

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA
PVA/BORAT/ALGINAT/CHARCOAL SEBAGAI MATERIAL
*SLOW/CONTROLLED-RELEASE FERTILIZER KCl***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh Sarjana Sains pada
Program Studi Kimia



Disusun oleh

Fuji Nur Resa

2004657

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2024

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA
PVA/BORAT/ALGINAT/CHARCOAL SEBAGAI MATERIAL
SLOW/CONTROLLED-RELEASE FERTILIZER KCl**

oleh:

Fuji Nur Resa

2004657

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

© Fuji Nur Resa 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

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

Fuji Nur Resa, 2024

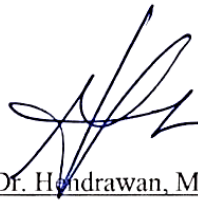
**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA PVA/BORAT/ALGINAT/CHARCOAL SEBAGAI
MATERIAL SLOW/CONTROLLED-RELEASE FERTILIZER KCl**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

LEMBAR PENGESAHAN
FUJI NUR RESA
SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA
PVA/BORAT/ALGINAT/CHARCOAL SEBAGAI MATERIAL *SLOW/CONTROLLED-*
RELEASE FERTILIZER KCl

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. H. Drawan, M.Si.
NIP. 196309111989011001

Pembimbing II



Hafiz Aji Aziz, M. Sc.
NIP. 920200419930502101

Mengetahui

Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI



Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D.
NIP. 197806282001122001

ABSTRAK

Eutrofikasi adalah proses peningkatan produktivitas badan air yang ditandai dengan pertumbuhan alga yang berlebihan akibat peningkatan nutrisi. Salah satu penyebab peningkatan nutrisi ini adalah penggunaan pupuk berlebih di lahan pertanian yang kemudian terbawa air hujan dan masuk ke perairan. *Slow/Controlled-Release Fertilizer (S/CRF)* dapat menjadi alternatif dalam mengatasi masalah ini. Kajian terhadap PVA/Borat/Alginat sebagai bahan S/CRF menunjukkan bahwa gel tersebut memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Disisi lain, penambahan *filler* seperti *Charcoal* ke dalam hidrogel dapat memperkuat struktur jaringan hidrogel. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi *Charcoal* optimum, mengetahui karakteristik hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*, serta performa lembaran hidrogel dan granula. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu (1) optimasi konsentrasi *Charcoal* dari sintesis lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* serta lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*-KCl dan granula CaCO₃-KCl terlapisi gel; (2) karakterisasi menggunakan FTIR, SEM, dan *water contact angle* dari lembaran hidrogel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*; dan (3) uji performa agrokimia dari lembaran dan granula. Merujuk kepada nilai parameter *swelling ratio*, *water contact angle* yang unggul dibandingkan konsentrasi *Charcoal* yang lebih tinggi, maka hidrogel dengan penambahan *Charcoal* 5 ppm yang diproses lebih lanjut walaupun memiliki *water retention* paling rendah. FTIR menunjukkan adanya ikatan O-H, C-H sp³, C=O, B-O, C-O, dan C-C pada kedua hidrogel, dan tidak ditemukan kemunculan atau kehilangan gugus fungsi baru. SEM memperlihatkan bahwa pada pemotretan secara *cross sectional* terjadi pengurangan densitas alur (lapisan) pada gel yang diimpregnasi dengan *Charcoal*. *Water contact angle* menunjukkan penambahan *Charcoal* menurunkan hidrofilisitas. *Swelling Ratio* menunjukkan penambahan *Charcoal* membuat nilai %SR menjadi lebih stabil. *Water Retention* menunjukkan penambahan *Charcoal* menurunkan nilai %WR. Uji biodegradabilitas menunjukkan bahwa penambahan *Charcoal* tidak mengurangi degradabilitas secara signifikan. Uji *release behavior* menunjukkan bahwa penambahan *Charcoal* dalam bentuk lembaran efektif memperlambat laju *release* KCl, dibandingkan hidrogel PVA/Borat/Alginat. Pelapisan granula CaCO₃-KCl oleh gel PVA/Borat/Alginat/*Charcoal* mampu menurunkan laju *release* KCl, dibandingkan granula CaCO₃-KCl tanpa pelapisan.

