERIAL LEPAS LAMBAT PUPUK UREA**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



**Oleh :
Intan Nur Aprilianti
16630013**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**
**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2021**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971
Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-561/Un.02/DST/PP.00.9/03/2021

Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS KOMPOSIT KARAGENAN
BENTONIT SEBAGAI MATERIAL LEPAS
LAMBAT PUPUK UREA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : INTAN NUR APRILIANTI
Nomor Induk Mahasiswa : 16630013
Telah diujikan pada : Selasa, 02 Maret 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan
Kalijaga Yogyakarta

TIM TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 605c00e5de15b



Penguji I

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 605adb73150fe



Penguji II

Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6056b039c8690



Yogyakarta, 02 Maret 2021

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 60618c8acbaaa



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi /Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Intan Nur Aprilianti

NIM : 16630013

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Karagenan Bentonit Sebagai Material Lepas Lambat Pupuk Urea

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 14 Januari
2021 Pembimbing

Irwan Nugraha, S.Si, M.Sc.

NIP: 19820329 201101 1 005



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas
Akhir Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan
Teknologi UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Intan Nur Aprilianti
NIM : 16630013
Judul Skripsi. : Sintesis Komposit Karagenan Bentonit sebagai Material Lepas Lambat Pupuk Urea

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.



Yogyakarta, 18 Maret 2021
Konsultan


Endaruji Sedjadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820205 201503 1 003



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas

Akhir Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan
Teknologi UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Intan Nur Aprilianti

NIM 16630013

Judul Skripsi. : Sintesis Komposit Karagenan Bentonit sebagai Material Lepas
Lambat Pupuk Urea

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 18 Maret

2021 Konsultan

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP. 19750725 200003 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Intan Nur Aprilianti

NIM : 16630013

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 16 Februari 2021

Yang Menyatakan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Intan Nur Aprilianti

MOTTO

“Jika kamu ingin hidup bahagia, terikatlah pada tujuan, bukan orang atau benda. “ –Albert Einstein-

”Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu. “ –HR. Muslim-



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

Ayah dan Ibu tercinta. Kedua orang terhebat yang selalu menyayangi, membimbing, dan tidak putus doanya untuk menjadi yang terbaik.

Adik dan keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa. Semoga ilmu yang didapatkan bisa bermanfaat dan berguna bagi nusa bangsa, serta menjadi penerang dalam kehidupan.

Untuk Almamater,
Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Karagenan Bentonit Sebagai Material Lepas Lambat Pupuk Urea” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penulisan skripsi ini telah selesai. Ucapan terimakasih tersebut secara khusus disampaikan kepada :

1. Ibu Dr. Khurul Wardani, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriyati M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Bapak Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah sabar dan ikhlas meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi.
4. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Ibu Isnı Gustanti, S.Si., Bapak Wijayanto, S.Si., dan Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penulisan skripsi berjalan dengan lancar.
7. Bapak Moch. Ikhsan dan Ibu Nurhayati, yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, semangat, dan membantu dalam bentuk apapun.
8. Adik Nihaayatul Khususna yang selalu mendoakan dan menghibur.
9. Teman-Teman ETA Annisatul, Mone, Atis, Sekar, Ida, Vina, Dwiana, Nurin, Yusi, Nindah, Rahma, Dewi yang selalu membantu, menghibur, memberikan semangat, motivasi, dan membantu dalam bentuk apapun.
10. Ainun Thamami Aziz selaku teman yang sangat membantu selama ini dalam penyelesaian skripsi, selalu menghibur, memberikan ilmu-ilmunya dengan baik dan selalu senantiasa memberikan motivasi.
11. Annisatul Muarifah yang selalu menyediakan bahu dan telinganya untuk menampung segala keluh kesah , memotivasi, mendengarkan segala curhatan dalam suka maupun duka, dan selalu memberi saran dengan baik.

12. Aini, Andriani, Vitra selaku teman seperjuangan yang menemani penulis dari awal sampai ke tahap ini.
13. Zahrotul Mawaroh dan Ngaeni Arifah selaku teman sekamar yang selalu menghibur, memotivasi, memberi bantuan dalam bentuk apapun.
14. Keluarga besar Asrama Annisa PP. Wahid Hasyim Yogyakarta yang selalu memberikan ilmu dan mengajarkan arti kekeluargaan.
15. Keluarga besar PP. Wahid Hasyim yang telah mendidik penulis selama di jogja dengan ilmu akidah, ibadah, serta agama yang sangat baik.
16. Ziqqa, Sari, Fatah, Erik, selaku teman satu bimbingan yang telah berjuang bersama dan selalu memberi motivasi dan bantuan dalam bentuk apapun.
17. Teman-teman kimia angkatan 2016 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu mendukung dan memberi motivasi.
18. Rekan-rekan MERCIE MAN II Kota Kediri khususnya konco ulo yang selalu memotivasi dan memberi bantuan dalam hal apapun.
19. Semua pihak yang membantu selama ini dalam penulisan skripsi.
Demi kesempurnaan skripsi, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi rekan rekan dalam pengembangan ilmu khususnya ilmu kimia.

