

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

SKRIPSI

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



Disusun oleh:

Thasia Gian Pavita

2009432

**KELOMPOK BIDANG KAJIAN LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

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

Oleh

Thasia Gian Pavita

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

© Thasia Gian pavita

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 seizin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

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

Thasia Gian Pavita

2009432

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 dengan judul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*-CaCO₃ Tersisipi KCl” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar 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/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,



Thasia Gian Pavita

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*-CaCO₃ Tersisipi KCl”. Dalam skripsi ini dibahas mengenai Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Performa S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*-CaCO₃ Tersisipi KCl. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti sidang skripsi, Jurusan Kimia FPMIPA UPI Bandung.

Selama penelitian dan penulisan skripsi ini banyak sekali hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis beranggapan bahwa skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis persembahkan. Tetapi penulis menyadari bahwa tidak menutup kemungkinan didalamnya terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,



Thasia Gian Pavita

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Dr. Tatang Herman, M.Ed, selaku Dekan Fakultas Pendidikan Kimia FPMIPA UPI.
2. Ibu Fitri Khoerunissa, P.hD selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA.
3. Ibu Dr. Soja Siti Fatimah, S.Si, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia FPMIPA UPI Bandung.
4. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dorongan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan baik.
5. Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc. selaku dosen Pembimbing II atas segala bimbingan dan saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Staf dosen yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama mengikuti studi.
7. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan lain kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama masa perkuliahan hingga penulisan skripsi ini hingga tuntas.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,



Thasia Gian Pavita

ABSTRAK

Ketersediaan pupuk di sekitar perakaran tanaman merupakan hal yang penting untuk pertumbuhan dan produktivitas tanaman yang bersangkutan. Penggunaan pupuk yang tepat dapat meningkatkan hasil panen, namun pemakaian pupuk yang berlebihan dapat mengurangi efisiensi dan beresiko terhadap lingkungan. Pupuk pelepasan lambat/terkendali (*Slow/Controlled-Release Fertilizer, S/CRF*) dipandang sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dengan melepaskan nutrisi secara perlahan sehingga mengurangi kerugian nutrisi ke lingkungan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Salah satu bahan dasar S/CRF yang umum digunakan adalah berbasis hidrogel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik S/CRF lembaran hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria* dan performa S/CRF lembaran hidrogel PVA/Borat/*Gracilaria* dan S/CRF granula PVA/Borat/*Gracilaria*, serta biodegradabilitas hidrogel S/CRF PVA/Borat/*Gracilaria*. Pada penelitian ini dilakukan sintesis S/CRF hidrogel lembaran dari polivinil alkohol (PVA), borat, dan *Gracilaria*, dan hidrogel S/CRF granula dengan campuran CaCO_3 dan KCl yang dilapisi gel PVA/Borat/*Gracilaria*. Karakteristik kedua jenis S/CRF tersebut meliputi gugus fungsi (vibrasi) yang dikarakterisasi dengan FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*), morfologi permukaan dengan SEM (*scanning electron microscope*), dan hidrofilisitas dengan WCA (*water contact angle*). Performa hidrogel yang dikaji meliputi SR (*swelling ratio*), WR (*water retention*), RB (*release behavior*) dan biodegradabilitas. Spektra FTIR menunjukkan bahwa interaksi komponen hidrogel (G, PVA, dan B) melibatkan beberapa gugus fungsi dan ikatan seperti C-O, C-C, C=O, C-H sp^3 , C-H sp^2 , B-O serta O-H yang sebagian besar terjadi melalui ikatan hidrogen. Analisis SEM menunjukkan PVA/Borat memiliki struktur lebih berongga dari PVA/Borat/*Gracilaria*. Penambahan *Gracilaria* meningkatkan nilai *swelling ratio*, hidrofilisitas hidrogel, memperlambat laju *release* nutrisi, dan meningkatkan biodegradabilitas hidrogel. Walaupun demikian, PVA/Borat/*Gracilaria* memberikan nilai *water retention* yang lebih rendah dibandingkan dengan PVA/Borat.

