

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA S/CRF
PVA/BORAT/*GRACILARIA*/CHARCOAL-CaCO₃ TERSISIPI KCl**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia



Disusun Oleh:
BILQIS APRILIA SALIMA
NIM 2005993

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA S/CRF
PVA/BORAT/*GRACILARIA*/CHARCOAL-CaCO₃ TERSISIPI KCl**

Oleh

Bilqis Aprilia Salima

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Program Studi Kimia

© Bilqis Aprilia Salima

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi Undang – Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
diperbanyak, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA S/CRF
PVA/BORAT/GRACILARIA/CHARCOAL-CaCO₃ TERSISIPI
KCl**

**BILQIS APRILIA SALIMA
2005993**

Disetujui dan disahkan oleh:
Pembimbing I



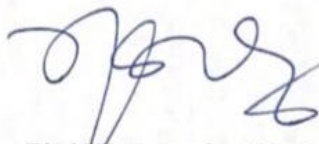
Dr. Hendrawan, M.Si.
NIP. 196309111989011001

Pembimbing II



Hafiz Aji Aziz, M.Sc.
NIP 920200419930502101

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia S1 FPMIPA UPI



Fitri Khoerunnisa, Ph.D
NIP. 197806282001122001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*/Charcoal Tersisipi KCl”** ini beserta seluruh isinya adalah sepenuhnya karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,

Bilqis Aprilia Salima
NIM 2005993

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT dengan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya, penulis dapat skripsi yang berjudul **“Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*/Charcoal-CaCO₃ Tersisipi KCl**” sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar sarjana. Shalawat dan Salam selalu tercurahkan kepada Nabi junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia. Dalam penulisan skripsi ini, tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, masukan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, segala hambatan dan kesulitan dapat teratasi dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kelemahan akibat dari keterbatasan penulis. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan skripsi ini dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,

Bilqis Aprilia Salima

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul **“Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*/Charcoal- CaCO_3 Tersisipi KCl”** ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia.

Penulis menyadari bahwa selama kegiatan berlangsung, penyusunan sampai tahap penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan tanpa batas kepada semua pihak yang telah memberikan arahan, bimbingan dan petunjuk serta motivasi dalam proses penyusunannya yang ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti. Tanpa kalian, saya tidak akan bisa mencapai titik ini.
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku pembimbing I yang telah membimbing, membagikan banyak ilmu, motivasi, nasihat, dukungan, kritik, dan saran selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
3. Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc. selaku pembimbing II yang telah membimbing, membagikan banyak ilmu, motivasi, nasihat, dukungan, kritik, dan saran selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
4. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia.
5. Seluruh Dosen dan Laboran Program Studi Kimia yang telah mendidik, membagikan banyak ilmu selama kuliah dan seluruh staf Program Studi Kimia FPMIPA yang mendukung dan selalu sabar melayani selama proses penelitian ini.
6. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian dan penulisan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,