Yogyakarta, 10 Maret 2021

STATE ISLAMIC UNIVERSITY Penulis
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTASI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
A. Tinjauan Pustaka.....	8
B. Landasan Teori	11
1. Komposit	11
2. Urea	12
3. Bentonit	13
4. Karagenan.....	16
5. Adsorpsi.....	19
6. Model Adsorpsi	22
7. Desorpsi.....	24
8. XRD.....	24

9. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR).....	27
10. Spektrofotometer UV-Vis	28
C. Kerangka berpikir dan Hipotesis	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
B. Alat-Alat Penelitian	33
C. Bahan Penelitian	33
D. Cara Kerja Penelitian	34
1. Aktivasi Ca Bentonit dengan larutan H_2SO_4 1 M	34
2. Uji Karakterisasi Sifat Fisik Ca Bentonit Alam dan Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M.....	34
3. Sintesis Komposit Ca Bentonit Karagenan	36
4. Preparasi Sampel Urea	36
5. Pembuatan Larutan Indofenol	37
6. Uji Kandungan Amonia Pupuk Urea.....	38
7. Pengujian Komposit Ca Bentonit Karagenan Sebagai Material Lepas Lambat (Slow Release) Pada Pupuk Urea	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Aktivasi Ca-Bentonit	41
B. Karakterisasi Material Awal Ca-Bentonit Alam, Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M, dan Komposit Karagenan Bentonit	41
1. Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR).....	41
2. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	43
3. Karakterisasi Sifat Fisika.....	46
C. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kalsium Bentonit-Karagenan.....	49
1. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR).....	49
2. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	52
D. Uji Adsorpsi Ca Bentonit Alam Urea dan Komposit Kalsium Bentonit-Karagenan Urea Menggunakan Larutan Indofenol	54
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Indofenol	54
2. Penentuan Kurva Kalibrasi	55
3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M dan Ca-Bentonit Karagenan terhadap Larutan Pupuk Urea	56
4. Uji Isoterm Adsorpsi	61
E. Karakterisasi Komposit Kalsium Bentonit-Karagenan Teradsorpsi Ammonium Urea.....	66
1. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR).....	66

2. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	68
F. Uji Kinerja Komposit Kalsium Bentonit-Karagenan Teradsorpsi Ammonium Urea Sebagai Material Lepas Lambat (Slow Release Material) Pupuk Urea	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
A. Kesimpulan	73
B. SARAN.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal Montmorillonit	15
Gambar 2.2 Struktur Karagenan tipe <i>kappa</i>	17
Gambar 2.3 Struktur Karagenan tipe <i>iota</i>	18
Gambar 2.4 Struktur Karagenan tipe <i>Lambda</i>	18
Gambar 2.5 Difraksi Sinar-X	26
Gambar 4.1 Spektra FT-IR (a) Ca-Bentonit alam dan (b) Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4	42
Gambar 4.2 Difaktogram XRD (a) Ca-Bentonit Alam dan (b) Ca-Bentonit Teraktivasi.....	44
Gambar 4.3 Spektra FT-IR Karagenan	50
Gambar 4.4 Spektra FT-IR Komposit Kalsium Bentonit-Karagenan.....	51
Gambar 4.5 Difaktogram XRD Komposit Karagenan Bentonit	52
Gambar 4.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	55
Gambar 4.7 Kurva Kalibrasi Larutan Standar pada Panjang Gelombang 637 nm	56
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Konsentrasi Urea (v/v%) dengan Konsentrasi Adsorbat (mmol/L) oleh Ca-Bentonit Alam Teraktivasi H_2SO_4 1 M	58
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Konsentrasi Urea (v/v%) dengan Massa Ammonium Teradsorpsi per 1 gram Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M (Xm/m).....	59
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Konsentrasi Urea (v/v%) dengan Konsentrasi Adsorbat (mmol/L) oleh Komposit Karagenan Bentonit.....	59
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Konsentrasi Urea (v/v%) dengan Massa Ammonium Teradsorpsi per 1 gram Komposit Karagenan Bentonit (Xm/m)	60
Gambar 4.12 Grafik Persamaan Freundlich Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1M	63
Gambar 4.13 Grafik Persamaan Langmuir Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M.....	63
Gambar 4.14 Grafik Persamaan Freundlich Komposit Karagenan Bentonit.....	64
Gambar 4.15 Grafik Persamaan Langmuir Komposit Karagenan Bentonit.....	65
Gambar 4.16 Spektra FT-IR (a) Komposit (b) Komposit Teradsorpsi Urea	67
Gambar 4.17 Difaktogram XRD Komposit Teradsorpsi Urea.....	68
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Waktu desorpsi dengan Konsentrasi Filtrat Desorpsi pada Panjang Gelombang 637 nm.....	71