Kata Kunci: S/CRF, hidrogel, PVA/Borat/Alginat/*Charcoal*, *Charcoal*

ABSTRACT

Eutrophication is the process of increasing the productivity of water bodies characterized by excessive algae growth due to increased nutrients. One of the causes of this increase in nutrients is the excessive use of fertilizers on agricultural land which is then carried by rainwater and enters the waters. Slow/Controlled-Release Fertilizer (S/CRF) can be an alternative in overcoming this problem. Studies on PVA/Borate/Alginate as an S/CRF material show that the gel has the potential to be developed further. On the other hand, the addition of fillers such as Charcoal into the hydrogel can strengthen the structure of the hydrogel network. This study aims to determine the optimum Charcoal concentration, the characteristics of PVA/Borate/Alginate/Charcoal hydrogels, and the performance of hydrogel sheets and granules. The research was conducted in several stages, namely (1) optimization of Charcoal concentration from the synthesis of PVA/Borate/Alginate/Charcoal hydrogel sheets and PVA/Borate/Alginate/Charcoal-KCl hydrogel sheets and gel-coated CaCO₃-KCl granules; (2) characterization using FTIR, SEM, and water contact angle of PVA/Borate/Alginate/Charcoal hydrogel sheets; and (3) agrochemical performance tests of sheets and granules. Referring to the superior values of swelling ratio, water contact angle parameters compared to the higher Charcoal concentration, the hydrogel with 5 ppm Charcoal addition was further processed despite having the lowest water retention. FTIR showed the presence of O-H, C-H sp³, C=O, B-O, C-O, and C-C bonds in both hydrogels, and no appearance or loss of new functional groups. SEM showed that in cross sectional shots there was a reduction in the density of the grooves (layers) in the Charcoal-impregnated gel. Water contact angle showed that the addition of Charcoal decreased the hydrophilicity. Swelling Ratio shows the addition of Charcoal makes the %SR value more stable. Water Retention shows the addition of Charcoal decreases the %WR value. Biodegradability test shows that the addition of Charcoal does not significantly reduce degradability. Release behavior test shows that the addition of Charcoal in the form of sheets effectively slows down the release rate of KCl, compared to PVA/Borate/Alginate hydrogel. Coating of CaCO₃-KCl granules by PVA/Borate/Alginate/Charcoal gel was able to reduce the release rate of KCl, compared to CaCO₃-KCl granules without coating.

Keywords: S/CRF, hydrogel, PVA/Borate/Alginate/Charcoal, Charcoal

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pupuk Kalium Sebagai Nutrien Tanaman.....	6
2.2 <i>Slow/Controlled-Release Fertilizer (S/CRF)</i>	8
2.3 Hidrogel.....	10
2.4 Ikatan Silang.....	12
2.5 Prekursor Hidrogel	13
2.5.1 Polivinil Alkohol (PVA).....	13
2.5.2 Borat.....	14

2.5.3	Alginat	16
2.5.4	Hidrogel PVA/Borat/Alginat	18
2.5.5	<i>Charcoal</i>	19
2.6	Kapur Pertanian.....	20
2.7	Karakterisasi Hidrogel	20
2.7.1	<i>Fourier Transforms Infra-Red Spectroscopy</i>	20
2.7.2	<i>Scanning Electron Microscopy</i>	21
2.7.3	<i>Water Contact Angle</i>	23
2.8	Uji Performa.....	24
2.8.1	<i>Swelling Ratio</i>	24
2.8.2	<i>Water Retention</i>	24
2.8.3	<i>Release Behavior</i>	25
2.8.4	Biodegradabilitas	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Metode Penelitian.....	27
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.3	Desain Penelitian.....	27
3.4	Variabel Penelitian	28
3.5	Cara Pengolahan Data	29
3.6	Alat dan Bahan.....	29
3.7	Diagram Alir Penelitian	30
3.8	Prosedur Penelitian.....	31
3.8.1	Preparasi Bahan	31
3.8.2	Preparasi Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	32
3.8.3	Karakterisasi Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	34
3.8.4	Uji Performa Hidrogel	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Optimasi Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	38
4.1.1 Parameter <i>Swelling Ratio</i>	40
4.1.2 Parameter <i>Water Retention</i>	42
4.1.3 Parameter <i>Water Contact Angle</i>	43
4.2 Karakterisasi.....	45
4.2.1 Karakterisasi FTIR Lembaran Hidrogel PBAC.....	45
4.2.2 Karakterisasi SEM Lembaran Hidrogel PBAC	48
4.2.3 <i>Water Contact Angle</i> Lembaran Hidrogel PBAC.....	50
4.3 Uji Performa Lembaran.....	52
4.3.1 <i>Swelling Ratio</i> Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	52
4.3.2 <i>Water Retention</i> Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> ...	53
4.3.3 Uji Biodegradabilitas	54
4.3.4 <i>Release Behavior</i> Lembaran PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> -KCl.....	57
4.4 Uji Performa Granula	60
4.4.1 <i>Release Behavior</i> Granula PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> -KCl	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	80

