

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL  
PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK  
NUTRIEN KALIUM KLORIDA**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
di bidang Kimia



Disusun oleh:  
Diah Indriati  
NIM 1902673

**PROGRAM STUDI KIMIA PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2023**

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL  
PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK  
NUTRIEN KALIUM KLOORIDA**

Oleh:

Diah Indriati

1902673

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

© Diah Indriati 2023

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 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

DIAH INDRIATI

SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL  
PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK  
NUTRIEN KALIUM KLORIDA

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

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 berjudul **“SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK NUTRIEN KALIUM KLORIDA”** adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan plagiarisme atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku pada masyarakat keilmuan. 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, 27 Agustus 2023

Yang membuat persetujuan



Diah Indriati  
NIM. 190267

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, karunia, juga kesehatan dari-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa, selawat serta salam tercurahkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan juga umatnya hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT karena pertolongannya penelitian dan skripsi yang berjudul “SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA HIDROGEL PVA/*Premna oblongifolia* Merr./GA/CHARCOAL SEBAGAI CRF UNTUK NUTRIEN KALIUM KLORIDA” dapat selesai dilakukan dengan sebaik mungkin. 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 sangat berharap skripsi ini dapat meningkatkan wawasan dan kontribusi bagi penulis sendiri, pembaca, maupun peneliti selanjutnya dalam bidang kimia. Banyak sekali kekurangan yang ada pada penelitian ini, diharapkan adanya pemberian kritik dan saran yang bersifat membangun dari pihak lain guna untuk perbaikan dan penyempurnaannya

Bandung, 27 Agustus 2023

Penulis,



Diah Indriati  
NIM. 1902673

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan pada Allah SWT karena Rahmat dan karunianya penulisan skripsi ini dapat selesai tepat waktu.

Penulis menyadari tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini tidak akan terwujud. Dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua, terimakasih telah memberikan doa, nasihat, dan dukungan secara penuh untuk penulis selama menempuh Pendidikan ini, Gelar sarjana ini penulis persembahkan untuk kalian.
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan terbaik untuk kelancaran skripsi penulis. Terima kasih untuk semua waktu, ilmu, dukungan, dan masukan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.
3. Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan terbaik kepada penulis. Terimakasih atas waktu dan masukan yang bermanfaat.
4. Ibu dan bapak dosen, laboran, serta staf Prodi Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan banyak ilmu, kesempatan, dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan pada jenjang sarjadi di Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI.
5. Dita Ayu, Irene Sofianty, dan Kanthi Pawening Tyas selaku satu kelompok riset hidrogel yang terus membantu penulis dalam melakukan penelitiannya.
6. Annisa Rizky dan Thyta Medina yang telah bersedia untuk membantu berdiskusi disaat ada kesulitan serta saling memberikan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan.
7. Serta semua pihak terlibat yang telah banyak membantu secara langsung maupun tidak dan tidak dapat disebutkan satu per satu terima kasih banyak.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang lebih baik atas segala amalan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis, Aamiin.

## ABSTRAK

Penyisipan CNT ke dalam matriks hidrogel PVA/POM/GA (PPG) mampu menambah kekuatan sifat mekanik dan kemampuan akomodasi terhadap air. Namun, harganya yang tinggi penggunaan CNT untuk kepentingan praktis pengembangan CRF menjadi kurang menjanjikan sehingga dicari material lain yang memberikan sifat gel relatif sama dengan harga murah dan memungkinkan untuk dikembangkan menjadi CRF pertanian. Selain kelas CNT terdapat *bio-charcoal*, yang pada tingkat tertentu memiliki sifat yang serupa yaitu mampu terdispersi baik didalam gel. Secara praktis *charcoal* (C) memberikan peluang lebih besar karena kemudahannya dalam pembuatan dan harganya yang murah. Tujuan penelitian ini adalah menentukan komposisi optimum *charcoal* sebagai pengganti CNT terhadap matrik hidrogel, menentukan karakteristik material dan uji performa hidrogel hasil sintesis baik sebelum atau sesudah ditambahkan *charcoal* sebagai CRF untuk nutrient KCl. Pada sintesis PPG digunakan perbandingan 1:1:1 dan terdapat penambahan CNT sebanyak 7 mL. Berdasarkan parameter *swelling ratio*, volume C sebanyak 1 mL memberikan kondisi paling optimum (SR 509,6%). Karakterisasi gugus fungsi hidrogel terlihat adanya perubahan intensitas serapan pada gugus fungsi O – H, C – H  $sp^3$ , C = O, dan C – O saat penambahan CNT dan *charcoal*. Karakterisasi morfologi menunjukkan hidrogel PPG-C memiliki pori lebih kecil dari PPG-CNT. Karakterisasi jarak antar lapisan menunjukkan 0,4535 nm PPG-C1 dan 0,4413 nm PPG-CNT. Kemampuan hidrofilisitas menunjukkan bahwa PPG-C1 > PPG-CNT > PPG. PPG-C1 memiliki *swelling ratio* yang hampir sama dengan PPG-CNT (509,6% dan 534,7%). PPG-C memiliki *water retention* lebih besar dari PPG-CNT. Kajian sorpsi menunjukkan *loading behavior* KCl oleh PPG-C1 lebih lambat dari PPG-CNT, dan *release* KCl dari dalam PPG-C1 lebih cepat dari PPG-CNT.