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Karagenan Iota, Kappa, dan Lambda	17
Tabel 2.2 Perbedaan Adsorpsi Fisika dengan Adsorpsi Kimia.....	21
Tabel 2.3 Persamaan dan Aplikasi Beberapa Teori Isoterm.....	22
Tabel 2.4 Adsorpsi sinar UV pada λ_{maks} , dari beberapa pelarut.....	29
Tabel 4.1 Perbandingan Sifat Fisik Ca-Bentonit Alam, Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M, dan Komposit Karagenan Bentonit.....	47
Tabel 4.2 Data Kapasitas Adsorpsi Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M dan Ca-Bentonit Karagenan.....	57
Tabel 4.6 Harga Konstanta Freundlich dan Langmuir	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data sepktofotometer UV-Vis.....	79
Lampiran 1 Tabel karakterisasi FT-IR dan XRD.....	86
Lampiran 1 Perhitungan karakterisasi fisik.....	88
Lampiran 1 Uji kemampuan desorpsi	90



ABSTRAK

SINTESIS KOMPOSIT KARAGENAN BENTONIT SEBAGAI MATERIAL LEPAS LAMBAT PUPUK UREA

Oleh :

Intan Nur Aprilianti
16630013

Pembimbing

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.

Sintesis komposit karagenan bentonit telah berhasil dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisika, gugus fungsi, kristalinitas, dan uji adsorpsi serta uji desorpsi komposit karagenan bentonit terhadap amonium urea sebagai material lepas lambat (*slow release material*) pupuk urea pada konsentrasi maksimum.

Komposit karagenan bentonit disintesis melalui metode dispersi dalam waktu 3 jam. Karakterisasi komposit karagenan bentonit pada bilangan gelombang $796,74\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi Si-O-OH dan bilangan gelombang $3437,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi Al-O-OH pada lapisan oktahedral. Karakterisasi XRD menunjukkan kenaikan jarak antar bidang kristal pada $2\theta=19,89^\circ$ ($d=4,46\text{ \AA}$).

Uji kemampuan adsorpsi komposit karagenan bentonit terhadap amonium pupuk urea dilakukan dengan metode *indofenol* dengan variasi konsentrasi (v/v) 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Uji adsorpsi komposit karagenan bentonit mengalami optimum pada konsentrasi 25% (v/v) dengan nilai konsentrasi sebesar 51,6030 mmol/L serta kapasitas adsorpsi sebesar 185,7708 mg/g yang terserap oleh 1 gram komposit kalsium bentonit-karagenan yang terjadi berupa interaksi fisika dan kimia pada nilai R^2 pada persamaan Freundlich sebesar 0,8824 dan persamaan tipe Langmuir komposit kalsium bentonit-karagenan sebesar $R^2 = 0,0394$. Uji *slow release* dengan metode desorpsi, ammonium dapat keluar secara perlahan dan mengalami

keseimbangan pada menit ke 15 dengan ammonium yang dikeluarkan sebesar
31,8320 mmol/L.

Kata Kunci : Komposit Karagenan Bentonit, *Slow Release Material*, Pupuk Urea.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dan sebagian besar penduduknya bermata pencaharian di bidang pertanian. Sebenarnya negara ini diuntungkan karena dikaruniai kondisi alam yang mendukung, hamparan lahan yang luas, keragaman hayati yang melimpah, serta beriklim tropis dimana sinar matahari terjadi sepanjang tahun sehingga bisa menanam sepanjang tahun. Realita sumber daya alam seperti ini sewajarnya mampu membangkitkan Indonesia menjadi negara yang makmur, tercukupi kebutuhan pangan warganya. Meskipun belum terpenuhi, pertanian menjadi salah satu sektor riil yang dimiliki peran sangat nyata dalam membantu penghasilan devisa negara (Warsani, 2013). Disisi lain, para petani pasti menginginkan hasil panen yang baik dan melimpah. Oleh karena itu, banyak petani memberikan pupuk anorganik pada tanamannya tanpa memperhatikan efek samping dari pemberian pupuk tersebut diantaranya pencemaran tanah yang menyebabkan polusi tanah sehingga pertumbuhan tanaman akan terganggu.

