

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL
PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains
di bidang kimia



Oleh:

Kanthi Pawening Tyas

1906272

**KELOMPOK BIDANG KAJIAN LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL
PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA**

Oleh:

Kanthi Pawening Tyas

1906272

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Kanthi Pawening Tyas

Universitas Pendidikan Indonesia

2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

LEMBAR PENGESAHAN

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL
PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA**


Disusun oleh,

Kanthy Pawening Tyas

NIM. 1906272

Disetujui dan disahkan oleh,

Pembimbing I



Dr. Hendrawan, M.Si.
NIP. 196309111989011001

Pembimbing II



Hafiz Aji Aziz, M.Sc.
NIP. 920200419930205101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI



Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D
NIP. 197806282001122001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA**” 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 2023

Yang membuat pernyataan,



Kanthy Pawening Tyas

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Dengan ucapan alhamdulillah, penulis bersyukur diberikan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Prodi Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi untuk penulis sendiri, pembaca, dan peneliti selanjutnya dalam bidang kimia. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak selalu diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaannya.

Bandung, Agustus 2023

Penulis,

Kanthi Pawening Tyas

UCAPAN TERIMA KASIH

Pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini akan sulit terlaksana tanpa adanya bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak terkait, mulai pelaksanaan penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, adik, serta keluarga besar penulis yang telah memberikan doa, motivasi, nasihat, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, motivasi, ilmu, nasehat, dukungan, kritik dan saran yang membangun selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
3. Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang turut membimbing, memberikan nasehat, ilmu, serta kritik dan saran yang membangun pada penulis.
4. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si., selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat, motivasi, serta saran selama penulis menempuh pendidikan di Prodi Kimia FPMIPA UPI.
5. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D., selaku ketua Prodi Kimia yang telah memberikan izin dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Prodi Kimia FPMIPA UPI.
6. Bapak Drs. Yaya Sonjaya, M.Si. selaku ketua KBK Lingkungan yang telah memberikan dukungan, kritik, dan saran kepada penulis selama bergabung dalam KBK Lingkungan.
7. Ibu dan bapak dosen, laboran, serta staf Prodi Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan banyak ilmu, kesempatan, dan bantuan selama penulis menuntut ilmu di Prodi Kimia FPMIPA UPI.

8. Irine Sofianty, Fitri Febriyanti, Tri Nurwina Novianti, Tufatul Maidah, dan Intan Yustia yang telah bersedia membantu disaat ada kesulitan selama penulis menempuh pendidikan.
9. Dita Ayu Rosmawati, Diah Indriati, serta teman-teman di Prodi Kimia yang telah banyak membantu dukungan dan bantuan terkait penelitian yang penulis lakukan.
10. Serta semua pihak yang telah banyak memberi dukungan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Prodi Kimia FPMIPA UPI.

Semoga semua amal baik yang telah banyak diberikan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT, Aamiin.