**Kata kunci:** *Controlled-release fertilizer*, CNT, *Charcoal*, GA, PVA, POM, KCl

## ABSTRACT

The preparation of CNT into the PVA/POM/GA (PPG) hydrogel matrix was able to increase the strength of the mechanical properties and low ability to air. However, the high use of CNTs for practical purposes in CRF development has become less promising, so we are looking for other materials that provide relatively the same gel properties at low prices and make it possible to develop them into agricultural CRFs. Apart from the CNT class, there are bio-charcoal, which to a certain extent have similar properties, namely being able to disperse well in gel. Practically charcoal (C) provides greater opportunities because of its ease of manufacture and low price. The aim of this research is to determine the optimum composition of charcoal as a substitute for CNT in the hydrogel matrix, determine the characteristics of the material and test the performance of the synthesized hydrogel either before or after adding charcoal as CRF for KCl nutrition. In the PPG synthesis, a ratio of 1:1:1 was used and 7 mL of CNT was added. Based on the development ratio parameters, a C volume of 1 mL provides the most optimal conditions (SR 509.6%). Characterization of the hydrogel functional groups shows that there is a change in the absorption intensity of the O-H, C-H  $sp^3$ , C=O, and C-O functional groups when CNT and charcoal are added. Morphological characterization shows that PPG-C hydrogel has smaller pores than PPG-CNT. Characterization of the interlayer distance shows 0.4535 nm PPG-C1 and 0.4413 nm PPG-CNT. The hydrophilicity ability shows that PPG-C1 > PPG-CNT > PPG. PPG-C1 has almost the same swelling ratio as PPG-CNT (509.6% and 534.7%). PPG-C has greater water retention than PPG-CNT. Sorption studies show that the KCl loading behaviour by PPG-C1 is slower than PPG-CNT, and the release of KCl from PPG-C1 is faster than PPG-CNT.

**Keywords:** *Controlled-release fertilizer, CNT, Charcoal, GA, PVA, POM, KCl*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Struktur Organisasi Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Controlled-Release Fertilizer</i> (CRF) .....	5
2.2 Hidrogel .....	6
2.3 Ikatan Silang (crosslinker) .....	8
2.4 Bahan Baku Hidrogel .....	9
2.4.1 Polivinil Alkohol (PVA) .....	9
2.4.2 <i>Premna oblongifolia</i> Merr (POM) .....	11
2.4.3 Glutaraldehida sebagai <i>crosslinker</i> .....	13
2.4.4 <i>Carbon Nanotubes</i> (CNT) .....	14
2.4.5 <i>Charcoal</i> .....	14
2.5 Pupuk KCl .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Tahap Penelitian .....	17