Salah satu penyebab rendahnya tingkat produktivitas tanaman diakibatkan karena ketersediaan nitrogen secara kontinyu sama pertumbuhan vegetatif tanaman tidak konsisten. Selama ini petani menggunakan sumber nitrogen urea yang sifatnya mudah menguap dan tercuci. Oleh karena itu pemberian pupuk urea tidak sekaligus dengan kata lain harus secara bertahap. Pemberian yang bertahap tidak efisien dalam penggunaan tenaga kerja. Sebagai upaya untuk mengurangi kehilangan unsur hara nitrogen, para peneliti memodifikasi bentuk fisik dan kimia pupuk urea konvensional menjadi pupuk urea lepas lambat atau *slow release urea*, urea yang termodifikasi dapat memperlambat proses hidrolisis nitrogen di dalam tanah (Xiaoyu dkk., 2013).

Tingkat penggunaan pupuk anorganik atau sintesis dikalangan petani dewasa ini telah melebihi dosis sesuai yang dianjurkan oleh Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Pada faktanya tingkat penggunaan pupuk sintesis ditingkat nasional selama periode 1975-2015 rata-rata sebesar 410,25 kh/ha per tahun (Soedjals, 2016). Padahal peraturan terbaru tentang aturan pemberian pupuk sintesis dikeluarkan pada tahun 2007 melalui Peraturan Menteri Pertanian NOMOR 40/Permentan/OT.140/4/2007 menyebutkan bahwa rekomendasi umum pemberian pupuk sintesis berupa pemupukan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) pada tanaman yaitu 125-275 kg/ha. Pada umumnya petani menggunakan pupuk sintesis jenis urea, ZA, Phonska, TSP, dan KCl seperti yang sudah beredar luas di pasaran. Penggunaan pupuk sintesis tersebut dirasa lebih praktis oleh petani dimana dengan kadar pupuk yang relatif tidak terlalu banyak serta harga yang terjangkau, dapat dihasilkan panen yang maksimal. Hal inilah yang menyebabkan petani enggan menggunakan pupuk organik atau kandang dan bergantung kepada pupuk anorganik atau sintesis.

Pupuk urea yang diserap tanaman hanya sekitar 30% - 50%. Jenis pupuk lainnya, phospat, dan KCl, hanya 15% - 20% yang diserap tanaman. Selebihnya, pupuk akan tertinggal di dalam tanah dan tercuci ke dalam air tanah atau terbawa ke aliran sungai. Lahan – lahan pertanian menjadi terpolusi oleh bahan – bahan kimia asal pupuk buatan tersebut. Polusi tanah pertanian dapat menyebabkan penurunan kualitas bahan dan keberadaan mikroba berguna dalam tanah. Polusi tanah pertanian juga menyebabkan pemupukan garam – garam dan logam berat seperti Cu, Al, dan Cd, kerusakan tanah, dan peningkatan keasaman tanah (Suryanto, 2001). Salah satu kelemahan penggunaan pupuk secara konvensional adalah tidak efisien. Hanya sekitar 30 – 50% pupuk yang diserap oleh tanaman, selebihnya akan terlepas ke lingkungan. Upaya pengurangan inefisiensi pupuk dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk secara terkendali dalam tanah. Metode ini dikenal dengan istilah *controlled release fertilizer* (CRF). CRF terdiri dari

matrik berupa padatan yang berperan sebagai penghalang selektif dan bahan aktif (pupuk) yang dikontrol pelepasannya (Mahendra, 2016).

Di lain sisi, Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki potensi besar pada daerah pesisir. Salah satunya yaitu rumput laut. Rumput laut adalah komoditas ekspor dan perikanan budidaya yang sangat diunggulkan. Produksi rumput laut nasional tahun 2010 mencapai 3,082 juta ton, diatas target yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan sebesar 2,574 juta ton. Angka ini naik dari tahun sebelumnya yang mencapai 2.963.556 ton. Produksi rumput laut merupakan yang terbesar dibandingkan dengan komoditas perikanan lainnya. Rumput laut yang dibudidayakan oleh para pembudidaya sebagian besar adalah rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Gracilaria* sp (KKP, 2011). Makroalga menjadi sumber nutrisi yang sangat baik bagi makanan, pakan ternak, pupuk dan produksi fikokoloid, contoh agar-agar, karagenan, dan alginat (Thirumaran dkk., 2009). Karagenan merupakan polisakarida linier bersulfat yang diekstraksi dari rumput laut merah tertentu kelas Rhodophyceae (Sperisa dkk., 2011). Karagenan telah banyak digunakan dalam industri makanan sebagai bahan pengental, pembentuk gel, dan sebagai eksipien dalam bentuk pil dan tablet di industri non-makanan (Campo dkk., 2009). Kurangnya pemanfaatan rumput laut khususnya dalam bentuk produk karagenan sehingga mendorong penelitian ini untuk dijadikan material komposit yang digunakan untuk membantu proses adsorpsi pupuk anorganik urea.