Bilqis Aprilia Salima

ABSTRAK

Penerapan pupuk yang tepat dapat meningkatkan produktivitas pertanian, namun penggunaan pupuk secara berlebihan dapat mengurangi efisiensi dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Pupuk pelepasan lambat/terkendali (*Slow/Controlled-Release Fertilizer*, S/CRF) dianggap sebagai solusi yang baik untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. S/CRF bekerja dengan melepaskan nutrisi secara perlahan, sehingga mengurangi kehilangan nutrisi ke lingkungan dan meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk. Kajian pada pengembangan S/CRF menunjukkan bahwa gel yang berbahan dasar PVA/Borat/*Gracilaria* memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan lebih lanjut. Pada sisi lain, charcoal merupakan bahan yang umum digunakan oleh petani untuk bahan tambahan pemupukan. Pada penelitian ini, dipelajari bagaimana charcoal memberikan ubahan terhadap karakteristik dan performa agrokimia S/CRF lembaran hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal* dan performa granula dengan campuran CaCO_3 dan KCl yang dilapisi gel PVA/Borat/*Gracilaria/charcoal* serta biodegradabilitas hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal*. Tahapan penelitian meliputi sintesis dan optimasi komposisi PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal*, karakterisasi menggunakan instrumentasi spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *water contact angle* (WCA), serta uji performa agrokimia meliputi *swelling ratio*, *water retention*, biodegradabilitas, dan *release behavior* nutrisi pada kedua jenis hidrogel. Hasil penelitian menunjukkan PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal* berhasil disintesis dengan komposisi optimum charcoal pada konsentrasi 5 ppm dan PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal/CaCO}_3-KCl berhasil disintesis melalui metode pelapisan granula oleh hidrogel. Spektra FTIR menunjukkan bahwa interaksi komponen hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal* melibatkan beberapa ikatan seperti C-O, C-C, C=O, C-H sp^3 , B-O serta O-H yang sebagian besar terjadi melalui ikatan hidrogen. Analisis SEM menunjukkan hidrogel PBGC memiliki lapisan yang lebih jelas dibandingkan dengan PVA/Borat/*Gracilaria*. Penambahan charcoal meningkatkan nilai *swelling ratio*, meningkatkan nilai *water retention*, mengurangi hidrofilisitas hidrogel, memperlambat laju *release* nutrisi, dan membuat hidrogel tidak mudah terdegradasi.*

Kata Kunci: Hidrogel, S/CRF, *Gracilaria*, *Charcoal*, *Release Behavior*

ABSTRACT

The proper application of fertilizers can enhance agricultural productivity, but excessive use of fertilizers can reduce efficiency and negatively impact the environment. Slow/Controlled-Release Fertilizers (S/CRF) are considered a good solution for increasing fertilizer use efficiency. S/CRF works by slowly releasing nutrients, thereby reducing nutrient loss to the environment and improving fertilizer effectiveness. Studies on the development of S/CRF have shown that gels based on PVA/Borate/*Gracilaria* have strong potential for further development. On the other hand, charcoal is a commonly used material by farmers as an additive in fertilization. This study investigates how charcoal affects the characteristics and agrochemical performance of S/CRF hydrogel sheets made from PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal and the performance of granules with a mixture of CaCO_3 and KCl coated with PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal gel, as well as the biodegradability of S/CRF PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal hydrogels. The research stages include the synthesis and optimization of PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal composition, characterization using Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectrophotometry, Scanning Electron Microscopy (SEM), and water contact angle (WCA) measurements, as well as agrochemical performance tests covering swelling ratio, water retention, biodegradability, and nutrient release behavior in both types of hydrogels. The results show that PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal was successfully synthesized with an optimum charcoal composition at a concentration of 5 ppm, and PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal/ CaCO_3 -KCl was successfully synthesized through a granule coating method using the hydrogel. FTIR spectra indicate that the interactions among the components of the PVA/Borate/*Gracilaria*/Charcoal hydrogel involves several bonds such as C-O, C-C, C=O, C-H sp^3 , B-O, and O-H, most of which occur through hydrogen bonding. SEM analysis shows that PBGC hydrogel has a more distinct layer compared to PVA/Borate/*Gracilaria*. The addition of charcoal increases the swelling ratio, improves water retention, reduces hydrogel hydrophilicity, slows down nutrient release, and makes the hydrogel more resistant to degradation.

Keywords: Hydrogel, S/CRF, *Gracilaria*, Charcoal, Release Behavior

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	3
1.3.Tujuan Penelitian	3
1.4.Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.Pupuk	5
2.2. <i>Slow Controlled Release Fertilizer (S/CRF)</i>	6
2.3.Hidrogel	8
2.4.Ikatan Silang (<i>Crosslinking</i>)	10
2.5.Bahan Dasar Hidrogel CRF	11
2.5.1.Polivinil Alkohol (PVA)	11
2.5.2.Natrium Borat	13
2.5.3. <i>Gracilaria sp.</i>	15
2.5.4. <i>Charcoal</i>	16
2.6.Kemampuan Hidrogel sebagai CRF	18
2.6.1. <i>Swelling Ratio</i>	18
2.6.2. <i>Water Retention</i>	19
2.6.3. <i>Release Behavior</i>	19
2.6.4.Biodegradabilitas	19
2.7.Uji Karakterisasi	20
2.7.1. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	20
2.7.2. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	20
2.7.3. <i>Water Contact Angle (WCA)</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN	23