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perbandingan Massa KCl-CaCO ₃ pada Granula	32
Tabel 3. 2 Optimasi Komposisi Lembaran PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	33
Tabel 4. 1 Hasil Analisis FTIR Hidrogel PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	46
Tabel 4. 2 Gambar Mikrograf SEM pada <i>Surface</i> Hidrogel PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	48
Tabel 4. 3 Gambar Mikrograf SEM pada <i>Cross Sectional</i> Hidrogel PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	49
Tabel 4. 4 Hasil Uji Biodegradabilitas dengan Lumpur Aktif <i>Non-Mix</i> Hidrogel PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	55
Tabel 4. 5 Hasil Uji Biodegradabilitas dengan Lumpur Aktif <i>Mix</i> Hidrogel PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Struktur Hidrogel	10
Gambar 2. 2 Polimerisasi Hidrogel.....	13
Gambar 2. 3 Struktur Kimia PVA	13
Gambar 2. 4 Struktur Ion Borat	15
Gambar 2. 5 Ikatan silang antara ion borat dengan gugus OH dalam polimer PVA .	16
Gambar 2. 6 Struktur Kimia Natrium Alginat	17
Gambar 2. 7 Struktur Kimia Hidrogel PVA/Borat/Alginat	18
Gambar 2. 8 Wujud Fisik <i>Charcoal</i>	19
Gambar 2. 9 Skema Scanning Electron Microscopy (SEM)	22
Gambar 3. 1 Desain Penelitian	28
Gambar 3. 2 Sintesis Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	30
Gambar 3. 3 Sintesis Lembaran PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> -KCl.....	30
Gambar 3. 4 Sintesis Granula PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> /CaCO ₃ -KCl	31
Gambar 4. 1 Serbuk <i>Charcoal</i>	39
Gambar 4. 2 Hasil Dispersi <i>Charcoal</i> (a) 5 ppm; (b) 7,5 ppm; dan (c) 10 ppm.....	39
Gambar 4. 3 Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> (a) 5 ppm; (b) 7,5 ppm; dan (c) 10 ppm	40
Gambar 4. 4 Grafik SR Optimasi Lembaran Hidrogel PBAC.....	41
Gambar 4. 5 Grafik WR Optimasi Lembaran Hidrogel PBAC	42
Gambar 4. 6 Grafik Optimasi WCA Hidrogel PBAC	43
Gambar 4. 7 Spektrum FTIR	45
Gambar 4. 8 Reaksi Pengikatan Silang PVA dan Ion Borat.....	47
Gambar 4. 9 Grafik WCA PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> ...	50
Gambar 4. 10 Grafik SR PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	52
Gambar 4. 11 Grafik WR PVA/Borat/Alginat dan PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> ...	53
Gambar 4. 12 Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> (a) sebelum kering; dan (b) setelah kering.....	57
Gambar 4. 13 Grafik RB Lembaran Hidrogel PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	58
Gambar 4. 14 Granula CaCO ₃ -KCl PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i> (a) tanpa pelapis gel; dan (b) terlapisi gel	60

Gambar 4. 15 Grafik Release Behavior Granula CaCO_3 -KCl dan Granula Kalsit Tanpa Terlapisi Gel	61
Gambar 4. 16 Grafik Release Behavior Granula CaCO_3 -KCl dan Granula Kalsit Terlapisi Gel	61
Gambar 4. 17 Grafik Release Behavior Granula CaCO_3 -KCl Setelah Dikoreksi	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan.....	80
Lampiran 2 Spektra FTIR	86
Lampiran 3 Mikrograf SEM Hidrogel	88
Lampiran 4 Data Penelitian	92
Lampiran 5 Uji Biodegradabilitas Lembaran PVA/Borat/Alginat/ <i>Charcoal</i>	109
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian.....	111

DAFTAR SINGKATAN

S/CRF = *Slow/Controlled-Release Fertilizer*

PBA = *PVA/Borat/Alginat*

PBAC = *PVA/Borat/Alginat/Charcoal*

SR = *Swelling Ratio*

WR = *Water Retention*

WCA = *Water Contact Angle*

RB = *Release Behavior*

FTIR = *Fourier Transforms Infra-Red Spectroscopy*

SEM = *Scanning Electron Microscope*

AAPFCO = *Association of American Plant Food Control Officials*

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal.A., Situmorang, Andre.Y. (2012). Hidrogel Mikrokomposisi berbasis Polivinil Alkohol/Bentotit. Bandung: Program Studi Teknik Kimia FTI-ITB.
- Abobatta, W. (2018). Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Advances in Agriculture and Environmental Science: Open Access (AAEOA)*, 1(2), 59–64. <https://doi.org/10.30881/aaeo.00011>
- Adi, S. H. (2012). Teknologi Nano untuk Pertanian: Aplikasi Hidrogel untuk Efisiensi Irigasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*.
- Agusta, M., Lc, M., & Widyayanti, R. (2009). *PEMBUATAN ALGINAT DARI RUMPUT LAUT UNTUK MENGHASILKAN PRODUK DENGAN RENDEMEN DAN VISKOSITAS TINGGI*. 2–6.
- Agustantina, T. H., Munadziroh, E., Yuliati, A., Bahtiar, M. R. H., Octarina, Salma, R. F., Meyranti, A. P., & Razak, F. A. (2023). The characteristics of swelling and biodegradation tests of bovine amniotic membrane-hydroxyapatite biocomposite. *Dental Journal*, 56(3), 172–177. <https://doi.org/10.20473/j.djmk.v56.i3.p172-177>
- Albarkah, A. M., Ramadhani, M. A., Zahra, S. S., Noviantika, S., & Oktaviani, V. D. (2023). Optimalisasi penggunaan pupuk organik KCl untuk pertumbuhan tanaman dan pelestarian lingkungan. *Lumbung Informasi Pertanian*.
- 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-Alawi, A., Voort, F. v. d., & Sedman, J. (2004). New FTIR Method for the Determination of FFA in Oils. *JAOCs*, Vol. 81, no. 5.
- Alfionita, A. N. A., Patang, P., & Kaseng, E. S. (2019). Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air Di Sungai Jeneberang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8190>
- Ali, A. S. (2016). Application of Nanomaterials in Environmental Improvement.