ABSTRAK

Control Release Fertilizer (CRF) digagas untuk meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk. Dalam penelitian ini dikaji pembuatan, karakteristik, dan performa hidrogel sebagai agen CRF berbahan Polivinil Alkohol (PVA), Glutaraldehida (GA), *Premna Oblongifolia Merr* (POM) yang dimodifikasi dengan penambahan charcoal dan CNT. Hidrogel PVA/GA/POM dan PVA/GA/POM/CNT disintesis mengikuti prosedur penelitian sebelumnya. Hidrogel PVA/GA/POM/C disintesis dalam beberapa variasi diantaranya PVA/GA/POM/C1, PVA/GA/POM/C3, PVA/GA/POM/C5, PVA/GA/POM/C7, dan PVA/GA/POM/C9. Optimasi komposisi PVA/GA/POM/C dilakukan dengan menguji swelling ratio dan water retention. Hasil optimasi menunjukkan komposisi hidrogel PVA/GA/POM/C1 memiliki kemampuan paling optimum. Hasil karakterisasi FTIR pada hidrogel PVA/GA/POM, PVA/GA/POM/CNT, dan PVA/GA/POM/C1 terdapat gugus O-H, C-H sp^3 , C=O, C-H sp^2 , dan C-O. Hasil XRD menunjukkan jarak *interlayer* PVA/GA/POM/CNT menurun dan PVA/GA/POM/C1 meningkat dari prekursor utama PVA/GA/POM. Hasil SEM menunjukkan PVA/GA/POM/CNT dan PVA/GA/POM/C1 tampak lebih kasar dari prekursor utama yaitu PVA/GA/POM. Hasil pengujian sudut kontak diperoleh hidrogel PVA/GA/POM/C1 lebih hidrofilik dari PVA/GA/POM dan PVA/GA/POM/CNT. Berdasarkan uji swelling ratio, hidrogel PVA/GA/POM/C1 lebih besar dari PVA/GA/POM dan berdekatan dengan PVA/GA/POM/CNT. Uji water retention menunjukkan PVA/GA/POM/C1 lebih rendah dari kemampuan hidrogel PVA/GA/POM dan PVA/GA/POM/CNT. Sementara itu, release urea dari dalam hidrogel PVA/GA/POM/C1 mengikuti bentuk kurva logistik (logistic curve) yang memenuhi ungkapan $y = \frac{L}{1+e^{-k(x-x_0)}}$ dengan x_0 bernilai 56,55144, k bernilai 0,04894463, dan L bernilai 0,6423674. Dari hasil percobaan disimpulkan bahwa hidrogel PVA/GA/POM/C1 dapat menjadi alternatif pengganti PVA/GA/POM/CNT.

Kata kunci : charcoal, *control release fertilizer*, glutaraldehida, hidrogel, polivinil alkohol, POM, urea

ABSTRACT

Control Release Fertilizer (CRF) is initiated to increase the effectiveness of fertilizer use. In this research, the production, characteristics, and performance of hydrogels as a CRF agent made from Polyvinyl Alcohol (PVA), Glutaraldehyde (GA), Premna Oblongifolia Merr (POM) modified with the addition of charcoal and CNT were studied. PVA/GA/POM and PVA/GA/POM/CNT hydrogels were synthesized following previous research procedures. PVA/GA/POM/C hydrogels are synthesized in several variations including PVA/GA/POM/C1, PVA/GA/POM/C3, PVA/GA/POM/C5, PVA/GA/POM/C7, and PVA/GA/POM/C9. Optimization of the PVA/GA/POM/C composition is carried out by testing the swelling ratio and water retention. The optimization results showed that the hydrogel composition with the addition of 1mL charcoal (PVA/GA/POM/C1) has the most optimum performance. The results of the FTIR characterization of the PVA/GA/POM, PVA/GA/POM/CNT, and PVA/GA/POM/C1 hydrogels contained O-H, C-H sp³, C=O, C-H sp², and C-O groups. The XRD results showed that the PVA/GA/POM/CNT interlayer distance decreased and PVA/GA/POM/C1 increased from the main precursor PVA/GA/POM. The SEM results showed that PVA/GA/POM/CNT and PVA/GA/POM/C1 looked rougher than the main precursors, namely PVA/GA/POM. The results of the contact angle test showed that the PVA/GA/POM/C1 hydrogel is more hydrophilic than PVA/GA/POM and PVA/GA/POM/CNT. Based on the swelling ratio test, the PVA/GA/POM/C1 hydrogel is larger than PVA/GA/POM and adjacent to PVA/GA/POM/CNT. The water retention test showed that PVA/GA/POM/C1 is lower than the ability of PVA/GA/POM and PVA/GA/POM/CNT hydrogels. Meanwhile, the release of urea from the PVA/GA/POM/C1 hydrogel follows the shape of a logistics curve which satisfies the expression $y = \frac{L}{1+e^{-k(x-x_0)}}$ with x_0 being 56.55144, k is 0.04894463, and L is 0.6423674. From the experimental results it is concluded that PVA/GA/POM/C1 hydrogel could be an alternative to PVA/GA/POM/CNT.