Kata kunci: Hidrogel, *Slow/Controlled-Release Fertilizer*, *Gracilaria*, *Release behavior*

ABSTRACT

The availability of fertilizer around plant roots is crucial for the growth and productivity of the plants. The appropriate use of fertilizer can increase crop yields, but excessive use can reduce efficiency and pose environmental risks. Slow/Controlled-Release Fertilizers (S/CRF) are seen as a solution to enhance fertilizer use efficiency by releasing nutrients gradually, thereby reducing nutrient losses to the environment and improving fertilizer efficiency. One of the common base materials for S/CRF is hydrogel-based. This study aims to determine the characteristics of PVA/Borate/Gracilaria hydrogel sheet S/CRF and the performance of PVA/Borate/Gracilaria hydrogel sheet S/CRF and PVA/Borate/Gracilaria granule S/CRF, as well as the biodegradability of the PVA/Borate/Gracilaria hydrogel S/CRF. In this research, S/CRF hydrogel sheets were synthesized from polyvinyl alcohol (PVA), borate, and Gracilaria, and granule S/CRF hydrogels were synthesized by mixing CaCO_3 and KCl coated with PVA/Borate/Gracilaria gel. The characteristics of these two types of S/CRF include functional groups (vibrations) characterized by FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), surface morphology with SEM (Scanning Electron Microscope), and hydrophilicity with WCA (Water Contact Angle). The hydrogel performance examined includes SR (Swelling Ratio), WR (Water Retention), RB (*Release Behavior*), and biodegradability. FTIR spectra showed that the interaction of hydrogel components (G, PVA, and B) involves several functional groups and bonds such as C-O, C-C, C=O, C-H sp^3 , C-H sp^2 , B-O, and O-H, mostly occurring through hydrogen bonds. SEM analysis indicated that PVA/Borate has a more porous structure than PVA/Borate/Gracilaria. The addition of Gracilaria increased the swelling ratio value, hydrophilicity of the hydrogel, slowed down the nutrient *release* rate, and improved the biodegradability of the hydrogel. However, PVA/Borate/Gracilaria showed a lower water retention value compared to PVA/Borate.

Keywords: Hydrogel, Slow/Controlled-Release Fertilizer, Gracilaria, *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 LAMPIRAN	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	7
BAB II	8
KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 <i>Controlled Release Fertilizer</i>	8
2.2 Hidrogel.....	9
2.3 Polivinil Alkohol (PVA)	10
2.4 <i>Crosslinker</i>	13
2.4.1 Borat.....	14
2.4.2 <i>Gracilaria</i>	14
2.5 Pupuk dan Nutrien dalam Pupuk.....	17
BAB III.....	19
METODE PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	19
3.3 Alat dan Bahan	19
3.4 Prosedur Penelitian	20