Untuk mengatasi permasalahan terjadinya kehilangan urea yang cukup besar, maka kelarutan urea dalam air harus diperkecil atau dikendalikan pelepasannya sesuai kebutuhan tanaman selama proses pertumbuhannya, dengan cara di adsorpsi menggunakan bentonit. Dimana bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M mampu mengadsorpsi amonium serta potensinya sebagai pupuk *slow release material* (Hidayat, 2017). Dalam penelitian ini menggunakan komposit karagenan bentonit, hal ini disebabkan pemanfaatan karagenan yang sangat luas karena memiliki sifat-sifat an-ionik kuat dan dapat membentuk koloid sehingga digunakan sebagai pengemulsi, pengental, pengisi, penstabil,

perekat dan pembentuk gel. Penelitian tentang karagenan terus berkembang tidak hanya dalam bidang pangan tetapi juga dalam bidang farmasi dan industri (Diharmi, 2016). Selain itu beberapa penelitian menggunakan polimer sintetik untuk material pendukung. Polimer sintetik tidak dapat terurai secara hayati, mahal dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika membran habis pakai tidak dibuang secara tepat. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan karagenan sebagai material pendukung. *Kappa* karagenan merupakan getah rumput laut *Eucheuma cottonii* yang diekstraksi dengan air panas atau larutan alkali. Karagenan dapat berfungsi sebagai bahan penyerap (adsorben), pengikat bahan-bahan lain (*flocculating agent*), dan *gelling agent*. *Kappa* karagenan memicu proses solidifikasi/stabilisasi (S/S) yaitu membentuk padatan limbah yang kuat dan tahan lama, serta mudah ditangani dan tidak meluluhkan kontaminan ke lingkungan (Atmaja, 2017).

Penggunaan metode adsorpsi sering dilakukan oleh para peneliti, misalnya penggunaan karbon aktif, kitosan, batu kapur dan kapur tohor untuk menyerap kandungan logam berat pada air limbah, limbah phenol. Penggunaan bentonit untuk menyerap logam Chromium pada limbah cair telah dilakukan oleh Okoye.I.P. dan Otolu, 2012. Ding, 2011 menyatakan bahwa bentonit dapat mengusir cation logam Zinc, logam Cu(II), logam merkuri (II) dan peneliti lain menyatakan bahwa kinerja bentonit dalam menyerap logam cukup tinggi karena bentonit mempunyai porositas eksternal yang cukup besar dan daya mengembang di dalam air (Sukandarrumidi, 2009). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti tersebut, menunjukkan bahwa material bentonit mampu menyerap berbagai adsorbat diantaranya logam dan limbah cair, sehingga penelitian ini dapat menggunakan proses adsorpsi untuk mengadsorp pupuk anorganik urea

Penelitian ini memanfaatkan material bentonit yang telah diaktivasi dengan H_2SO_4 1 M dan dimodifikasi dengan karagenan sebagai adsorben dan ion amonium pupuk urea sebagai kation yang akan dipertukarkan. Alasan dipilihnya H_2SO_4 1 M memiliki jumlah H^+ yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam-asam yang lainnya seperti HCl ataupun HNO_3 yang biasa

digunakan sebagai zat pengaktivasi. Selain itu penambahan karagenan mampu meningkatkan adsorpsi dan desorpsi unsur nitrogen yang berupa amonia dalam pupuk urea sehingga didapatkan komposit dengan proses pelepasan nitrogen yang efisien sehingga dapat menjadi material lepas lambat atau *slow release fertilizer*.

Berdasarkan pemaparan diatas yang menjelaskan bahwa banyak petani yang menggunakan pupuk anorganik yang kurang efektif sehingga dapat mengakibatkan polusi tanah dan pencemaran tanah yang menjadikan tanaman – tanaman tidak dapat tumbuh dengan maksimal karena kekurangan nutrisi nitrogen dari pupuk, penelitian ini membuat komposit karagenan bentonit sebagai material lepas lambat pupuk urea. Pembuatan komposit tersebut berguna untuk proses adsorpsi dan desorpsi terhadap pupuk urea dengan tujuan komposit mampu mengadsorp dan mendesorp pupuk urea sehingga tanaman dapat terbantu dalam kebutuhan nitrogen dan dapat mengurangi pencemaran tanah.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Adsorben yang digunakan pada penelitian adalah komposit Ca bentonit karagenan.
2. Adsorbat yang digunakan pada penelitian adalah pupuk urea.
3. Mineral asam yang digunakan untuk proses aktivasi adalah H_2SO_4 1M.
4. Karakteristik sifat fisik Ca Bentonit yaitu meliputi keasaman permukaan (*acidity*), *pH suspended solid*, *%moisture* (kadar air), *bulk density*, *swelling indeks*.
5. Karakteristik adsorben Ca bentonit karagenan digunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakterisasi sifat fisik Ca bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M meliputi keasaman permukaan (*acidity*), pH *suspended solid*, %moisture (kadar air), *bulk density* (kepadatan material), , *swelling indeks* (indeks perekahan), gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan jenis mineral dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)?
2. Bagaimana karakterisasi struktur komposit karagenan bentonit setelah dilakukan adsorpsi terhadap pupuk urea dengan, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD)?
3. Bagaimana kemampuan adsorpsi dan desorpsi komposit karagenan bentonit sebagai material lepas lambat pupuk *slow release* urea dengan variasi waktu kontak?
4. Bagaimana interaksi molekul yang terjadi antara ion amonium urea dengan komposit karagenan bentonit?