Keywords : charcoal, control release fertilizer, glutaraldehyde, hydrogel, polyvinyl alcohol, POM, urea

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran yang diharapkan	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Controlled Release Fertilizer (CRF).....	6
2.2 Hidrogel	8
2.3 Polivinil Alkohol (PVA).....	9
2.4 Glutaraldehida <i>Crosslinker</i>	11
2.5 <i>Premna Oblongifolia</i> Merr (POM)	13
2.6 Karbon dari Tempurung Kelapa	15
2.7 Makronutrien dan Mikronutrien	16
2.8 Pupuk UREA	23
2.9 Karakterisasi	24
2.9.1 Fourier Transforms Infrared Spectroscopy (FTIR)	24
2.9.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)	25
2.9.3 X-Ray Diffraction (XRD)	26
2.9.4 Sudut Kontak.....	27
2.10 Uji Performa	28

2.10.1 Swelling Ratio	28
2.10.2 Water Retention.....	29
2.10.3 Release Behavior.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat.....	31
3.2.2 Bahan.....	31
3.3 Metode Penelitian	32
3.4 Prosedur Penelitian	33
3.4.1 Tahap Pembuatan Pereaksi dan Sintesis	34
3.4.2 Pencucian Hidrogel	36
3.4.3 Uji Karakterisasi.....	37
3.4.4 Uji Performa.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Sintesis Hidrogel.....	41
4.2 Pencucian Hidrogel.....	43
4.3 Optimasi Hidrogel PVA/GA/POM/Cx	47
4.4 Karakteristik FTIR pada Hidrogel	50
4.5 Karakteristik XRD pada Hidrogel	52
4.6 Karakteristik SEM pada Hidrogel	53
4.7 Karakteristik <i>Contact Angle</i> pada Hidrogel.....	54
4.8 Uji Performa <i>Swelling Ratio</i> pada Hidrogel	55
4.9 Uji Performa <i>Water Retention</i> pada Hidrogel	56
4.10 Uji Performa <i>Release Behavior</i> pada Hidrogel	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 KESIMPULAN	60
5.2 SARAN.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur Polivinil Alkohol	10
Gambar 2. 2	Mekanisme reaksi pembentukan Polivinil alkohol	11
Gambar 2. 3	Struktur Glutaraldehida	12
Gambar 2. 4	Reaksi <i>crosslinking</i> polivinil alkohol dan glutaraldehida	13
Gambar 2. 5	<i>Premna Oblongifolia Merr</i> (POM)	14
Gambar 2. 6	Hubungan fase gas-cair-padat membentuk sudut kontak	27
Gambar 3. 1	Prosedur Sintesis Hidrogel PPG, PPG-CNT, dan PPG-Cx	33
Gambar 3. 2	Prosedur Pengujian Hidrogel PPG, PPG-CNT, dan PPG-C.....	33
Gambar 4. 1	Hidrogel PPG dalam cetekan akrilik	42
Gambar 4. 2	Reaksi kimia PVA dan GA dikatalis asam	43
Gambar 4. 3	Pencucian 1 terhadap pH	44
Gambar 4. 4	Pencucian 2 terhadap pH	44
Gambar 4. 5	Pencucian 3 terhadap pH	45
Gambar 4. 6	Pencucian 4 terhadap pH	45
Gambar 4. 7	Pencucian 1 terhadap konduktivitas	46
Gambar 4. 8	Pencucian 2 terhadap konduktivitas	46
Gambar 4. 9	Pencucian 3 terhadap konduktivitas	46
Gambar 4. 10	Pencucian 4 terhadap konduktivitas	46
Gambar 4. 11	Perbandingan uji <i>swelling ratio</i> PPG-Cx	48
Gambar 4. 12	Grafik %WR dalam 8 jam pertama	49
Gambar 4. 13	Grafik %WR dalam 14 hari	49
Gambar 4. 14	Spektra FTIR PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1	50
Gambar 4. 15	Difraktogram X-ray PPG, PPG-CNT, dan PPG-C.....	52
Gambar 4. 16	Surface Section PPG 1250x.....	53
Gambar 4. 17	Surface Section PPG-CNT 1250x	53
Gambar 4. 18	Surface Section PPG-C1 1250x.....	53
Gambar 4. 19	Cross Section PPG 1000x.....	53
Gambar 4. 20	Cross Section PPG-CNT 1000x	53
Gambar 4. 21	Cross Section PPG-C1 1000x.....	53
Gambar 4. 22	<i>Water Contact Angle</i> (WCA) PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1 ..	54
Gambar 4. 23	<i>Swelling ratio</i> PPG, PPG-CNT, dan PPG-C	55