- Nanotechnology and the Environment*, 1–13.
- Al Ummah, Natiqoh. (2013). Uji ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. (2007). Analisa gugus fungsi pada sampel uji, bensin dan siritus menggunakan metode spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, Vol. 10, No. 1, hal. 79-85.
- Anggraini, R. A., Kurniati, M., Winarti, C., & Irmansyah, I. (2021). The Release of Fertilizer on Corncob Cellulose – Based Acid-Acrylamide Hydrogel Prepared by Chemical Cross-Binding Method. *Reaktor*, 21(3), 109–115. <https://doi.org/10.14710/reaktor.21.3.109-115>
- Anwar, B. (2008). BIODEGRADASI POLI(HIDROKSIBUTIRAT co CAPROLAKTON) DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR AKTIF. *Pengajaran MIPA*, 12, 68–78.
- Arini, E. (2011). Liming by using CaCO₃ for maintaining the quality of soil brackish water pond and the growth of seaweed *Gracilaria* sp. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(2), 23-30–30.
- Aspermair, P., Mishyn, V., Szunerits, S., & Knoll, W. (2020). Electronic biosensors based on graphene FETs. In *Methods in Enzymology* (1st ed., Vol. 642). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2020.05.016>
- Astrini, N., Anah, L., & Haryono, A. (2019). Pengaruh Penambahan Bentonit pada Superabsorben Polimer Komposit (SAPC) Hidrogel Berbasis Selulosa (Nuri Astrini) PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT PADA SUPERABSORBEN POLIMER KOMPOSIT HIDROGEL BERBASIS SELULOSA. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(1), 49–53.
- Basu, A. (2018). *Ion-Crosslinked Nanocellulose Hydrogels for Advanced Wound Care Applications*.
- Bierbrauer, F. (2005). *Hydrogel Drug Delivery: Diffusion Models Frank*. 1–31.

- Cao, L., & Li, N. (2021). Activated-carbon-filled agarose hydrogel as a natural medium for seed germination and seedling growth. *International Journal of Biological Macromolecules*, *177*, 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.097>
- Chen, G., Yadav, A. A., Jung, I. W., Lee, J., & Choi, K. (2022). Crosslinking effect of borax additive on the thermal properties of polymer - based 1D and 2D nanocomposites used as thermal interface materials. *Scientific Reports*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19755-8>
- Cheng, Y.-L., Lee, C.-Y., Huang, Y.-L., Buckner, C. A., Lafrenie, R. M., Dénomée, J. A., Caswell, J. M., Want, D. A., Gan, G. G., Leong, Y. C., Bee, P. C., Chin, E., Teh, A. K. H., Picco, S., Villegas, L., Tonelli, F., Merlo, M., Rigau, J., Diaz, D., ... Mathijssen, R. H. J. (2016). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %. *Intech*, *11*(tourism), 13. <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- Chieng, B. W., Ibrahim, N. A., Daud, N. A., & Talib, Z. A. (2019). Functionalization of graphene oxide via gamma-ray irradiation for hydrophobic materials. In *Synthesis, Technology and Applications of Carbon Nanomaterials*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815757-2.00008-5>
- Chusnul. (2011). Spektroskopi IR. Kimia Analitik Instrument. Chemical Engineering Departement. State Polytechnic of Sriwijaya. 96: 103-110.
- Cui, Q., Ward Muscatello, M. M., & Asher, S. A. (2009). Photonic crystal borax competitive binding carbohydrate sensing motif. *Analyst*, *134*(5), 875–880. <https://doi.org/10.1039/b901017n>
- Colinet, H., Renault, D., Javal, M., Berková, P., Šimek, P., & Košťál, V. (2016). Uncovering the benefits of fluctuating thermal regimes on cold tolerance of drosophila flies by combined metabolomic and lipidomic approach. *Biochim. Biophys. Acta BBA – Mol Cell Biol. Lipids* *1861*, 1736–1745.
- Das, S. K., & Ghosh, G. K. (2022). Hydrogel-biochar composite for agricultural applications and controlled release fertilizer: A step towards pollution free

- environment. *Energy*, 242, 122977.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122977>
- Dave, H. K., & Nath, K. (2018). Synthesis, characterization and application of disodium tetraborate cross-linked polyvinyl alcohol membranes for pervaporation dehydration of ethylene glycol. *Acta Chimica Slovenica*, 65(4), 902–918. <https://doi.org/10.17344/acsi.2018.4581>
- Dergunov, S. A., & Mun, G. A. (2009). γ -irradiated chitosan-polyvinyl pyrrolidone hydrogels as pH-sensitive protein delivery system. *Radiation Physics and Chemistry*, 78(1), 65–68. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2008.07.003>
- Dewi, R., Dari, C., & Aktif, K. (2020). AKTIVASI KARBON DARI KULIT PINANG DENGAN MENGGUNAKAN AKTIVATOR KIMIA KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(November), 12–22.
- Distantina, S., Fadilah, F., & Kaavessina, M. (2015). Synthesis of Cross-Linked Konjac Glucomannan and Kappa Carrageenan Film with Glutaraldehyde. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 9(8), 1014–1017.
- Dzulummah, Z. (2022). SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA FLEK HIDROGEL BERBASIS POLIVINIL ALKOHOL, BORAT, DAN KITOSAN SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN KALIUM KLORIDA (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Ellya, S., & Marliani, R. (2017). KARAKTERISTIK Na-ALGINAT DARI RUMPUT LAUT COKELAT *Sargassum crassifolium* DENGAN PERBEDAAN ALAT PENYARING. 351–361.
- Erizal, & Abidin, Z. (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*, 7, 21–28.
- Erizal, Darmawan, A. B., & Sudirman. (2012). Pengaruh Teknik Beku Leleh dan Dosis Iradiasi Gamma Pada Pelepasan Resorsinol Dari Matriks Hidrogel Polivinil Alkohol. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, April, 15–21.