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dan memahami karakterisasi sifat fisik Ca bentonit teraktivasi H_2SO_4 yang meliputi keasaman permukaan (*acidity*), pH *suspended solid*, %moisture (kadar air), *bulk density* (kepadatan material), *swelling indeks* (indeks perekahan), gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan jenis mineral dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).
2. Mengetahui dan mengkaji karakterisasi struktur komposit karagenan bentonit setelah dilakukan proses adsorpsi terhadap urea dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).
3. Mengetahui dan menjelaskan adsorpsi dan desorpsi komposit karagenan bentonit sebagai material lepas lambat pupuk *slow release* urea dengan variasi waktu kontak.

4. Menjelaskan interaksi molekul yang terjadi antara ion amonium urea dengan komposit karagenan bentonit.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat yaitu sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan dan wawasan yang lebih terhadap aplikasi bentonit sebagai adsorben.
2. Menaikkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk urea serta mengurangi pencemaran lingkungan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komposit kalsium bentonit disintesis dengan metode interkalasi yang dibuktikan dengan karakterisasi menggunakan FT-IR dan terdapat gugus fungsi pada bilangan gelombang $796,74\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi Si-O-OH dan bilangan gelombang $3437,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi Al-O-OH pada lapisan oktahedral. Adanya interaksi fisik antara Ca-Bentonit dengan karagenan ditandai dengan kenaikan jarak antar bidang kristal pada $2\theta=19,89^\circ$ ($d=4,46\text{ \AA}$). Hasil karakteristik kalsium bentonit-karagenan teradsorpsi urea berdasarkan spektra FT-IR mengindikasikan adanya serapan baru karagenan telah berhasil pada $1457,415\text{ cm}^{-1}$ yaitu garam ammonium. Kemudian pada bilangan gelombang $784,47\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi $-\text{CH}_2$ yang berasal dari pupuk urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Selain itu dari karakterisasi menggunakan XRD terdapat puncak khas mineral monmorillonit yang terkandung dalam material komposit kalsium bentonit-karagenan yang menunjukkan adanya interaksi yang disebabkan oleh kenaikan *basal spacing* sehingga gugus aktif karagenan dan Ca-bentonit dapat berinteraksi secara fisik dalam permukaan bentonit.
2. Hasil karakteristik fisik Ca-Bentonit alam, Ca-Bentonit teraktivasi, dan Komposit kalsium bentonit karagenan yang meliputi *acidity* (mg KOH/g), pH 10% *suspended solid*, *bulk density*, *free moisture*, dan *swelling index* berturut adalah 0 mg KOH/gram; 6; 0,8901 g/mL; 7,9145 %; 3,1030 untuk Ca-Bentonit alam, 1,1214 mg KOH/gram; 3; 0,8740 g/mL; 7,7608 %; 3,1024 untuk Ca-Bentonit teraktivasi, dan 2,2417 mg KOH/gram; 2; 0,8230 g/mL; 7,2272 %; 3,0021 untuk komposit kalsium bentonit-karagenan.

3. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum komposit kalsium bentonit-karagenan sebagai material lepas lambat (*slow release*) dengan metode adsorpsi-desorpsi menunjukkan bahwa komposit kalsium bentonit-karagenan lebih optimum dibandingkan dengan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M terhadap larutan urea pada konsentrasi 25% (v/v) dengan nilai konsentrasi sebesar 51,6030 mmol/L serta kapasitas adsorpsi sebesar 185,7708 mg/g yang terserap oleh 1 gram komposit kalsium bentonit-karagenan sehingga interaksi yang terjadi berupa interaksi fisika dan kimia pada nilai R^2 pada persamaan Freundlich sebesar 0,8824 dan persamaan tipe Langmuir komposit kalsium bentonit-karagenan sebesar $R^2 = 0,0394$. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan adsorpsi isoterm tipe Freundlich dan Langmuir diterapkan pada proses adsorpsi komposit karagenan bentonit.
4. Uji *slow release* dengan metode desorpsi, ammonium dapat keluar secara perlahan dan mengalami keseimbangan pada menit ke 15 sehingga komposit kalsium bentonit-karagenan dapat berpotensi sebagai material lepas lambat pupuk urea atau *slow release*.