3.1. Metode Penelitian	23
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.3 Desain penelitian.....	24
3.4 Variabel Penelitian.....	24
3.5. Alat dan Bahan.....	24
3.6. Prosedur Penelitian	25
3.6.1. Preparasi Bahan.....	26
3.6.2. Sintesis Hidrogel	27
3.6.3. Karakterisasi dan Kajian Performa	28
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1.Sintesis dan Optimasi Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> /Charcoal	31
4.1.1.Uji <i>Swelling Ratio</i>	33
4.1.2.Uji <i>Water Retention</i>	34
4.1.3.Uji <i>Water Contact Angle</i> (WCA).....	35
4.2.Karakterisasi Lembaran Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> /Charcoal.....	36
4.2.1.FTIR.....	36
4.2.2.SEM	38
4.2.3. <i>Water Contact Angle</i>	41
4.3.Uji Performa Lembaran Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> /Charcoal	42
4.3.1. <i>Swelling Ratio</i>	42
4.3.2. <i>Water Retention</i>	43
4.3.3.Uji Biodegradabilitas	44
4.3.4.Uji <i>Release Behavior</i> PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> /Charcoal	45
4.4.Sintesis Granula dan Uji Performa Granula.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	61
RIWAYAT HIDUP	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Kerja CRF.....	8
Gambar 2.2 Struktur PVA.....	11
Gambar 2.3 Mekanisme sintesis PVA melalui polimerisasi radikal bebas	12
Gambar 2.4 Reaksi PVA/borat menjadi kompleks monodiol dan kompleks didiol.....	14
Gambar 2.5 <i>Glacilaria</i> sp	15
Gambar 2.6 <i>Charcoal</i>	16
Gambar 2.7 Interaksi fasa gas, cair, dan padat menghasilkan sudut kontak.....	22
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Prosedur Sintesis Lembaran PBGC dan PBGC-KCl.....	25
Gambar 3.3 Pembuatan Granula CaCO ₃ -KCl.....	26
Gambar 4.1 <i>Charcoal</i>	32
Gambar 4.2 Hasil Dispersi <i>Charcoal</i> (a) 0,0005%; (b) 0,00075%; dan (c) 0,001%.....	32
Gambar 4.3 Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> / <i>Charcoal</i>	32
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Swelling Ratio Hidrogel PBGC.....	33
Gambar 4.5 Grafik Pengujian <i>Water Retention</i> Hidrogel PBGC	34
Gambar 4.6 Grafik Pengujian WCA Hidrogel PBGC	35
Gambar 4.7 Spektra FTIR Hidrogel PBG dan PBGC.....	36
Gambar 4.8 Grafik WCA PBG dan PBGC.....	41
Gambar 4.9 Grafik Swelling Ratio Hidrogel PBG dan PBGC	42
Gambar 4.10 Grafik <i>Water Retention</i> Hidrogel PBG dan PBGC.....	43
Gambar 4.11 Grafik Release Behavior Hidrogel Berbentuk Lembaran	46
Gambar 4.12 Uji <i>Release Behavior</i> Hidrogel Lembaran Terkoreksi.....	47
Gambar 4.13 Granula (a) tanpa pelapis gel (b) terlapis gel	48
Gambar 4.14 Grafik release behavior granula KCl-kalsit	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Optimasi Komposisi Matriks PBGC.....	27
Tabel 4.1 Hasil analisis FTIR hidrogel PBG dan PBGC.....	37
Tabel 4.2 Gambar Mikrograf SEM Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i>	39
Tabel 4.3 Gambar Mikrograf SEM Hidrogel PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i> / <i>Charcoal</i>	40
Tabel 4.4 Hasil Uji Biodegradabilitas.....	44