x

Gambar 4. 24 Water retention PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1 pada 24 jam ... 57
Gambar 4. 25 Water retention PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1 pada 14 hari ... 57
Gambar 4. 26 Release behavior dari hidrogel PPG-C1 tersisipi urea 58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kandungan gizi daun cincau	15
Tabel 2. 2	Penggolongan Unsur Hara Tanaman menurut Davidescu	16
Tabel 2. 3	Peran Unsur-Unsur Hara Esensial Tanaman	17
Tabel 3. 1	Variasi komposisi PVA/GA/POM/C untuk dioptimasi	36
Tabel 4. 1	Hasil analisis FTIR PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1.....	51
Tabel 4. 2	Analisis jarak <i>interlayer</i> PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1	52

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN	71
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN	71
LAMPIRAN 2 DATA PENCUCIAN HIDROGEL	74
LAMPIRAN 3 SPEKTRA FTIR HIDROGEL	84
LAMPIRAN 4 DIFRAKTOGRAM XRD HIDROGEL.....	87
LAMPIRAN 5 MIKROGRAF SEM HIDROGEL	90
LAMPIRAN 6 PENGUKURAN SUDUT KONTAK HIDROGEL.....	95
LAMPIRAN 7 SWELLING RATIO HIDROGEL.....	98
LAMPIRAN 8 WATER RETENTION HIDROGEL.....	101
LAMPIRAN 9 RELEASE BEHAVIOR HIDROGEL PPG-C1	103
LAMPIRAN 10 DOKUMENTASI.....	104

DAFTAR PUSTAKA

- Arsastra, W., & Joshua, P. S. (2019). Modifikasi Mesin Pengupas Kulit Batok Kelapa (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- Arutchelvi, J., Sudhakar, M., Arkatkar, A., Doble, M., Bhaduri, S., & Uppara, P. V. (2008). Biodegradation of polyethylene and polypropylene.
- Arwida, S. D. (2008). *Adenium Arabicum*. Gramedia Pustaka Utama.
- Bardají, D. K. R., Moretto, J. A. S., Furlan, J. P. R., & Stehling, E. G. (2020). A mini-review: current advances in polyethylene biodegradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *36*, 1-10.
- Bojic, J., Radovanovic, B., & Dimitrijevic, J. (2008). Spectrophotometric determination of urea in dermatologic formulations and cosmetics. *Analytical sciences*, *24*(6), 769-774.
- Bubanale, S., & Shivashankar, M. (2017). History, method of production, structure and applications of activated carbon. . . *Int. J. Eng. Res*, *6*, 495–498.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., ... & Suh, S. (2020). Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *8*(9), 3494-3511.
- Chen, Y., Wang, X., Zhang, Q., Li, Y., & Wang, H. (2011). Sintesis dan karakterisasi MWCNTC/Col-xZn x Fe₃O₄ nanokomposit magnetic dan penggunaannya dalam Hidrogel.
- Correia, D. P., Magalhães, J. M., & Machado, A. A. (2005). Array of potentiometric sensors for simultaneous analysis of urea and potassium. *Talanta*, *67*(4), 773-782.
- Dadfar, S. M. M. & Kavooosi, G. (2014). Investigation of mechanical properties, antibacterial features, and water vapor permeability of polyvinyl alcohol thin films reinforced by glutaraldehyde and multiwalled carbon nanotube. *Polymer Composites*, *35*(9), 1736-1743.