- Erizal, Lukitowati, F., Barleany, D. R., Aziz, Z., & Sudirman. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel Superabsorben Kopolimer (Kalium Akrilat) -g-Poli (Vinil Alkohol). *Majalah Polimer Indonesia*, 21, 20–35.
- Erizal, & Sunarni, A. (2009). Sintesis hidrogel superabsorbent poli(akrilamida-kopolimer asam akrilat) dengan teknik radiasi dan karakterisasinya. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11(1), 15–21.
- Fatimah, S. (2023). SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI KINERJA HIDROGEL KOMPOSIT POLI(VINIL ALKOHOL)/NATRIUM ALGINAT/BORAKS/KALIUM KLOORIDA UNTUK KANDIDAT MATERIAL CONTROLLED RELEASE FERTILIZER (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Fertahi, S., Bertrand, I., Ilesouk, M., Oukarroum, A., Amjoud, M. B., Zeroual, Y., & Barakat, A. (2020). New generation of controlled release phosphorus fertilizers based on biological macromolecules: Effect of formulation properties on phosphorus release. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 143). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.005>
- Fikri, U. (2014). Pengaruh Penggunaan Pupuk Terhadap Kualitas Air Tanah Di Lahan Pertanian Kawasan Rawa Rasau Jaya Iii, Kab. Kubu Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v2i1.8280>
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni, Susilawati, & Nurainy, Fi. (2022). Karakteristik Biodegradable Film dari Bekatul Beras dan Selulosa Sekam Padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 1(2), 283–292.
- Fujita, T., & Shoji, S. (1999). Kinds and properties of Meister fertilizers. In: Meister controlled release fertilizer – Properties and Utilization. Shoji, S. (ed). Konno Printing Company Ltd. Sendai, Japan. pp. 13-34.
- Garner, C. M., Nething, M., & Nguyen, P. (1997). Synthesis of a superabsorbent polymer. *Journal of Chemical Education*, 74(1), 95–96. <https://doi.org/10.1021/ed074p95>
- Gopalasundaram, P., Bhaskaran, A., & Rakkiyappan, P. (2012). Integrated Nutrient

- Management in Sugarcane. *Sugar Tech*, 14(1), 3–20.
<https://doi.org/10.1007/s12355-011-0097-x>
- Gunawan, R., Shofiyani, A., & Anita Zaharah, T. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF-kitosan. *Jkk*, 7(1), 1–9.
- Handayani, N. I. (2015). Identifikasi fungi pada unit lumpur aktif Pengolah Limbah Cair di industri tekstil. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 1(5), 993–997.
<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010306>
- harding, andrew. (2020). *Prepared for the Northern and Yorke NRM Board Lime for Acid Soils Sustainable Agriculture in the Northern and Yorke NRM Region*. 0, 1–8.
- 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., & Putri, A. D. (2019). Poly (vinyl alcohol)/glutaraldehyde/Premna oblongifolia merr extract hydrogel for controlled-release and water absorption application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 509(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012048>
- Hennik, W. E., & van Nostrum, C. F. (2002). Novel crosslinking methods to design hydrogels. *Advanced dry delivery. Reviews*. 15: 13-36.
- Hoare, T. R., & Kohane, D. S. (2008). Hydrogels in drug delivery: Progress and challenges. *Polymer*, 49(8), 1993–2007.
<https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.01.027>
- Indriati, D. (2023). SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/Premna oblongifolia Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK NUTRIEN KALIUM KLORIDA. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Indriyani, N., Ratnawati, & Wardhani, D. H. (2023). Sintesa Dan Pemanfaatan Hidrogel. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 8(4), 245–254.