3.3.1 Preparasi Prekursor Hidrogel .....	18
3.3.2 Sintesis Hidrogel PPG dan PPG-CNT .....	20
3.3.3 Optimasi Sintesis Hidrogel PPG- <i>Charcoal</i> .....	21
3.3.4 Pencucian Hidrogel .....	21
3.3.5 Karakterisasi Hidrogel .....	21
3.3.6 Uji Performa Hidrogel .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Sintesis Hidrogel PPG dan PPG-CNT .....	25
4.2 Optimasi Penambahan <i>Charcoal</i> pada Hidrogel .....	29
4.3 Tahap Pencucian Hidrogel .....	30
4.4 Karakterisasi Hidrogel .....	35
4.4.1 Interaksi Gugus Fungsi pada Hidrogel XRD .....	35
4.4.2 Penentuan Morfologi Hidrogel .....	37
4.4.3 Penentuan Jarak Antar Lapisan Hidrogel .....	39
4.4.4 Penentuan Sudut Kontak Hidrogel .....	40
4.5 Uji Performa Hidrogel PPG, PPG-CNT, dan PPG- <i>Charcoal</i> .....	42
4.5.1 <i>Swelling Ratio</i> .....	42
4.5.2 <i>Water Retention</i> .....	44
4.5.3 <i>Loading and Release Behaviour</i> .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ilustrasi fungsi dan kegunaan CRF .....	5
<b>Gambar 2.3</b> Ilustrasi sintesis hidrogel .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme reaksi polimer PVA dengan glutaraldehyd .....	8
<b>Gambar 2.5</b> Struktur (a) Vinil alkohol dan (b) Monomer PVA .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Struktur dan reaksi PVA/GA/pektin .....	12
<b>Gambar 2.7</b> Struktur glutaraldehyda .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Bagan alir tahapan penelitian .....	18
<b>Gambar 4.1</b> Larutan PVA teknis (a) 2%; (b) 5%; dan (c) 5% .....	25
<b>Gambar 4.2</b> Sintesis hidrogel PVA/GA setelah dilepaskan dari cetakan .....	26
<b>Gambar 4.3</b> (a) Proses pengeringan daun; (b) Simplisia POM; dan (c) Proses ekstraksi POM .....	27
<b>Gambar 4.4</b> (a) Hidrogel PVA/GA/POM 1) basah 2) kering; dan (b) Hidrogel PVA/POM/GA 1) basah 2) kering .....	27
<b>Gambar 4.5</b> Dispersi MWCNT dalam grafena oksida .....	28
<b>Gambar 4.6</b> (a) Hidrogel PPG dan (b) Hidrogel PPG-CNT .....	29
<b>Gambar 4.7</b> Serbuk <i>charcoal</i> 70 mesh .....	29
<b>Gambar 4.8</b> Hidrogel PPG-Charcoal (a) 1 mL; (b) 3 mL; (c) 5 mL; (d) 7 mL; dan (e) 9 mL .....	30
<b>Gambar 4.9</b> Proses pencucian hidrogel .....	31
<b>Gambar 4.10</b> Kurva konduktivitas dan pH terhadap waktu (a) hidrogel PPG dan (b) hidrogel PPG-CNT .....	31
<b>Gambar 4.11</b> Hidrogel Kering a) Sebelum pencucian dan b) Setelah pencucian .....	34
<b>Gambar 4.12</b> Spektra FTIR PVA/GA dan PVA .....	36
<b>Gambar 4.13</b> Spektra FTIR PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1 .....	27
<b>Gambar 4.14</b> Foto <i>surface</i> dan <i>cross-section</i> area (SEM) .....	38
<b>Gambar 4.15</b> Difraktogram X-ray hidrogel PPP, PPG-CNT, dan PPG-C .....	39
<b>Gambar 4.16</b> Sketsa <i>setup</i> alah untuk pengambilan gambar WCA .....	40
<b>Gambar 4.17</b> Hasil perhitungan WCA dengan ImageJ .....	41
<b>Gambar 4.18</b> Sudut kontak air pada permukaan berbeda-beda .....	41

<b>Gambar 4.19</b> Kurva pengukuran <i>swelling ratio</i> optimasi penambahan <i>charcoal</i> pada hidrogel PPG .....	42
<b>Gambar 4.20</b> Kurva pengukuran <i>swelling ratio</i> hidrogel PPG, PPG-CNT, dan PPG-C1 .....	43
<b>Gambar 4.21</b> Kurva pengukuran <i>water retention</i> hidrogel .....	45
<b>Gambar 4.22</b> Set alat proses <i>loading</i> dan <i>release behavior</i> .....	46
<b>Gambar 4.23</b> Grafik <i>loading</i> nutrient pada hidrogel .....	47
<b>Gambar 4.24</b> Grafik <i>release</i> nutrien dari hidrogel .....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sifat kimia PVA .....	10
<b>Tabel 2.2</b> Kandungan <i>Premna oblongifolia Merr</i> .....	11
<b>Tabel 3.3.3</b> Optimasi volume <i>charcoal</i> pada hidrogel PPG .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Tabel pengukuran ketebalan hidrogel setelah proses pencucian .....	35
<b>Tabel 4.2</b> Spektra FTIR hidrogel .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Hasil perhitungan nilai <i>d spacing</i> .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data Perhitungan.....	58
<b>Lampiran 2</b> Data Pencucian .....	60
<b>Lampiran 2</b> Data Uji Performa.....	68
<b>Lampiran 4</b> Data Uji Karakterisasi .....	79
<b>Lampiran 5</b> Dokumentasi Penelitian .....	84