3.5.1 Preparasi Bahan.....	21
3.5.2 Preparasi Hidrogel.....	21
3.5.3 Karakterisasi dan Kajian Performa	23
BAB IV	27
TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Optimasi Hidrogel Matriks PVA/Borat	27
4.1.1. <i>Swelling ratio</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat	28
4.1.2. <i>Water retention</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat	30
4.1.3 <i>Water contact angle</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat	32
4.2 Optimasi Hidrogel Matriks PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i>	34
4.2.1 <i>Swelling ratio</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i>	36
4.2.2 <i>Water retention</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i>	37
4.2.3 <i>Water contact angle</i> Hidrogel Matriks PVA/Borat/ <i>Gracilaria</i>	39
4.3 <i>Release behavior</i> Hidrogel Matriks	40
4.4 Sintesis Hidrogel Granula.....	42
4.5 Uji Biodegradabilitas Hidrogel.....	45
4.6 Analisis FTIR pada Hidrogel	47
4.7 Karakterisasi SEM	50
BAB V.....	54
KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Roadmap Penelitian	5
Gambar 2.1 Pembentukan jaringan tiga dimensi hidrogel dan sifat hidrogel yang mampu mengembang	10
Gambar 2.2 Struktur Polivinil Alkohol	11
Gambar 2.3 Mekanisme sintesis PVA melalui polimerisasi radikal bebas	11
Gambar 2.4 Gracilaria sp	15
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	20
Gambar 4.1 Hidrogel PVA/Borat (a) 95:5 mL (b) 90:10 mL (c) 80:20 mL	28
Gambar 4.2 Hasil Swelling Ratio Hidrogel Matriks PVA/Borat.....	29
Gambar 4.3 Water retention Hidrogel Matriks PVA/Borat.....	31
Gambar 4.4 Sudut Kontak Permukaan Hidrogel (Chieng et al., 2019).....	32
Gambar 4.5 Hasil Water contact angle Hidrogel Matriks PVA/Borat.....	33
Gambar 4.6 Hidrogel PVA/Borat/Gracilaria (a) 80:20:0,5% (b) 80:20:1% (c) 80:20:1,5% (d) 80:20:2% (e) 80:20:2,5%	35
Gambar 4.7 Hasil Swelling ratio Hidrogel PVA/Borat/Gracilaria.....	36
Gambar 4.8 Hasil Water retention Hidrogel PVA/B/G.....	38
Gambar 4.9 Hasil Water contact angle Hidrogel PVA/Borat/Gracilaria.....	39
Gambar 4.10 Hasil Release behavior Hidrogel Matriks.....	41
Gambar 4.11 Hidrogel Granula PVA/Borat/Gracilaria/CaCO ₃ -KCl.....	43
Gambar 4. 12 Hasil Release behavior Hidrogel Granula.....	43
Gambar 4.13 Spektra FTIR Gracilaria	48
Gambar 4.14 Spektra FTIR Hidrogel PVA/B dan PVA/B/G	49
Gambar 4.15 SEM Cross Section (a) PVA/B 10000x (b) PVA/B 20000x (c) PVA/B/G 10000x (d) PVA/B/G 20000x	51
Gambar 4.16 SEM Surface Section (a) PVA/B 10000x (b) PVA/B 20000x (c) PVA/B/G 10000x (d) PVA/B/G 20000x	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nutrien Essensial Tumbuhan	18
Tabel 3.1 Optimasi Komposisi Matriks PVA/Borat	22
Tabel 3.2 Optimasi Komposisi Matriks PVA/Borat/Gracilaria	22
Tabel 4.1 Hasil Uji Biodegradabilitas Hidrogel	46
Tabel 4.2 Puncak serapan dari spektra hidrogel	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan pada Proses Preparasi Bahan.....	62
Lampiran 2. Hasil Optimasi PVA/Borat Matriks.....	65
Lampiran 3. Hasil Optimasi PVA/Borat/Gracilaria.....	68
Lampiran 4. Hasil Release behavior Hidrogel	71
Lampiran 5. Hasil FTIR Hidrogel.....	84
Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan di Laboratorium	85

DAFTAR PUSTAKA

- AAPFCO. (1997). *Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO)*. Official Publication No. 50, T-29, AAPFCO Inc., West Lafayette, Indiana, USA.
- Ailincal, D., Gavril, G., & Marin, L. (2020). Polyvinyl alcohol boric acid – A promising tool for the development of sustained release drug delivery systems. *Materials Science and Engineering C*, 107(October 2019), 110316. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110316>
- Al-Emam, E., Soenen, H., Caen, J., & Janssens, K. (2020). Characterization of polyvinyl alcohol-borax/agarose (PVA-B/AG) double network hydrogel utilized for the cleaning of works of art. *Heritage Science*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00447-3>
- Al-Zahrani, S. M. (1999). Controlled-release of fertilizers: Modelling and simulation. *International Journal of Engineering Science*, 37(10), 1299–1307. [https://doi.org/10.1016/S0020-7225\(98\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7225(98)00120-7)
- Apsari. (2010). *Preparasi dan karakterisasi membran kitosan yang dicrosslinking dengan glutaraldehida melalui metode presipitasi*. 8.5.2017, 2003–2005. www.aging-us.com
- Asy-Syifa, N., Kusjuriansah, Waresindo, W. X., Edikresnha, D., Suciati, T., & Khairurrijal, K. (2022). The Study of the Swelling Degree of the PVA Hydrogel with varying concentrations of PVA. *Journal of Physics: Conference Series*, 2243(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2243/1/012053>
- Bertozzi, C. R., & Kiessling, L. L. (2001). Chemical glycobiology. *Science*, 291(5512), 2357–2364. <https://doi.org/10.1126/science.1059820>
- Chai, Q., Jiao, Y., & Yu, X. (2017). Hydrogels for biomedical applications: Their characteristics and the mechanisms behind them. *Gels*, 3(1). <https://doi.org/10.3390/gels3010006>
- Chen, J., & Wei, X. (2018). Controlled-Release Fertilizers as a Means to Reduce Nitrogen Leaching and Runoff in Container-Grown Plant Production. *Nitrogen in Agriculture - Updates*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73055>
- Du, C. W., Zhou, J. M., & Shaviv, A. (2006). Release characteristics of nutrients from polymer-coated compound controlled release fertilizers. *Journal of Polymers and the Environment*, 14(3), 223–230. <https://doi.org/10.1007/s10924-006-0025-4>
- Elfahira, D. R., Hudi, L., & Nurbaya, S. R. (2022). The Effect of Gracilaria verrucosa Seaweed Flour Proportion with White Glutinous Rice Flour (*Oryza sativa*)