- <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/inteka/article/view/9073>
- Istiani, A., Ristianingsih, Y., & Lestari, I. (2022). *Transfer Massa pada Pupuk Lepas Lambat*.
- Jhurry, D. (1997). Agricultural Polymers. *Food and Agricultural Research Council, Réduit*, 109–113.
- Jia, Y., Bai, S., Park, C. B., & Wang, Q. (2017). *Effect of Boric Acid on the Foaming Properties and Cell Structure of Poly(vinyl alcohol) Foam Prepared by Supercritical-CO₂ Thermoplastic Extrusion Foaming*.
<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b01171>
- Jie, L., Nguyen, Q., Zhou, J., & Ping, Z. (2003). Poly(vinyl alcohol)/Poly(vinyl pyrrolidone) Interpenetrating Polymer Network: Synthesis and Pervaporation Properties. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 89, 2808-2814.
- Jing, G., Wang, L., Yu, H., Amer, W. A., & Zhang, L. (2013). *Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects Recent progress on study of hybrid hydrogels for water treatment*. 416, 86–94.
- Kusumawati, A. (2021). *Buku Ajar : Kesuburan Tanah & Pemupukan*. 1–70.
- Lee, K. Y., & Mooney, D. J. (2012). Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 37(1), 106–126.
<https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>
- Lestari, I. P. (2021). PERMEASI KALIUM KLORIDA KE DALAM MEDIA AQUEOUS MELALUI MEMBRAN HIDROGEL PVA-BORAT PADA BERBAGAI PH. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Lukman, D. W., Sudarwanto, M., Sanjaya, A. W., Purnawarman, T., Latif, H., & Soejoedono, R.R. (2012). *Penuntun Praktikum Hiegene Pangan Asal Hewan. Bagian Kesehatan Masyarakat Veteriner*. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Made, U. (2010). RESPONS BERBAGAI POPULASI TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays saccharata* Sturt.) TERHADAP PEMBERIAN PUPUK

- UREA Respons of Various Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt.) Plant Population on Urea Fertilizer Application. *J. Agroland*, 17(2), 138–143.
- Mahalik, N. P. (2009). Processing and packaging automation systems: A review. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 3(1), 12–25. <https://doi.org/10.1007/s11694-009-9076-2>
- Mahanani, E. S. (2013). Perancah Hidogel untuk Aplikasi Rekayasa Jaringan Tulang. *Insisiva Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*, 2(2), 52–57. <https://journal.umy.ac.id/index.php/di/article/view/576>
- Masta, N. (2020). Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy. *Patra Widya: Seri Penerbitan Penelitian Sejarah Dan Budaya.*, 21(3), i–iii.
- Megasari, R., Biyatmoko, D., Ilham, W., & Hadie, J. (2012). Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu. *Enviro Scienteeae*, 8, 89–101.
- Mistry, B. . (2009). A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry. In *Spectroscopic Data*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1385-5>
- Mozumder, S., Moniruzzaman, M., & Halim, G. (2007). Effect of N, K and S on the Yield and Storability of Transplanted Onion (*Allium cepa* L.) in the Hilly Region. *Journal of Agriculture & Rural Development*, 5(June), 58–63. <https://doi.org/10.3329/jard.v5i1.1459>
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., & Fiandini, M. (2023). Interpretation of Fourier Transform Infrared Spectra (FTIR): A Practical Approach in the Polymer/Plastic Thermal Decomposition. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 8(1), 113–126. <https://doi.org/10.17509/ijost.v8i1.53297>
- Nasir, M. (2010). SIFAT DAYA SERAP AIR DAN STABILITAS PENYERAPAN AIR HIDROGEL POLIMER KOMPOSIT. *Indonesian Journal of Applied Chemistry*, 12, No.2.
- Nitayaphat, W. (2014). Utilization of chitosan/bamboo Charcoal composite as reactive dye adsorbent. *Chiang Mai Journal of Science*, 41(1), 174–183.

- Noor, I., Arfiana, A., Finalis, E. R., Tjahjono, E. W., Suratno, H., Hamzah, H., Mulyono, A., Nuraini, L. D., Jaim, J., Suradi, S., & Saputra, H. (2022). Pengembangan Formula dan Pembuatan *Controlled Release Fertilizer* (CRF) untuk Bawang Merah. *Vegetalika*, 11(3), 196. <https://doi.org/10.22146/veg.65667>
- Norasyifah, Ilyas, M., Herlinawati, T., Kani, & Mahdiannoor. (2019). *PERTUMBUHAN DAN HASIL PISANG MULI (Musa acuminata L.) DENGAN PEMBERIAN PUPUK ORGANIK GUANO*. 44(2018), 8.
- Nugroho, P. A. (2015). Dinamika hara kalium dan pengelolaannya di perkebunan karet. *Warta Perkaratan*, 34(2), 89–102. <http://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/wartaperkaratan/article/view/260/175>
- Nurhalim, Jayanthi, S., & Elfrida. (2019). THE INFLUENCE OF KCL FERTILIZER USING GETAH PRODUCTIVITY (*Hevea brasiliensis*) IN LENGKONG YEAR 2017. *Jurnal Jeumpa*, 6(2), 265–276.
- Nuryani, E., Haryono, G., & Historiawati. (2019). Pengaruh Dosis dan Saat Pemberian Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris L.*) Tipe Tegak. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika*, 4(1), 14–17.
- Oesman, R., & Rahmaniah. (2022). PENGARUH PUPUK KANDANG AYAM DAN KCL TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI JAGUNG (*Zea mays L.*). *Agrinula: Jurnal Agroteknologi Dan Perkebunan*, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.36490/agri.v5i2.427>
- Omidi, M., Fatehinya, A., Farahani, M., Akbari, Z., Shahmoradi, S., Yazdian, F., Tahriri, M., Moharamzadeh, K., Tayebi, L., & Vashae, D. (2017). Characterization of biomaterials. In *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100961-1.00007-4>
- PAC. (1995). *Charcoal*. 473, 484. <https://doi.org/10.1351/goldbook.C00986>
- PAC. (2007). *hydrogel*. 1801, 7519. <https://doi.org/10.1351/goldbook.HT07519>
- Pamela, V. Y., Syarief, R., Iriani, E. S., & Suyatma, N. E. (2016a). KARAKTERISTIK MEKANIK, TERMAL DAN MORFOLOGI FILM POLIVINIL ALKOHOL