## DAFTAR PUSTAKA

- Afshar, M., Dini, G., Vaezifar, S., Mehdikhani, M., & Movahedi, B. (2020). Preparation and characterization of sodium alginate/polyvinyl alcohol hydrogel containing drug-loaded chitosan nanoparticles as a drug delivery system. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101530>
- Ahmad, D., van den Boogaert, I., Miller, J., Presswell, R., & Jouhara, H. (2018). Hydrophilic and hydrophobic materials and their applications. Dalam *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* (Vol. 40, Nomor 22, hlm. 2686–2725). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1511642>
- Akhtar, M. F., Hanif, M., & Ranjha, N. M. (2016). Methods of synthesis of hydrogels ... A review. Dalam *Saudi Pharmaceutical Journal* (Vol. 24, Nomor 5, hlm. 554–559). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2015.03.022>
- Alfy, M. N. T., & Handoyo, T. (2022). Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk KCl Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 85–97. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i1.431>
- Aryani, F., Mardiana, F., Teknologi Pertanian, J., & Pertanian Negeri Samarinda, P. (2019). *INDONESIAN JOURNAL OF LABORATORY APLIKASI METODE AKTIVASI FISIKA DAN AKTIVASI KIMIA PADA PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA (Cocos nucifera L)* (Vol. 1, Nomor 2). Online.
- Aslam, M., Kalyar, M. A., & Raza, Z. A. (2018). Polyvinyl alcohol: A review of research status and use of polyvinyl alcohol based nanocomposites. Dalam *Polymer Engineering and Science* (Vol. 58, Nomor 12, hlm. 2119–2132). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/pen.24855>
- Atmanto, D., & Ambarwati, N. S. S. (2021). Application of activated charcoal from coconut shell waste for the manufacture of skin lightening creams and the mechanism of the process. *AIP Conference Proceedings*, 2331. <https://doi.org/10.1063/5.0044371>
- Batista, J. V. D. C., Matos, A. P. S., Oliveria, A. P., Ricci Júnior, E., Freitas, Z. M., Oliveira, C. A., Toma, H. K., Capella, M. A. M., Rocha, L. M., Weissenstein, U., Baumgartner, S., & Holandino, C. (2022). Thermoresponsive hydrogel containing viscum album extract for topic and transdermal use: Development, stability and cytotoxicity activity. *Pharmaceutics*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14010037>
- Chintapalli, M., Timachova, K., Olson, K. R., Mecham, S. J., Devaux, D., Desimone, J. M., & Balsara, N. P. (2016). Relationship between Conductivity, Ion Diffusion, and

- Transference Number in Perfluoropolyether Electrolytes. *Macromolecules*, 49(9), 3508–3515. <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.6b00412>
- Cholant, C. M., Rodrigues, M. P., Peres, L. L., Balboni, R. D. C., Krüger, L. U., Placido, D. N., Flores, W. H., Gündel, A., Pawlicka, A., & Avellaneda, C. O. (2020). Study of the conductivity of solid polymeric electrolyte based on PVA/GA blend with addition of acetic acid. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 24(8), 1867–1875. <https://doi.org/10.1007/s10008-020-04605-2>
- Cruz, M., Fernandes, K., Cysneiros, C., Nassar, R., & Caramori, S. (2015). Improvement of starch digestion using  $\alpha$ -amylase entrapped in pectin-polyvinyl alcohol blend. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/145903>
- Das, D., Prakash, P., Rout, P. K., & Bhaladhare, S. (2021). Synthesis and Characterization of Superabsorbent Cellulose-Based Hydrogel for Agriculture Application. *Starch/Staerke*, 73(1–2). <https://doi.org/10.1002/star.201900284>
- Devi, L., & Gaba, P. (2019). Hydrogel: An updated primer. Dalam *Journal of Critical Reviews* (Vol. 6, Nomor 4). Innovare Academics Sciences Pvt. Ltd. <https://doi.org/10.22159/jcr.2019v6i4.33266>
- Front Matter. (2021a). Dalam *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture* (hlm. iii). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819555-0.01001-3>
- Gaaz, T. S., Sulong, A. B., Kadhum, A. A. H., Al-Amiery, A. A., Nassir, M. H., & Jaaz, A. H. (2017). The impact of halloysite on the thermo-mechanical properties of polymer composites. Dalam *Molecules* (Vol. 22, Nomor 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules22050838>
- Gintu, A. R., Puspita, D. D., Rimayanto Gintu, A., Puspita, D., Biologi, M., Biologi, F., Kristen, U., Wacana, S., & Diponegoro, J. (t.t.). SINTESIS DAN KARAKTERISASI CARBON NANOTUBE (CNT) DARI ARANG KAYU JATI SERTA PEMANFAATANNYA SEBAGAI BAHAN AKTIF ANTIBAKTERI. *Universitas Kristen Satya Wacana*, 5(2).
- Guo, L., Ma, W. Bin, Wang, Y., Song, X. Z., Ma, J., Han, X. D., Tao, X. Y., Guo, L. T., Fan, H. L., Liu, Z. S., Zhu, Y. B., & Wei, X. Y. (2020). A chemically crosslinked hydrogel electrolyte based all-in-one flexible supercapacitor with superior performance. *Journal of Alloys and Compounds*, 843. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155895>
- Hendrawan, H., Aziz, H. A., Haryati, N., & Khoerunnisa, F. (2023). Poly(vinyl alcohol)/Premna Oblongifolia Merr. Extract/Glutaraldehyde/Carbon Nanotube (VOGC)-Based Composite Hydrogel: A Potential Candidate for Controlled-Release Materials. *ChemistryOpen*, 12(2). <https://doi.org/10.1002/open.202200239>
- Hendrawan, H., 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>