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

FTIR = *Fourier Transforms Infra-Red*

PBG = PVA/Borat/*Gracilaria*

PBGC = PVA/Borat/*Gracilaria/Charcoal*

PVA = Polivinil Alkohol

S/CRF = *Slow/Controlled Release Fertilizer*

SEM = *Scanning Electron Microscope*

SR = *Swelling Ratio*

WR = *Water Retention*

WCA = *Water Contact Angle*

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeen, Z. U., & Saeed, R. (2016). Kinetics and mechanism of pH responsive cationic desorption from poly (vinyl alcohol)-borate hydrogel. *Polymer Science, Series A*, 58, 689–696.
- Adi, S. H. (2012). Teknologi nano untuk pertanian: Aplikasi hidrogel untuk efisiensi irigasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 6(1).
- Ahmad, Z., Salman, S., Khan, S. A., Amin, A., Rahman, Z. U., Al-Ghamdi, Y. O., Akhtar, K., Bakhsh, E. M., & Khan, S. B. (2022). Versatility of hydrogels: from synthetic strategies, classification, and properties to biomedical applications. *Gels*, 8(3), 167.
- Al Ummah, N. (2013). *UJI KETAHANAN BIODEGRADABLE PLASTIC BERBASIS TEPUNG BIJI DURIAN (Durio Zibethinus Murr) TERHADAP AIR DAN PENGUKURAN DENSITASNYA* [Universitas Negeri Semarang]. <http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/17184>
- Amini Sri, S. (2006). Konsentrasi Unsur Hara pada Media dan Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dengan Pupuk Anorganik Teknis dan Analis. *Jurnal Perikanan*, 7(2), 201–206.
- Aryani, F. (2019). Aplikasi metode aktivasi fisika dan aktivasi kimia pada pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 16–20.
- Atkins P.W. (1994). *Kimia Fisik jiid 2* (4th ed.). Erlangga.
- Ayuningtyas, F. (2012). Pembuatan dan Karakterisasi Beads Hidrogel dari Berbagai Polimer sebagai Media Tanam. *Skripsi. Jurusan Farmasi Fakultas MIPA Universitas Indonesia*.
- Brady, N., & Weil, R. (1996). *The Nature and Properties of Soil*.
- Buwalda, S. J., Boere, K. W. M., Dijkstra, P. J., Feijen, J., Vermonden, T., & Hennink, W. E. (2014). Hydrogels in a historical perspective: From simple networks to smart materials. *Journal of Controlled Release*, 190, 254–273.
- Cassman, K. G., Gines, G. C., Dizon, M. A., Samson, M. I., & Alcantara, J. M. (1996). Nitrogen-use efficiency in tropical lowland rice systems: contributions from indigenous and applied nitrogen. *Field Crops Research*, 47(1), 1–12. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00101-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00101-8)
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products* (Vol. 13). Citeseer.

- Chen, M., Li, Z., Huang, P., Li, X., Qu, J., Yuan, W., & Zhang, Q. (2018). Mechanochemical transformation of apatite to phosphoric slow-release fertilizer and soluble phosphate. *Process Safety and Environmental Protection*, 114, 91–96.
- Chippada, U. (2010). *Non-intrusive characterization of properties of hydrogels*. Rutgers The State University of New Jersey, School of Graduate Studies.
- Chintapalli, M., Timachova, K., Olson, K. R., Mecham, S. J., Devaux, D., DeSimone, J. M., & Balsara, N. P. (2016). Relationship between conductivity, ion diffusion, and transference number in perfluoropolyether electrolytes. *Macromolecules*, 49(9), 3508–3515.
- Diah Indriati. (2023). *Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa Hidrogel PVA/Premma oblogifolia Merr./GA/Charcoal sebagai CRF untuk Nutrien Kalium Klorida*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Desi, A. S., & Vinsiah, R. (2015). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). *SEMIRATA 2015*.
- Dwi. (2007). *Pembuatan Bionutrien Dari Ekstrak Tanaman KPD dan Aplikasinya pada Tanaman Caisin*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dwynda, I., & Zainul, R. (2018). *Boric Acid (H3(BO3)): Recognize The Molecular Interactions in Solutions*.
- Ebnesajjad, S., & Ebnesajjad, C. (2013). *Surface treatment of materials for adhesive bonding*. William Andrew.
- Erizal, E. (2008). *KARAKTERISTIK SWELLING SUPERABSORBENT POLI (AKRILAMIDA) HIDROGEL HASIL IRADIASI*.
- Fadillah, M. F. (2019). *PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCl KE DALAM MEDIA AQUADEST PADA BERBAGAI SUHU*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Finch, C. A. (1973). Polyvinyl alcohol: properties and applications. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pol.1974.130120212>
- Firmansyah, I., Syakir, M., & Lukman, L. (2017). Pengaruh kombinasi dosis pupuk N, P, dan K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung (*Solanum melongena L.*)[*The influence of dose combination fertilizer N, P, and K on growth and yield of eggplant crops (Solanum melongena L.)*]. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development.