- DENGAN PENAMBAHAN NANOPARTIKEL ZNO DAN ASAM STEARAT UNTUK KEMASAN MULTILAYER. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(2), 63–73.
- Pamela, V. Y., Syarief, R., Iriani, E. S., & Suyatma, N. E. (2016b). Stearat Untuk Kemasan Multilayer. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(2), 63–73.
- Park, C., Kim, B., Balaji, N., Lee, Y. J., Ju, M., Lee, H., & Yi, J. (2016). Boron oxygen pair effect in p⁺ emitter and nanosized boron rich layer by fold coordination analysis for crystalline silicon solar cell applications. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 16(5), 4846–4850. <https://doi.org/10.1166/jnn.2016.12177>
- Payne, L. (2024). Biodegradability. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/biodegradability>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Peng, F., Hoek, E. M. V., & Damoiseaux, R. (2010). High-content screening for biofilm assays. *Journal of Biomolecular Screening*, 15(7), 748–754. <https://doi.org/10.1177/1087057110374992>
- Pereira, R., Carvalho, A., Vaz, D. C., Gil, M. H., Mendes, A., & Bártolo, P. (2013). Development of novel alginate based hydrogel films for wound healing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 52(1), 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.09.031>
- Poetri, T. (2019). Pengaruh Penambahan Alginat dan Polietilen Glikol Terhadap Karakteristik Edible Film Kappa Karagenan. (Skripsi). Universitas Sahid Jakarta.
- Pratama, S. R., & Suprpto, S. (2022). MODIFIKASI DAN KARAKTERISASI PATI JAGUNG (*Zea mays*, [L]) DAN XANTHAN GUM DENGAN CROSSLINKING AGENT ASAM SITRAT. *Usadha Journal of Pharmacy*, 150–162. <https://doi.org/10.23917/ujp.v1i2.103>
- Putri, A. D. (2013). Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Kinerja Biohidrogel Berbahan Dasar DYT-PVA dengan Crosslinker Glutaraldialdehid. (Skripsi). Universitas

- Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Putriyana, R. S., Abdulah, I., Purwaningsih, I., & Silvia, L. (2018). SINTESIS NATRIUM ALGINAT DARI *Sargassum* sp. DENGAN PROSES LEACHING. *Politeknik Negeri Bandung*, 89–93.
- Rahayuningdyah, D. W., Lyrawati, D., Widodo, F., Puspita, O. E., & Polymers, P. V. P. (2020). Pengembangan Formula Hidrogel Balutan Luka Menggunakan Kombinasi Development of Wound Hydrogel Dressing Formula Using a Combination of. *Pharmaceutical Journal Of Indonesia*, 5(2), 117–122.
- Rahmadini, M. (2022). Mengenal Pupuk Kalium dan Fungsinya Bagi Tanaman. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Rai, I. N. (2018). Dasar-Dasar Ergonomi. In *Percetakan Pelawa Sari*.
- Ramadhani, F., Miratsi, L., Humaeroh, Z., & Afriani, F. (2021a). KEMAMPUAN SWELLING HIDROGEL BERBASIS PVA / ALGINAT. 149–151.
- Ramadhani, F., Miratsi, L., Humaeroh, Z., & Afriani, F. (2021b). Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel PVA/Alginat Mengandung Ekstrak Lada sebagai Pembalut Luka Antibakteri. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 2(2), 54–59. <https://doi.org/10.33369/nmj.v2i2.17752>
- Rekso, G. T., Saefumillah, A., & Rabriella. (2016). Polimerisasi Pati - Polivinyl Alkohol - Akrilamida - Oligo Kitosan Sebagai Bahan Pelapis Lepas Lambat Untuk Pupuk NPK dengan Teknik Iradiasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir*, 4–5.
- Richbourg, N. R., & Peppas, N. A. (2020). The swollen polymer network hypothesis: Quantitative models of hydrogel swelling, stiffness, and solute transport. *Progress in Polymer Science*, 105, 101243. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2020.101243>
- 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*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0053-2>