Hendrawan, H., Khoerunnisa, F., Zulfa Maulidah, F., & Tua Gultom, N. (2021). PERMEATION OF POTASSIUM CHLORIDE FROM ITS SOLUTION INTO DEIONIZED WATER THROUGH POLY-(VINYL ALCOHOL) / GLUTARALDEHYDE / *Premna oblongifolia* Merr MEMBRANE. Dalam *Journal of Engineering Science and Technology* (Vol. 16, Nomor 4).

Huhtamäki, T., Tian, X., Korhonen, J. T., & Ras, R. H. A. (2018). Surface-wetting characterization using contact-angle measurements. *Nature Protocols*, 13(7), 1521–1538. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0003-z>

International Fertilizer Industry Association. (1992). *IFA world fertilizer use manual*. International Fertilizer Industry Association.

Jian, W., & Lau, D. (2020). Understanding the effect of functionalization in CNT-epoxy nanocomposite from molecular level. *Composites Science and Technology*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108076>

Karim, A. A., Kumar, M., Singh, E., Kumar, A., Kumar, S., Ray, A., & Dhal, N. K. (2022). Enrichment of primary macronutrients in biochar for sustainable agriculture: A review. Dalam *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* (Vol. 52, Nomor 9, hlm. 1449–1490). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1859271>

Kariuki, S., & Drwalp, H. D. (t.t.). *Review Evaluation of Diffusion Coefficients of Metallic Ions in Aqueous Solutions*.

Khoerunnisa, F., Hendrawan, Sonjaya, Y., & Hasanah, R. D. (2018). Electrically conductive nanocomposites polymer of poly(Vinyl alcohol)/glutaraldehyde/multiwalled carbon nanotubes: Preparation and characterization. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(3), 383–389. <https://doi.org/10.22146/ijc.26620>

Klein, M., & Poverenov, E. (2020). Natural biopolymer-based hydrogels for use in food and agriculture. Dalam *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 100, Nomor 6, hlm. 2337–2347). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10274>

Lawrencia, D., Wong, S. K., Low, D. Y. S., Goh, B. H., Goh, J. K., Ruktanonchai, U. R., Soottitantawat, A., Lee, L. H., & Tang, S. Y. (2021). Controlled release fertilizers: A review on coating materials and mechanism of release. Dalam *Plants* (Vol. 10, Nomor 2, hlm. 1–26). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>

Luo, D., Guo, L., Wang, Y., Wang, P., & Chang, Z. (2020). Novel synthesis of PVA/GA hydrogel microspheres based on microfluidic technology. *Journal of Flow Chemistry*, 10(3), 551–562. <https://doi.org/10.1007/s41981-020-00101-w>