- Gassner, G., Mayrhofer, P. H., Patscheider, J., & Mitterer, C. (2007). Thermal stability of nanocomposite CrC/aC: H thin films. *Thin Solid Films*, 515(13), 5411–5417.
- Gil-Ortiz, R., Naranjo, M. Á., Ruiz-Navarro, A., Atares, S., García, C., Zotarelli, L., San Bautista, A., & Vicente, O. (2020). Enhanced agronomic efficiency using a new controlled-released, polymeric-coated nitrogen fertilizer in rice. *Plants*, 9(9), 1183.
- Georgiev, N. I., Bryaskova, R. G., Ismail, S. R., Philipova, N. D., Uzunova, V. P., Bakov, V. V, Tzoneva, R. D., & Bojinov, V. B. (2021). Aggregation induced emission in 1,8-naphthalimide embedded nanomicellar architecture as a platform for fluorescent ratiometric pH-probe with biomedical applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 418, 113380. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2021.113380>
- Gulrez, S. K. H., Al-Assaf, S., & Phillips, G. O. (2011). Hydrogels: methods of preparation, characterisation and applications. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering-from Analysis and Modeling to Technology Applications*, 117150.
- Gultom. (2018). *Profil Pelepasan Kalium Klorida Ke Dalam Media Aqua-Dm Melalui Membran Hidrogel Pva-Ga-Pom* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <http://repository.upi.edu/id/eprint/40620>
- Gomes, D., Batista-Silva, J. P., Sousa, A., & Passarinha, L. A. (2023). Progress and opportunities in Gellan gum-based materials: A review of preparation, characterization and emerging applications. *Carbohydrate Polymers*, 311, 120782.
- Han, X., Chen, S., & Hu, X. (2009). Controlled-release fertilizer encapsulated by starch/polyvinyl alcohol coating. *Desalination*, 240(1–3), 21–26.
- Hassan, C. M., & Peppas, N. A. (2000). Structure and applications of poly (vinyl alcohol) hydrogels produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methods. *Biopolymers· PVA Hydrogels, Anionic Polymerisation Nanocomposites*, 37–65.
- Haweel, C. K., & Ammar, S. H. (2008). Preparation of polyvinyl alcohol from local raw material. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 9(1), 15–21.
- Hendrawan, H., Khoerunnisa, F., Ekawati, F. I., & Sonjaya, Y. (2019). PREPARATION AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF GRACILARIA/PVA/GA/CNT-BASED HYDROGEL FOR SLOW/CONTROLLED RELEASE MATERIAL. *Materials Physics & Mechanics*, 42(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012048>