- Glutinosa) and CMC (Carboxy Methyl Cellulose) Concentration on Physical and Chemical Characteristics of Seaweed Dodol. *Procedia of Engineering and Life Science*, 3(1). <https://doi.org/10.21070/pels.v3i1.1304>
- Erizal. (2010). *Sintesis Hidrogel Superabsorben Polietilen Oksida-Alginat dengan Teknik Radiasi Gamma dan Karakterisasinya. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*,.
- Ester-bridged, R. B., Hoti, G., Caldera, F., Cecone, C., Pedrazzo, A. R., Anceschi, A., Appleton, S. L., Monfared, Y. K., & Trotta, F. (2021). *Effect of the Cross-Linking Density on the Swelling*.
- Finlayson, B. A., Finlayson, B. A., & Engineering, C. (2016). *Ullmann 's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. October. <https://doi.org/10.1002/14356007.b01>
- Gadhav, R. V., Mahanwar, P. A., & Gadekar, P. T. (2019). Study of Cross-Linking between Boric Acid and Different Types of Polyvinyl Alcohol Adhesive. *Open Journal of Polymer Chemistry*, 09(01), 16–26. <https://doi.org/10.4236/ojchem.2019.91002>
- Gebreslassie, H. B. (2016). Effect of Potasium Fertilizer on Crop Production. *Journal of Natural Sciences Research Wwww.Iiste.Org ISSN*, 6(7), 81–86. www.iiste.org
- Gultom. (2018). *Profil Pelepasan Kalium Klorida Ke Dalam Media Aqua-Dm Melalui Membran Hidrogel Pva-Ga-Pom*. <http://repository.upi.edu/id/eprint/40620>
- Hasirci, N., Kilic, C., Kömez, A., Bahcecioglu, G., & Hasirci, V. (2016). Hydrogels in Regenerative Medicine. *Gels Handbook: Fundamentals, Properties, Applications (In 3 Volumes)*, 21(0), 1–52. https://doi.org/10.1142/9789813140394_0001
- Hassan, C. M., & Peppas, N. A. (2000). Structure and applications of poly(vinyl alcohol) hydrogels produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methods. *Advances in Polymer Science*, 153, 37–65. https://doi.org/10.1007/3-540-46414-x_2
- Haydar, M. S., Ghosh, D., & Roy, S. (2024). Slow and controlled release nanofertilizers as an efficient tool for sustainable agriculture: Recent understanding and concerns. *Plant Nano Biology*, 7(December 2023), 100058. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2024.100058>
- 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 and Mechanics*, 42(1), 141–