B. SARAN

1. Uji *slow release* dengan metode desorpsi perlu dilakukan lebih jauh lagi karena jumlah adsorbat yang keluar dari adsorben relatif sangat singkat.
2. Perlu adanya pengaplikasian langsung pada media tanah untuk pengujian material lepas lambat secara jelas.
3. Pembelajaran lebih jauh lagi tentang pembuatan komposit dimana perbandingan antara Ca-Bentonit teraktivasi asam dan karagenan harus optimum.
4. Perlu adanya uji XRF untuk mengetahui komposisi senyawa yang terdapat pada material Ca-Bentonit alam, Ca-Bentonit teraktivasi, komposit kalsium bentonit-karagenan, serta komposit kalsium bentonit-karagenan teradsorpsi urea.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Khairurrijal. 2009. Review: *Karakterisasi Nanomaterial*, Jurnal *Nanosains & Nanoteknologi*, ISSN 1979-0880 Vol. 2 No.1.
- Adamson, A.W., 1990. *Physical Chemistry of Surface* edisi 5. New York.
- Atkins PW. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Kartohadiprodjo, penerjemah: Rohhadyan Utama T. England: Oxford University Press.
- Atmaja, T.B., Aryananda, Bagus., Deseliane, Shandira. 2017. *Pemanfaatan Kappa Karagenan dari Rumput Laut Merah (Eucheuma Cottonii) Sebagai Bahan Solidifikasi dan Stabilisasi Logam Berat Chromium pada Limbah Tekstil*. ISBN: 978-602-70570-5-0. DOI 10.21063/PIMIMD4.9-16.
- Campo VL., Kawano, D.F., da Silva, D.B., Carvalho, I. 2009. *Carragenans: Biological Properties, Chemical modifications and Structural Analysis*. Carbohydrate Polymers 77 : 167-180.
- Despramita, Kiki., Sahan.Y., Sultana Yulfiana. 2012. *Penentuan Daya Serap Bentonit dan Keseimbangan Adsorpsi Bentonit terhadap Ion Cu (II)*. Jurnal *unsrat* Vol 5, No 2 (2012).
- Diharmi, Andarini. 2016. *Karakteristik Fisiko-Kimia Karagenan Rumput Laut Merah Eucheuma Spinosum dalam Perairan Nusa Penida, Sumenep, dan Takalar*. Disertasi: IPB.
- Ding.S, Juanjuan Shen, Bohui Xu, Qinfu Liu, Yuzhuang Sun. 2012. *The Factor on Removal of Zinc Cation From Aqueous Solution by Bentonite, Natural Resources*. 107113.
- Doty M.S. 1985. *Eucheuma Farming for Carragenan-sea grant Advisory Report*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Ginting, Abdurrahman. 2008. *Esensi Praktis Belajar Pembelajaran*. Bandung: Humaniora.
- Gorrel, R., Mao., Shichun.Qu., dkk., 2005. *A New Organic Composite Dielectric Material for High Performance IC Package*. Electric Component and technology Conference, Vol 2, hlm 1373-1377
- Grant, N. M., & Suryanayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction : A Partical Approach*. New York: Plenum Press.
- Hidayat, M.Taufik., Nugraha, Irwan. 2017. *Kajian Kinerja Ca-bentonit Kabupaten Pacitan Jawa Timur Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Material Lepas Lambat (Slow Release Material) Pupuk Organik Urin Sapi*. Indonesian Journal of Material Chemistry Vol 1. No.1, 2018, 27-37.2.
- I.P.Okoye. C.OBI& S.E Otolu. 2012. *Studie of the Adsorption Kinetics of Chromium Pillared Bentonite Clay Mineral*. Journal of applied Technology environmental Sanitatio. 2(3) 145-154.