- Hendrawan, H., Lestari, I. P., & Aziz, H. A. (2022). Pengaruh pH Medium terhadap Kemampuan Swelling dan Permeasi KCl melalui Membran PVA-Borat. *Chemica Isola*, 2(1), 94–98.
- Hendrawan, H., Aziz, H. A., Haryati, N., & Khoerunnisa, F. (2023). Poly (vinyl alcohol)/Premna Oblongifolia Merr. Extract/Glutaraldehyde/Carbon Nanotube (VOGC)-Based Composite Hydrogel: A Potential Candidate for Controlled-Release Materials. *ChemistryOpen*, 12(2), e202200239.
- Hepriyani, A. D., Hidayat, K. F., & Utomo, M. (2016). Pengaruh pemupukan nitrogen dan sistem olah tanah jangka panjang terhadap pertumbuhan dan produksi padi gogo (*Oryza sativa* L.) tahun ke-27 di lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 4(1).
- Higham, A. K., Bonino, C. A., Raghavan, S. R., & Khan, S. A. (2014). Photo-activated ionic gelation of alginate hydrogel: real-time rheological monitoring of the two-step crosslinking mechanism. *Soft Matter*, 10(27), 4990–5002. <https://doi.org/10.1039/C4SM00411F>
- Indriyani, L., Sutarno, S., & Sumarsono, S. (2021). Pengaruh dosis unsur hara mikro zinc (Zn) pada dua jenis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Journal of Agro Complex*, 5(1), 66–73.
- Irfan, S. A., Razali, R., KuShaari, K., Mansor, N., Azeem, B., & Versypt, A. N. F. (2018). A review of mathematical modeling and simulation of controlled-release fertilizers. *Journal of Controlled Release*, 271, 45–54.
- Jamnongkan, T., & Kaewpirom, S. (2010). Potassium release kinetics and water retention of controlled-release fertilizers based on chitosan hydrogels. *Journal of Polymers and the Environment*, 18, 413–421.
- Jarosiewicz, A., & Tomaszewska, M. (2003). Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 413–417.
- Jia, E., Su, L., Liu, P., Jiang, M., Ye, G., & Xu, J. (2014). Hydrogen bond and crystalline structure of the junction network in polyvinyl alcohol/dimethylsulfoxide gels. *Journal of Polymer Research*, 21, 1–7.
- Jiang, X., Xiang, N., Zhang, H., Sun, Y., Lin, Z., & Hou, L. (2018). Preparation and characterization of poly (vinyl alcohol)/sodium alginate hydrogel with high toughness and electric conductivity. *Carbohydrate Polymers*, 186, 377–383.

- Kavoosi, G., Nateghpoor, B., Dadfar, S. M. M., & Dadfar, S. M. A. (2014). Antioxidant, antifungal, water binding, and mechanical properties of poly (vinyl alcohol) film incorporated with essential oil as a potential wound dressing material. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(20).
- Khan, M. A., Kim, K.-W., Mingzhi, W., Lim, B.-K., Lee, W.-H., & Lee, J.-Y. (2008). Nutrient-impregnated charcoal: an environmentally friendly slow-release fertilizer. *The Environmentalist*, 28, 231–235.
- Khan, S. A., Khan, S. B., Khan, L. U., Farooq, A., Akhtar, K., & Asiri, A. M. (2018). Fourier transform infrared spectroscopy: fundamentals and application in functional groups and nanomaterials characterization. *Handbook of Materials Characterization*, 317–344.
- Kusumastuti, Y., Putri, N. R. E., & Dary, A. R. (2016). Electrospinning optimization and characterization of chitosan/alginate/polyvinyl alcohol nanofibers. *AIP Conference Proceedings*, 1755(1). <https://doi.org/10.1063/1.4958580>
- Lammel, J. (2005). Cost of the different options available to the farmers: Current situation and prospects. *Proceedings of the IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*.
- Lawrencia, D., Wong, S. K., Low, D. Y. S., Goh, B. H., Goh, J. K., Ruktanonchai, U. R., Soottitantawat, A., Lee, L. H., & Tang, S. Y. (2021). Controlled release fertilizers: A review on coating materials and mechanism of release. *Plants*, 10(2), 238.
- Leiwakabessy, F. M., & Sutandi, A. (2004). Diktat kuliah pupuk dan pemupukan. *Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor*, 208.
- Lestari, I. P. (2021). *PERMEASI KALIUM KLOORIDA KE DALAM MEDIA AQUEOUS MELALUI MEMBRAN HIDROGEL PVA-BORAT PADA BERBAGAI PH*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Lingga, P. (2001). *Petunjuk penggunaan pupuk*. Niaga Swadaya.
- Liu, Y., Wang, J., Chen, H., & Cheng, D. (2022). Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture. *Science of the Total Environment*, 846, 157303.
- McHugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*.
- McMahon, G. (2008). *Analytical instrumentation: a guide to laboratory, portable and miniaturized instruments*. John Wiley & Sons.