150. https://doi.org/10.18720/MPM.4212019_12

- 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.
<https://ejournal.upi.edu/index.php/CI/article/view/HH>
- Hendrawan, Khoerunnisa, F., Sonjaya, Y., & Chotimah, N. (2016). Physical and chemical characteristics of alginate-poly (vinyl alcohol) based controlled release hydrogel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4), 4863–4869.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.03.043>
- Hoffman, A. S. (2012). Hydrogels for biomedical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64(SUPPL.), 18–23.
<https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.010>
- Huang, M., Hou, Y., Li, Y., Wang, D., & Zhang, L. (2017). High performances of dual network PVA hydrogel modified by PVP using borax as the structure-forming accelerator. *Designed Monomers and Polymers*, 20(1), 505–513.
<https://doi.org/10.1080/15685551.2017.1382433>
- 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(3), 413–421.
<https://doi.org/10.1007/s10924-010-0228-6>
- Legemah, M. U., Guerin, M., Sun, H., & Qu, Q. (2013). Novel high-efficiency boron crosslinkers for low-polymer-loading fracturing fluids. *Proceedings - SPE International Symposium on Oilfield Chemistry*, 2(April 2013), 885–893.
<https://doi.org/10.2118/164118-ms>
- Liu, G., Zotarelli, L., Li, Y., Dinkins, D., Wang, Q., & Ozores-Hampton, M. (2017). Controlled-Release and Slow-Release Fertilizers as Nutrient Management Tools. *Prasad*, 2014(8), 1–6. <https://doi.org/10.32473/edis-hs1255-2014>
- Lubkowski, K. (2014). Coating fertilizer granules with biodegradable materials for controlled fertilizer release. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(10), 2573–2581. <https://doi.org/10.30638/eemj.2014.287>
- Maharani, S., Mulyono, S., & Putri, E. R. (2022). Kaitan konduktivitas listrik dengan konsentrasi larutan garam dapur. *Progressive Physics Journal*, 3(2), 157.
<https://doi.org/10.30872/ppj.v3i2.906>
- Mahendra, Y. I. (2016). *Karakterisasi Hybrid Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung Dalam Controlled Release Nitrogen*.

- Maria, T. M. C., de Carvalho, R. A., Sobral, P. J. A., Habitante, A. M. B. Q., & Solorza-Feria, J. (2008). The effect of the degree of hydrolysis of the PVA and the plasticizer concentration on the color, opacity, and thermal and mechanical properties of films based on PVA and gelatin blends. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.026>
- Matty Maha T Sultan Adiba Kh Amine, F. S. (2015). Swelling Behavior of Cross-link PVA with Glutaraldehyde. & *Appl. Sci*, 28(2), 2015.
- McHugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*.
- Mehrotra, T., Zaman, M. N., Prasad, B. B., Shukla, A., Aggarwal, S., & Singh, R. (2020). Rapid immobilization of viable *Bacillus pseudomycolides* in polyvinyl alcohol/glutaraldehyde hydrogel for biological treatment of municipal wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 9167–9180. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07296-z>
- Muthoharoh, S. P. (2012). *Sintesis Polimer Superabsorben Dari Hidrogel Kitosan Terikat Silang*. xii + 60 halaman.
- Nandini Sahu, Diksha Gupta, U. N. (2019). *Hydrogel: Preparation, Characterization and Applications*. 21(1), 1–9.
- Nasrulloh, A., Pramesti, R., & Santosa, G. W. (2021). Perbedaan NaOH Terhadap Kualitas *Gracilaria verrucosa*, Greville, 1830 (Florideophyceae : Gracilariaceae). *Journal of Marine Research*, 10(1), 97–101. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.28541>
- Ninciuleanu, C. M., Ianchis, R., Alexandrescu, E., Mihaescu, C. I., Scamoroscenco, C., Nistor, C. L., Preda, S., Petcu, C., & Teodorescu, M. (2021). The effects of monomer, crosslinking agent, and filler concentrations on the viscoelastic and swelling properties of poly(methacrylic acid) hydrogels: A cOMPARISON. *Materials*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/ma14092305>
- Novitasari, A. (2016). *Uji Sumber Kalsium (Ca) sebagai Pupuk dan Pengaruh Dosis Pupuk Kalsium terhadap Pertumbuhan Awal Tanaman Nanas (Ananas comosus) di PT. Great Giant Pineapple Lampung*. 15(2), 1–23.
- Prajapati, K. (2012). *The Importance of Potassium in Plant Growth – a Review*. 1(July 2012), 177–186. <https://doi.org/10.9790/9622-0803054452>
- Purba, T. (2021). Tanah Dan Nutrisi Tanaman. In *Yayasan Kita Menulis* (Vol. 1, Issue 3).
- Putri, N. P., Niawanti, H., Rifaldiannur, M., & Desy, K. (2019). Modeling of tannin mass transfer on the *Averrhoa bilimbi* leaf extraction. *Ekoloji*, 28(108), 2755–

2760.