- Kawasumi, Masaya., Kojima, Yoshitsugu., Usuki, A., dkk. 1993. Mechanical Properties of Nylon 6-Clay Hybrid, *Journal of Material Research*, Vol 8(5), pp 1185-1189.
- (KKP) Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2011. *Data Indikator Kinerja Umum Kelautan dan Perikanan Tahun 2010*. Jakarta: Pusat data statistik dan informasi.
- Kosim, H., Susila A., Hermansyah., 2015. *Pengurangan Kadar Amonia dari Limbah Cair Pupuk Urea dengan Proses Adsorpsi menggunakan Adsorben Bentonit*. *Jurnal Penelitian Sains*, Vol.17 No. 2.
- Mahendra, Yusril Ihza. 2016. *Karakterisasi Hybrid Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung Dalam Controlled Release Nitrogen*. Skripsi: Universitas Jember.
- Mahmuda, Siti., Nugraha, Irwan. 2016. *Pengaruh Penggunaan Bentonit Terhadap Aktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol pada Minyak Sereh Wangu Kabupaten Gayo Lues-Aceh*. *Chimica et Natura Acta* Vol. 4 No.3 :123-129.
- Mukarrom, Faisol. 2017. *Ekonomi Material Indonesia*. Yogyakarta: ANDI.
- Murray, Haydn H. 2007. *Applied Clay Mineralogy*. Amsterdam, The Netherlands
- Mattel, C.L. 1991. "Adsorption", 2nd Edition, McGraw-Hill Company Inc. New York.
- The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier
- Nainggolan, G.D., Suwardi, dan Darmawan. 2009. *Pola Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Tersedia Lambat (Slow Release Fertilizer) urea zeolite asam humat*. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 8(2):62-70.
- Oxford. 1994. *Kamus Lengkap Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Purwaningsih, H. 2002. *Pembuatan Alumina dari Kaolin dan Studi Katalisis Heterogen untuk Sintesis Vanili dari Eugenol Minyak Gagang Cengkeh*. Depok: FMIPA UI.
- Riyanto, A. 1992. *Bahan Galian Industri Bentonit*. PPTM. Bandung. 16 hal.
- Sastrohamidjojo, H. 1985. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Schwarzenbach, R.P., Gshwend, P.M., dan Imboden, D.M. 1993. *Enviromental Organic Chemistry*. John Willey and Sons Inc. Canada. 38-39, 436-484.
- Sciti, D., and Bellosi, A., 2002. *Microstructure and Properties of Alumina-SiC nanocomposites Prepared from Ultrafine Powder*, *Journal of Material Science* 37, K luwer Academic Publishers.
- Septembriani, putri., Suptijah, Pipih., Wasis, Basuki., dkk. 2012. *Pemanfaatan Pasta Limbah Karagenan dari Rumpun Laut Eucheuma sp. Sebagai Pupuk Pada Tanah Terdegradasi*. *JPHPI* Volume 15 Nomor 3.
- Setiabudi, Agus., Hardian, Rifan., Muzakir, Ahmad., 2012. *Karakterisasi Material*. Bandung: UPI Press.

- Smallman, R., & Bishop, R. 1999. *Modern Physics Metallurgy and Materials Engineering*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Soedjals, Z. 2016. Subsidi Pupuk Anorganik dan Pertanian Organik di Indonesia. Yogyakarta: UGM.
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: AURA.
- Suharyana. 2012. *Dasar-Dasar Dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Suryanto, Widada. A., Martodireso, Sudadi. 2001. *Terobosan Teknologi Pemupukan dalam Era Pertanian Organik (Budidaya Tanaman Pangan Holtikultura dan Perkebunan)*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sperisa D, Wiratni, Fahrurrozi M, Rochmadi. 2011. *Carragenan Properties extracted from Eucheuma Cottonii*. Indonesia: Wordl Academy of Science Engineering and Technology 78: 738-742.
- Sukandarrudin. 2009. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press.
- Syuhada, Rahmat W, Jayatin, Saeful R. 2009. *Modifikasi Bentonite (Clay) Menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan*. Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi 2:1
- Thirumaran G, Arumugam M, Arumugam R, Anantharaman P. 2009. *Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on Growth and Pigment Concentration of Cyamopsis Tetragonoloba (L) Taub*. American-Eurasian Journal of Agronomy 2(2) : 50-56
- Ulfah, Fajariyah., dan Nugraha, Irwan. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Komposit Karagenan-Montmorilonit*. Molekul, Vol. 9. No. 2 : 155-156.
- Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
- Volensky, Bohumil, dan V. Diniz. 2005. *Desorption of Lanthanum, Europium and Ytterbium from Sargassum*. Canada: Mc Gill Univesrsity.
- Warsani, Henki. 2013. *Kajian Pemanfaatan Latihan Sawah di Kecamatan Kuantan Tengah Kabupaten Kuantan Singingi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Widi, Restu. 2018. *Pemanfaatan Material Anorganik : Pengenalan dan Beberapa Inovasi di Bidang Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- Widyawati, N. 2012. *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Winarno, F.G. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: PT Sinar Pustaka Harapan.

- Xiaoyu, N., Yuejin, W., Zhengyan, W., Lin, Wu., Guannan, Q., Lixiang, Y. 2013. *A novel slow-release urea fertilizer: physical and chemical analysis of its structure and study of its release mechanism*. Biosystems Engineering 115(2013) :274-282.
- Zulianingsih, N. 2012. *Analisa Pengaruh Jumlah Lapisan Tipis BZT yang ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel terhadap Ketebalan dan Sifat Listrik (Kurva Histerisis)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