- Nešić, A., Ružić, J., Gordić, M., Ostojić, S., Micić, D., & Onjia, A. (2017). Pectin-polyvinylpyrrolidone films: A sustainable approach to the development of biobased packaging materials. *Composites Part B: Engineering*, 110, 56–61.
- Novizan. (2005). *Petunjuk Pemupukan yang Efektif: Vol. .* Agro Media Pustaka.
- Ojeda, G., Mattana, S., Àvila, A., Alcañiz, J. M., Volkmann, M., & Bachmann, J. (2015). Are soil–water functions affected by biochar application? *Geoderma*, 249, 1–11.
- Ostrowska-Czubenko, J., & Gierszewska-Drużyńska, M. (2009). Effect of ionic crosslinking on the water state in hydrogel chitosan membranes. *Carbohydrate Polymers*, 77(3), 590–598.
- Parbuntari, H., Prestica, Y., Gunawan, R., Nurman, M. N., & Adella, F. (2018). Preliminary phytochemical screening (qualitative analysis) of cacao leaves (*Theobroma cacao* L.). *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), 40–45.
- Park, H., Guo, X., Temenoff, J. S., Tabata, Y., Caplan, A. I., Kasper, F. K., & Mikos, A. G. (2009). Effect of swelling ratio of injectable hydrogel composites on chondrogenic differentiation of encapsulated rabbit marrow mesenchymal stem cells in vitro. *Biomacromolecules*, 10(3), 541–546.
- Prihastuti, D., & Abdassah, M. (2019). Karagenan dan Aplikasinya di Bidang Farmasetika. *Farmasetika.Com (Online)*, 4(5). <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v4i5.23066>
- Purnawijaya, Y. (2013). *Preparasi dan Uji Swelling Ratio Hidrogel Berbahan Dasar Polivinil Alkohol, Bioflokulan TAD, dan Kitosan*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Putri, O. D. (2015). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL CRF (CONTROLLED RELEASE FERTILIZER) BERBASIS KOMPOSIT PVA-ALGA MERAH-CARBON NANOTUBE* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <https://repository.upi.edu/18704/>
- Puspitasari, D. P. (2006). *Adsorpsi surfaktan anionik pada berbagai pH menggunakan karbon aktif termodifikasi zink klorida*.
- Raksun, A., Japa, L., & Mertha, I. G. (2019). Aplikasi Pupuk Organik dan NPK untuk Meningkatkan Pertumbuhan Vegetatif dan Produksi Buah Terong Hijau. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5(2), 159–164.
- Rulianti, F. (2019). *Pengaruh Pupuk Organik Cair Limbah Ampas Tebu (Bagasse) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum frutescens*) sebagai Penunjang Praktikum Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