- Ma, S., Wang, S., Li, Q., Leng, Y., Wang, L., & Hu, G. H. (2017). A Novel Method for Preparing Poly(vinyl alcohol) Hydrogels: Preparation, Characterization, and Application. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56(28), 7971–7976. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b01812>
- Madduma-Bandarage, U. S. K., & Madihally, S. V. (2021). Synthetic hydrogels: Synthesis, novel trends, and applications. Dalam *Journal of Applied Polymer Science* (Vol. 138, Nomor 19). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/app.50376>
- Milani, P., França, D., Balieiro, A. G., & Faez, R. (2017). Polymers and its applications in agriculture. *Polimeros*, 27(3), 256–266. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.09316>
- More, S. M., Kulkarni, R. V., Sa, B., & Kayane, N. V. (2010). Glutaraldehyde-crosslinked poly(vinyl alcohol) hydrogel discs for the controlled release of antidiabetic drug. *Journal of Applied Polymer Science*, 116(3), 1732–1738. <https://doi.org/10.1002/app.31627>
- Nagarkar, R., & Patel, J. (2019). *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences (ISSN: 2581-5423) Polyvinyl Alcohol: A Comprehensive Study*.
- Nurdin, S. U., Le Leu, R. K., Young, G. P., Stangoulis, J. C. R., Christophersen, C. T., & Abbott, C. A. (2017). Analysis of the anti-cancer effects of cincau extract (*Premna oblongifolia* merr) and other types of non-digestible fibre using faecal fermentation supernatants and Caco-2 cells as a model of the human colon. *Nutrients*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/nu9040355>
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., Muftaudeen, T. K., Swaray, S., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. Dalam *Horticulturae* (Vol. 8, Nomor 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070605>
- Oryan, A., Kamali, A., Moshiri, A., Baharvand, H., & Daemi, H. (2018). Chemical crosslinking of biopolymeric scaffolds: Current knowledge and future directions of crosslinked engineered bone scaffolds. Dalam *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 107, Nomor PartA, hlm. 678–688). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.184>
- Rajan, M., Shahena, S., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Controlled release of fertilizers—concept, reality, and mechanism. Dalam *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture* (hlm. 41–56). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819555-0.00003-0>
- Ramli, R. A. (2019). Slow release fertilizer hydrogels: A review. Dalam *Polymer Chemistry* (Vol. 10, Nomor 45, hlm. 6073–6090). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c9py01036j>

- Shen, Y., Wang, H., Liu, Z., Li, W., Liu, Y., Li, J., Wei, H., & Han, H. (2021). Fabrication of a water-retaining, slow-release fertilizer based on nanocomposite double-network hydrogels via ion-crosslinking and free radical polymerization. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 93, 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.10.014>
- SOUMARE, A., SARR, D., & DIÉDHIU, A. G. (2023). Potassium sources, microorganisms and plant nutrition: Challenges and future research directions. *Pedosphere*, 33(1), 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.025>
- STAMI SPECIALTIES sustaining the future CONTROLLED-RELEASE FERTILIZER DESIGN WITH PURACTIVE™ TECHNOLOGY The complete package for a smart and future-proof fertilizer solution.* (t.t.).
- Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., Qin, R., Noulas, C., Sathuvalli, V., Charlton, B., & Loka, D. A. (2021). Potassium: A vital macronutrient in potato production—a review. Dalam *Agronomy* (Vol. 11, Nomor 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030543>
- Trenkel, M. E., & Impr. Point 44). (2010). *Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers : an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture*. IFA, International fertilizer industry Association.
- Vedadghavami, A., Minooei, F., Mohammadi, M. H., Khetani, S., Rezaei Kolahchi, A., Mashayekhan, S., & Sanati-Nezhad, A. (2017). Manufacturing of hydrogel biomaterials with controlled mechanical properties for tissue engineering applications. Dalam *Acta Biomaterialia* (Vol. 62, hlm. 42–63). Acta Materialia Inc. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2017.07.028>
- Wu, S., Hua, M., Alsaid, Y., Du, Y., Ma, Y., Zhao, Y., Lo, C. Y., Wang, C., Wu, D., Yao, B., Strzalka, J., Zhou, H., Zhu, X., & He, X. (2021). Poly(vinyl alcohol) Hydrogels with Broad-Range Tunable Mechanical Properties via the Hofmeister Effect. *Advanced Materials*, 33(11). <https://doi.org/10.1002/adma.202007829>
- Zhang, W., Singh, R., Wang, Z., Li, G., Xie, Y., Jha, R., Marques, C., Zhang, B., & Kumar, S. (2023). Humanoid shaped optical fiber plasmon biosensor functionalized with graphene oxide/multi-walled carbon nanotubes for histamine detection. *Optics Express*, 31(7), 11788. <https://doi.org/10.1364/oe.486844>