- Ebnesajjad, S., & Ebnesajjad, C. (2013). *Surface treatment of materials for adhesive bonding*. William Andrew.
- Erizal & Abidin, Zainal. (2011). Sintesis Hidrogel Campuran Poli (Vinil Alkohol) (PVA)-Natrium Alginat Dengan Kombinasi Beku-Leleh Dan Radiasi Gamma Untuk Bahan Pembalut Luka, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi Volume 7*, Pusat aplikasi Teknologi Isotop Dan Radiasi, BATAN, Jakarta. hal: 3, 5, 22
- Erizal, E., & Redja, I. W. (2010). Sintesis Hidrogel Superabsorben Polietilen OksidaAlginat dengan Teknik Radiasi Gamma dan Karakterisasinya. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(1), 11-17.
- Fadhil, A. B., Dheyab, M. M., & Abdul-Qader, A. Q. Y. (2012). Purification of biodiesel using activated carbons produced from spent tea waste. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 11(1), 45-49.
- Fajriyah, R. R. (2017). *Preparasi, Karakterisasi, Dan Kajian Pengaruh pH Terhadap Swelling Dan Release Behavior Ion Kalium Pada Hidrogel PVA/GA (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia)*.
- Felasih, E. (2010). *Pemanfaatan selulosa bakteri-polivinil alkhohol (PVA) hasil iradiasi (Hidrogel) sebagai matriks topeng masjer wajah*.
- Gautam, L., Warkar, S. G., Ahmad, S. I., Kant, R., & Jain, M. (2022). A review on carboxylic acid cross-linked polyvinyl alcohol: Properties and applications. *Polymer Engineering & Science*, 62(2), 225-246.
- Girão, A. V., Caputo, G., & Ferro, M. C. (2017). Application of Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). *Comprehensive Analytical Chemistry*,
- Gull, N., Khan, S. M., Butt, O. M., Islam, A., Shah, A., Jabeen, S., ... & Butt, M. T. Z. (2020). Inflammation targeted chitosan-based hydrogel for controlled release of diclofenac sodium. *International journal of biological macromolecules*, 162, 175-187.

- Gulrez H., Syed K., Saphwan Al-Assaf, & Glyn O. (2011). Hidrogels: Methods of Preparation, Characterisation and Applications. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering – From Analysis and Modeling to Technology Applications*, no. June 2014. <https://doi.org/10.5772/24553>.
- Gultom, N. T. (2018). Profil Pelepasan Kalium Klorida dari Larutannya ke dalam Media Aqua-DM Melalui Membran Hidrogel Poli (vinil Alkohol)-Glutaraldehyd-Mesona palustris B. (Skripsi). Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Guo, H., White, J.C., Wang, Z., & Xing, B., (2018). Nano-Enabled Fertilizers to Control The Release and Use Efficiency of Nutrients. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 6, 77-83. Doi: 10.1016/j.coesh.2018.07.009.
- Han X, Chen S, & Hu X. (2009). Controlled-Release Fertilizer Encapsulated by Starch/Polyvinyl Alcohol Coating. *Desalination*: 240(1) 21-26.
- Haque, M. A., Timilsena, Y. P., & Adhikari, B. (2015). Spray Drying In Drying Technologies for Foods: Fundamentals & Applications, 79-106.
- Haryati, N. (2016). Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Berbasis PVA-POM-GA-CNT Sebagai Material Slow-Controlled Release Fertilizer (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- 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.
- Hendayana, Sumar. (1994). *Kimia Analitik Instrumen Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hendrawan, H., Khoerunnisa, F., Sonjaya, Y., & Putri, A. D. (2019, May). Poly (vinyl alcohol)/glutaraldehyde/Premna oblongifolia merr extract hydrogel for controlled-release and water absorption application. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 509, p. 012048). IOP Publishing.