- Rosiak, J. M., & Yoshii, F. (1999). Hydrogels and their medical applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 151(1–4), 56–64.
- Saadiah, M. A., Zhang, D., Nagao, Y., Muzakir, S. K., & Samsudin, A. S. (2019). Reducing crystallinity on thin film based CMC/PVA hybrid polymer for application as a host in polymer electrolytes. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 511, 201–211.
- Salamah, S. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Mahoni dengan Perlakuan Perendaman dalam Larutan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.
- Savant, N. K., Korndörfer, G. H., Datnoff, L. E., & Snyder, G. H. (1999). Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 22(12), 1853–1903.
- Sempeho, S. I., Kim, H. T., Mubofu, E., & Hilonga, A. (2014). Meticulous overview on the controlled release fertilizers. *Advances in Chemistry*, 2014(1), 363071.
- Shang, J., Flury, M., Harsh, J. B., & Zollars, R. L. (2008). Comparison of different methods to measure contact angles of soil colloids. *Journal of Colloid and Interface Science*, 328(2), 299–307. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcis.2008.09.039>
- Shaviv, A. (2001). *Advances in controlled-release fertilizers*.
- Shaviv, A., Raban, S., & Zaidel, E. (2003). Modeling controlled nutrient release from polymer coated fertilizers: Diffusion release from single granules. *Environmental Science & Technology*, 37(10), 2251–2256.
- Shi, H., Xu, N., Zhao, D., & Xu, B.-Q. (2008). Immobilized PVA-stabilized gold nanoparticles on silica show an unusual selectivity in the hydrogenation of cinnamaldehyde. *Catalysis Communications*, 9(10), 1949–1954.
- Silverstein, R. M., & Bassler, G. C. (1962). Spectrometric identification of organic compounds. *Journal of Chemical Education*, 39(11), 546.
- Slaughter, B. V., Khurshid, S. S., Fisher, O. Z., Khademhosseini, A., & Peppas, N. A. (2009). Hydrogels in regenerative medicine. *Advanced Materials*, 21(32-33), 3307–3329.
- Song, W.-L., Ricciotti, E., Liang, X., Grosser, T., Grant, G. R., & FitzGerald, G. A. (2018). Lipocalin-like prostaglandin D synthase but not hemopoietic prostaglandin D synthase deletion causes hypertension and accelerates thrombogenesis in mice. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 367(3), 425–432.
- Soegiarto, A., Atmadja, W. S., & Mubarak, H. (1978). *Rumput laut (Algae): manfaat, potensi dan usaha budidaya*.

- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. (2017). Studi scanning electron microscopy (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), 44–50.
- Sutedjo. (2002). Pupuk dan cara pemupukan. *Jakarta: Rineka Cipta*.
- Syahara, M. A. (2016). *PENGUKURAN SUDUT KONTAK UNTUK MENGETAHUI POLARITAS CAIRAN SEBAGAI BAHAN MODUL PRAKTIKUM TEGANGAN PERMUKAAN*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Talbott, L. D., & Zeiger, E. (1996). Central roles for potassium and sucrose in guard-cell osmoregulation. *Plant Physiology*, 111(4), 1051–1057.
- Tan, J., Luo, Y., Guo, Y., Zhou, Y., Liao, X., Li, D., Lai, X., & Liu, Y. (2023). Development of alginate-based hydrogels: Crosslinking strategies and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239, 124275.
- Tang, Y., Pang, L., & Wang, D. (2017). Preparation and characterization of borate bioactive glass cross-linked PVA hydrogel. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 476, 25–29.
- Trenkel, M. E. (1997). *Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture* (Vol. 11). International fertilizer industry association Paris.
- Trenkel, T. (2021). *Slow-and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture*. International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Tudorachi, N., Cascaval, C. N., Rusu, M., & Pruteanu, M. (2000). Testing of polyvinyl alcohol and starch mixtures as biodegradable polymeric materials. *Polymer Testing*, 19(7), 785–799. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(99\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(99)00049-5)
- Tuiyo, R. (2014). Identifikasi Alga Merah (*Gracilaria sp.*) di Provinsi Gorontalo. In *Jurnal Saintek*. In *Jurnal Saintek*, 7(4), 379–383.
- Wang, Y., & Wu, W.-H. (2017). Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 39, 123–128.
- Wang, C., Shen, Z., Hu, P., Wang, T., Zhang, X., Liang, L., Bai, J., Qiu, L., Lai, X., & Yang, X. (2022). Facile fabrication and characterization of high-performance Borax-PVA hydrogel. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 1–11.
- Wu, L., Liu, M., & Liang, R. (2008). Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. *Bioresource Technology*, 99(3), 547–554.