- Qiu, X., & Hu, S. (2013). “Smart” materials based on cellulose: A review of the preparations, properties, and applications. *Materials*, 6(3), 738–781. <https://doi.org/10.3390/ma6030738>
- Rachmah, C., Nawawi, M., & Koesriharti. (2017). THE EFFECT OF CALCIUM CERTILIZER (CaCO₃) AND GIBBERELLIN APPLICATION FOR PLANT GROWTH, YIELD, AND FRUIT QUALITY OF TOMATO (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(3), 515–520.
- Riedo, C., Caldera, F., Poli, T., & Chiantore, O. (2015). Poly(vinylalcohol)-borate hydrogels with improved features for the cleaning of cultural heritage surfaces. *Heritage Science*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0053-2>
- Rudzinski, W. E., Dave, A. M., Vaishnav, U. H., Kumbar, S. G., Kulkarni, A. R., & Aminabhavi, T. M. (2002). Hydrogels as controlled release devices in agriculture. *Designed Monomers and Polymers*, 5(1), 39–65. <https://doi.org/10.1163/156855502760151580>
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2021). Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. In *Plants* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Sempeho, S. I., Kim, H. T., Mubofu, E., & Hilonga, A. (2014). Meticulous Overview on the Controlled Release Fertilizers. *Advances in Chemistry*, 2014, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2014/363071>
- Shaviv, A. (2001). Advances in Controlled Release of Fertilizers 71, before printing. *Advances in Agronomy*, 71, 1–49. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065211301710115>
- Sinulingga, M., & Darmanti, S. (2013). Kemampuan Mengikat Air oleh Tanah Pasir yang Diperlakukan dengan Tepung Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. *Ejournal Undip*, 32–38.
- Syekhfani. (2012). Peningkatan Produksi Tanaman Jagung Pada Perlakuan Pupuk Npk Mutiara Dalam Meningkatkan Perekonomian Petani Di Kelurahan Malotong. *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, 1(3), 35–42. <https://doi.org/10.56127/jammu.v1i3.352>
- Tiamwong, S., Yukhajon, P., Noisong, P., Subsadsana, M., & Sansuk, S. (2023). Eco-Friendly Starch Composite Supramolecular Alginate–Ca²⁺ Hydrogel as Controlled-Release P Fertilizer with Low Responsiveness to Multiple Environmental Stimuli. *Gels*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/gels9030204>

- Trenkel. (2013). Slow and Controlled-Release and stabilized Fertilizers. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Tuiyo, R. (2014). Identifikasi Alga Merah (*Gracilaria* sp.) di Provinsi Gorontalo. In *Jurnal Saintek* (Vol. 7, Issue 4, pp. 379–383).
- Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering C*, 57, 414–433.
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.07.053>
- Varghese, J. S., Chellappa, N., & Fathima, N. N. (2014). Gelatin-carrageenan hydrogels: Role of pore size distribution on drug delivery process. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 113, 346–351.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.08.049>
- Venkatesan, J., & Kim, S.-K. (2012). Algal Polysaccharides-Based Hydrogels: Extraction, Synthesis, Characterization, and Applications. *Marine Pharmacognosy*, 253–264. <https://doi.org/10.1201/b13868-22>
- Vishal Gupta, N., & Shivakumar, H. G. (2012). Investigation of Swelling Behavior and Mechanical Properties of a pH-Sensitive Superporous Hydrogel Composite. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(2), 481–493.
- Widowati, L. R., Hartatik, W., Setyorini, D., & Yani Trisnawati. (2022). Pupuk Organik Dibuatnya Mudah, Hasil Tanam Melimpah. *Pusat Perpustakaan Dan Penyebaran Teknologi Pertanian*, 58.
- Yang, T. (2012). *MECHANICAL AND SWELLING PROPERTIES OF HYDROGELS* (Issue december).
- Yang, W. W., & Pierstorff, E. (2012). Reservoir-based polymer drug delivery systems. *Journal of Laboratory Automation*, 17(1), 50–58.
<https://doi.org/10.1177/2211068211428189>
- Yeti Rusmiati Hasanah, H. H. (2017). *Pengaruh Penambahan Filler Kalsium Karbonat (CaCO₃) Dan Clay Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradable Plastik Dari Limbah Tapioka*.
- Yustinah, Noviyanti, S., Hasyim, U. H., & Syamsudin, A. B. (2019). Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Rumput Laut *Gracilaria* sp dengan Pemplastik Sorbitol. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–6.