- Sahoo, D. R., & Biswal, T. (2021). Alginate and its application to tissue engineering. *SN Applied Sciences*, 3(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04096-w>
- Sari, S., & Achmar, M. (2018). HIDROGEL SEBAGAI MEDIA TANAM ALTERNATIF UNTUK MENINGKATKAN NILAI ESTETIKA TANAMAN HIAS DAN RUANGAN UNIK. *Pengabdian*, 2(1), 1–11.
- Sembiring, M., & Sinaga, T. (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Septiani, T., & Roswiem, A. P. (2018). *BAHAN PANGAN DAGING OLAHAN DAN IDENTIFIKASI SUMBER BORON DENGAN FTIR – ATR*. 48–52.
- Setyaningsih, N. E., & Septiano, A. F. (2019). Optimasi kualitas citra scanning electron microscopy (SEM) dengan metode contrast to noise ratio (CNR). In *Prosiding Seminar Nasional IV Hasil Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Indonesia, IV-ISSN* (pp. 2548-1924).
- Shalumon, K. T., Anulekha, K. H., Nair, S. V, Nair, S. V, Chennazhi, K. P., & Jayakumar, R. (2011). International Journal of Biological Macromolecules Sodium alginate / poly (vinyl alcohol)/ nano ZnO composite nanofibers for antibacterial wound dressings. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(3), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.04.005>
- Sholiq. (2015). Analisis Dan Perancangan Berorientasi Obyek. *Teknoif*, 3(2), 1–6.
- Sigma-Aldrich. (2022). *Polivinil alkohol 5-88 EMPROVE® ESSENTIAL*. 1272, 1–9.
- Sikarwar, U., Khasherao, B. Y., & Sandhu, D. (2022). A review on hydrogel: Classification, preparation techniques and applications. *The Pharma Innovation*, 11(7), 1172–1179. <https://doi.org/10.22271/tpi.2022.v11.i7o.13944>
- Silviah, S., Widodo, C. S., & Masruroh. (2014). Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma. *Pharmaceutical Research*, 4(2), 19–27.
- Sitanggang, Y., Sitingjak, E. M., Mey, V., Marbun, D., Gideon, S., Sitorus, F., &

- Hikmawan, O. (2022). Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Baku Limbah Sayuran/ Buah di Lingkungan I, Kelurahan Namo Gajah Kecamatan Medan Tuntungan, Medan. *Jurnal Pengabdian Ilmiah Dan Teknologi*, 1, 17–33.
<https://dx.doi.org/xxxx>
- Subagyo, R., & Muliadi, D. (2017). Kaji Eksperimental Hidrofobisitas Daun Dengan Variasi Volume Dan Bahan Droplet. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 2(2), 113–125.
<https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v2i2.41>
- Subandi. (2013). Role and Management of Potassium Nutrient for Food Production in Indonesia. *Agricultural Innovation Development*, 6(1), 1–10.
- Tambing, Y., Somba, B. E., & Nazara, W. (2023). *AGROLAND : JURNAL ILMU-ILMU PERTANIAN Tadulako PENYIRAMAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAWANG MERAH (Allium ascalonicum L .) PADA*. 30(2), 193–202.
- Tampubolon, E., Damanik, M. M., & Marpaung, P. (2018). Efek Pupuk Kandang Ayam dan Kapur CaCO₃ terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) pada Tanah Inceptisol Kwala Bekala. *Agroekoteknologi FP USU*, 6(1), 1–26.
- Tan, Z., Yi, Y., Wang, H., Zhou, W., Yang, Y., & Wang, C. (2016). Physical and degradable properties of mulching films prepared from natural fibers and biodegradable polymers. *Applied Sciences*, 6(5).
<https://doi.org/10.3390/app6050147>
- Thermo Nicolet. (2001). Introduction to FTIR Spectrometry. Thermo Nicolet Inc: Madison, USA.
- Trenkel. (2013). Slow and Controlled-Release and stabilized Fertilizers. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Tyas, K. P. (2023). SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/GA/POM/C SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN UREA. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

- Wang, C., Shen, Z., Hu, P., Wang, T., Zhang, X., Liang, L., Bai, J., Qiu, L., Lai, X., Yang, X., & Zhang, K. (2021). Facile fabrication and characterization of high-performance Borax-PVA hydrogel. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *101*(1), 103–113. <https://doi.org/10.1007/s10971-021-05584-0>
- Wardani, A. H., & Zainuri, M. (2019). Pengaruh Variasi Massa SiO₂ Terhadap Sudut Kontak dan Transparansi Pada Lapisan Hydrophobic. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *7*(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.34769>
- Welch, E. B., & Lindell, T. (1992). *Ecological Effects of Wastewater* (Second, Issue 112). Taylor & Francis. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203038499>
- Yuan, L., Ren, L., Tian, X., Huang, Z., Xiao, Y., Wei, S., & Wang, Z. (2016). Investigation on polyvinyl-alcohol-based rapidly gelling hydrogels for containment of hazardous chemicals. *RSC Advances*, *6*(75), 71425–71430. <https://doi.org/10.1039/c6ra14032g>
- Zhang, M., & Zhao, X. (2020). Alginate hydrogel dressings for advanced wound management. *International Journal of Biological Macromolecules*, *162*, 1414–1428. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.311>
- Zhang, X., Wei, Y., Guo, H., Feng, H., Yang, Y., Lu, Y., Wei, Y., Su, J., Ben, Y., Yuan, J., Liu, X., & Xu, Y. (2024). Metal organic framework and the bamboo Charcoal composite for sensitive and selective detection of dopamine. *Results in Chemistry*, *7*(September 2023), 101386. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101386>
- Zulkifli. (2018). Uji Pupuk KCL DAN BOKASI GULMA TERHADAP PRODUKSI TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays saccharata* Sturt) KCL and Bokashi Gulma Fertilizer Experiment to Production Sweet Corn (*Zea mays Saccharata* Sturt). *Jurnal Dinamika Pertanian*, *XXXIV*(April), 19–26.