- Hennink, W. E., & van Nostrum, C. F. (2012). Novel crosslinking methods to design hidrogels. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64(SUPPL.), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.009>
- Herawati, S. (2012). *Tip & Trik membuahkan tanaman buah dalam pot*. AgroMedia.
- Himmah, F. R., Rasipin, & Supriyana. (2018). The feasibility of tannin containing in *Averrhoa Bilimbi* leaves as alternatives for antiseptics. *International Journal Of Multidisciplinary Education and Research*, 3(5), 22–26.
- Imami, N. (2014). *Pengaruh Bionutrien AMA2 dan PBAG2 Dengan Penambahan Ion Logam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Padi Gogo (Oryza sativa L.)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- IUPAC. (1997). *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Jamnongkan, T., & Kaewpirom, S. (2010). Potassium Release Kinetics and Water Retention of Controlled-Release Fertilizers Based on Chitosan Hidrogels. *Journal Polymers Environmental*. 18 (2010) 413–421. <https://doi.org/10.1007/s10924-010-0228-6>.
- Jing, W., Song, L., Yukun, Q., Xiaolin, C., Rong'e, X., Huahua, Y., Kecheng, L., and Pengcheng, L., 2017. Preparation and Characterization of Controlled-Release Fertilizers Coated with Marine Polysaccharide Derivatives. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 35, 1086. doi: 10.1007/s00343-017-6074-9.
- Kanaya, T., Takahashi, N., Nishida, K., Seto, H., Nagao, M., & Takeba, Y. (2006). Dynamic and static fluctuations in polymer gels studied by neutron spin-echo. *Physica B: Condensed Matter*, 385, 676-681.
- Kareem, S. A., Dere, I., Gungula, D. T., Andrew, F. P., Saddiq, A. M., Adebayo, E. F., Tame, V. T., Kefas, H. M., Joseph, J., & Patrick, D. O. (2021). Synthesis and Characterization of Slow-Release Fertilizer Hidrogel Based on Hydroxy

- Propyl Methyl Cellulose, Polyvinyl Alcohol, Glycerol and Blended Paper. *Gels* (Basel, Switzerland), 7(4), 262. <https://doi.org/10.3390/gels7040262>
- 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.
- Kurnia, T.A. (2014). *Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel CRF Berbasis Akrilamida dan Crosslinker N,N'-Metilenbisakrilamida dengan Penambahan Ekstrak SDT (Skripsi)* Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Kusworo, T. D., Kumoro, A. C., & Utomo, D. P. (2021). Phenol and ammonia removal in petroleum refinery wastewater using a poly (vinyl) alcohol coated polysulfone nanohybrid membrane. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101718.
- Ladewig, B., & Al-Shaeli, M. N. Z. (2017). *Fundamentals of Membrane Bioreactors*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2014-8>
- Liu G, Zotarelli L, Li Y, Dinkins D, Wang Q, Ozores-Hampton M. (2014). Controlled Release and slow-Release Fertilizers as Nutrient Management Tools. *UF/IFAS Extension*. 2014 : 1-7
- Malik, R., Ramteke, D. S., & Wate, S. R. (2007). Adsorption of malachite green on groundnut shell waste based powdered activated carbon. *Waste Management*, 27(9), 1129–1138. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.06.009>
- Mansur, H. S., Sadahira, C. M., Souza, A. N., & Mansur, A. A. (2008). FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde. *Materials Science and Engineering: C*, 28(4), 539-548.
- Martin, M. J., Artola, A., Balaguer, M. D., & Rigola, M. (2003). Activated carbons developed from surplus sewage sludge for the removal of dyes from dilute

- aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*, 94(3), 231–239. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(03\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(03)00054-8)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.016>
- Ofner, C. M., & Schott, H. (1986). Swelling Studies of Gelatin I: Gelatin Without Additives. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 75(8), 790–796. <https://doi.org/10.1002/jps.2600750814>
- Plantamor. (2012). Informasi Spesies: Cincau Perdu *Premna oblongifora Merr.* [Online]. Tersedia : <http://www.plantamor.com/indeks.php?plant=1502>.
- Purnawijaya, Y. (2013). Preparasi dan Uji Swelling Ratio Hidrogel Berbahan Dasar Polivinil Alkohol Bioflokulan DYT dan Kitosan (Skripsi). Sarjana pada FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung: Tidak Diterbitkan.
- Putri, O.D. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel CRF (Controlled Release Fertilizer) Berbasis Komposit PVA-Alga Merah-Carbon Nanotube. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. 57
- Rachmawati, A. K. (2009). Ekstraksi dan karakterisasi pektin cincau hijau (*Premna oblongifolia. Merr*) untuk pembuatan edible film. (Skripsi) Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Rahman, A., & Octaviani, E. (2021). Analisis produktivitas tenaga kerja sektor pertanian dan kemiskinan di Indonesia. In *Seminar Nasional Variansi (Venue Artikulasi-Riset, Inovasi, Resonansi-Teori, dan Aplikasi Statistika)* (Vol. 2020, pp. 39-48).
- Rajan, M., Shahena, S., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Controlled release of fertilizers—concept, reality, and mechanism. In *Controlled release fertilizers for sustainable agriculture* (pp. 41-56). Academic Press.

- Restrepo-Flórez, J. M., Bassi, A., & Thompson, M. R. (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene—A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 88, 83-90.
- Robinson, I.D. (1964). Swelling of coated gelatin-silver bromide emulsions. *Photogr. Sci. Eng.* 1964, 8, 220–224
- Sastrohamidjojo, Hardjono. (1992). *Spektroskopi Inframerah*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Liberty
- Schweitzer, J. (2014). *Scanning Electron Microscope*. Radiological Environment Management, Purdue Univertisy
- Sempeho, S. I., Kim, H. T., Mubofu, E., & Hilonga, A. (2014). Meticulous Overview on the Controlled Release Fertilizers. *Advances in Chemistry*, 2014, 363071. 1-16.
- Septiani, W. (2015). *Penggunaan Arang Bambu (Gigantochloa Verticillata) Tercampur Bentonit Sebagai Adsorben Pada Pemucatan Cincin Hijau Serta Karakterisasinya* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Mudzakir, A. (2012). *Karakterisasi Material*. Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia.
- Shaviv, A., & Mikkelsen, R. L. (1993). Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation-A review. *Fertilizer research*, 35(1), 1-12.
- Shi, X., Cantu-Crouch, D., Sharma, V., Pruitt, J., Yao, G., Fukazawa, K., Wu, J. Y., & Ishihara, K. (2021). Surface characterization of a silicone hydrogel contact lens having bioinspired 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer layer in hydrated state. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 199, 111539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111539>
- Silverstein, M. S., & Visoly-Fisher, I. (2002). Plasma polymerized thiophene: molecular structure and electrical properties. *Polymer*, 43(1), 11-20.

- Silverstein, Robert M, Francis X, Webster, David J. Kiemle. (2005). *Spectromeric Identification of Organics Compounds*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Sitompul, H. (2016). *Prarancangan Pabrik Polivinil Alkohol Dari Polivinil Asetat Dan Metanol Kapasitas 40.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Prarancangan Menara Destilasi 01 (MD-01))*.
- Stewart, D., Wilson, H. M., Hendra, P. J., & Morrison, I. M. (1995). Fourier-transform infrared and Raman spectroscopic study of biochemical and chemical treatments of oak wood (*Quercus rubra*) and barley (*Hordeum vulgare*) straw. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43(8), 2219-2225.
- Sujatno, Agus. (2015). *Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium*. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju. PSTBM-BATAN
- Tamado, D., Budi, E., Wirawan, R., Dwi, H., Tyaswuri, A., Sulistyani, E., & Asma, E. (2013, October). *Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)* (Vol. 2, pp. 73-81).
- Trenkel, M. E. (1997). *Controlled-Release And Stabilized Fertilizers In Agriculture* (Vol. 11). Paris: International fertilizer industry association
- Trenkel, M. E. (2010). *Slow-and Controlled Release and Stabilized Fertilizer : An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture (Second)*. Paris, Perancis: International Fertilizer Industry Association.
- 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.
- Tyliszczak, B., J. Polaczek, K. Pielichowski. (2009). *PAA-Based Hybrid OrganicInorganic Fertilizers with Controlled Release*. *Polish J. of Environ. Stud.* 18,(3), 475-479

- Ullah, F., et al. (2015). Classification, Processing and Application of Hidrogels: A Review. *Materials Science and Engineering: C*, 57, 414 – 433.
- Wong, J. X., & Yu, H. Z. (2013). Preparation of transparent superhydrophobic glass slides: Demonstration of surface chemistry characteristics. *Journal of Chemical Education*, 90(9), 1203-1206.
- Wu, L., Liu, M., & Liang, R. (2008). Preparation and properties of a doublecoated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and waterretention. *Bioresource Technology*, 99(3), 547–554.
- Yildiz, R. (2013). Preparation and characterization of poly (vinyl alcohol) borate/chitosan films (Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Zhao, D., Liao, G., Gao, G., & Liu, F. (2006). Influences of intramolecular cyclization on structure and cross-linking reaction processes of PVA hydrogels. *Macromolecules*, 39(3), 1160-1164.