

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA GRANULA
BATUAN LUMPUR-KAPUR BERLAPIS HIDROGEL BERBAHAN
POLIVINIL ALKOHOL, BORAT, DAN KITOSAN SEBAGAI MATERIAL
CRF DENGAN NUTRIEN KCI**

SKRIPSI

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



Oleh :
Novi Nurjanah
1800922

PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2022

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA GRANULA
BATUAN LUMPUR-KAPUR BERLAPIS HIDROGEL BERBAHAN
POLIVINIL ALKOHOL, BORAT, DAN KITOSAN SEBAGAI MATERIAL
CRF DENGAN NUTRIEN KCI**

Oleh
Novi Nurjanah

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

© Novi Nurjanah

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

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

LEMBAR PENGESAHAN

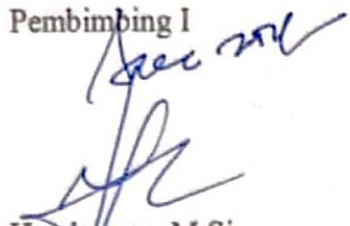
**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI PERFORMA GRANULA BATUAN
LUMPUR-KAPUR BERLAPIS HIDROGEL BERBAHAN POLIVINIL ALKOHOL,
BORAT, DAN KITOSAN SEBAGAI MATERIAL CRF DENGAN NUTRIEN KCI**

Novi Nurjanah

1800922

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

Pembimbing II



Hafiz Aji Aziz, M.Sc.

NIP. 920200419930502101

Mengetahui,

Kepala Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

ABSTRAK

Penyerapan pupuk yang tidak tepat dapat mengakibatkan hilangnya nutrisi yang berada dalam tanah oleh tanaman tidak terserap dan terbawa oleh air kemudian ke sungai yang pada akhirnya akan meningkatkan pencemaran lingkungan. Salah satu solusi potensial untuk masalah ini adalah pemanfaatan pupuk lepas terkontrol (CRF). CRF merupakan pupuk generasi baru yang diproduksi dengan cara melapisi granula yang mengandung nutrisi dengan biopolimer yang dapat terdegradasi. Pada umumnya matriks yang sering digunakan dalam CRF adalah hidrogel. Pada penelitian ini digunakan granula batuan lumpur – kapur – KCl berlapis hidrogel PVA/Borat/Kitosan dengan tujuan mensintesis granula berlapis PVA/Borat/Kitosan; mengetahui karakteristiknya melalui uji FTIR, SEM, dan XRF; dan mengetahui kinerja performanya melalui uji ketebalan, *swelling ratio*, *water retention*, dan *release behavior*. Hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa spektra PVA/Borat/Kitosan memiliki bentuk yang mirip dengan PVA juga PVA/Borat, menunjukkan bahwa penambahan kitosan tidak membuat jaringan hidrogel yang dihasilkan kehilangan gugus fungsi. Hasil karakterisasi dengan SEM terhadap membran hidrogel PVA/Borat dan PVA/Borat/Kitosan (1 mL dan 3 mL) cenderung homogen dengan sedikit agregat putih pada permukaan hidrogel. Sedangkan citra SEM granula batuan lumpur mengindikasikan struktur yang berpori. Hasil uji XRF pada batuan lumpur, menunjukkan kandungan beberapa unsur hara makro dan mikro, serta tidak terdeteksinya unsur-unsur toksik. Analisis ketebalan pada membran menunjukkan hasil bahwa membran PVA/Borat lebih tebal dibandingkan membran PVA/Borat/Kitosan. Kemampuan granula tanpa pelapis dalam menyerap air memiliki nilai *water absorption* sebesar 36,87%. Granula dengan pelapis hidrogel PVA/Borat/Kitosan (1 mL) satu pelapisan memperoleh hasil *swelling ratio*, *water retention* dan *release behavior* tertinggi. Sedangkan hasil kinetika *swelling* mengikuti orde 2 dan hasil kinetika *release* mengikuti orde 1.

Kata kunci : Granula batuan lumpur-kapur-KCl; Hidrogel; Pelapisan; PVA/Borat/Kitosan.

ABSTRACT

Improper absorption of fertilizers can cause environmental pollution due to the remaining nutrients carried away by water and into the river. One potential solution to this problem is controlled release fertilizers (CRF). CRF is a new generation of fertilizer produced by coating nutrient-containing granules with biodegradable biopolymers. In general, the matrix that is often used in CRF is a hydrogel. This study used granules of mud – lime – KCl coated with PVA/Borate/Chitosan hydrogel to synthesize PVA/Borate/Chitosan-coated granules; determine its characteristics through FTIR, SEM, and XRF tests; and determine its performance through thickness measurement, swelling ratio, water retention, and release behavior. Characterization with FTIR showed that the PVA/Borate/Chitosan spectra had a similar shape to PVA and PVA/Borate, which means the addition of chitosan did not make the hydrogel network lose functional groups. Characterization by SEM on the PVA/Borate and PVA/Borate/Chitosan hydrogel membranes (1 mL and 3 mL) tended to be homogeneous with a small amount of white aggregate on the hydrogel surface. In comparison, the SEM image of mudstone granules displayed a porous structure. XRF test results on mudstone revealed the content of several macro and micronutrients with no toxic elements detected. The thickness analysis on the membrane showed that the PVA/Borate membrane was thicker than the PVA/Borate/Chitosan membrane. Granules without coating had a water absorbency value of 36.87%. In one layer, granules with PVA/Borate/Chitosan hydrogel coating (1 mL) had the highest swelling ratio, water retention, and release behavior. Meanwhile, the result of swelling kinetics followed the second order, and the release kinetics followed the first order.

Keywords: Mud-lime-KCl stone granules; Hydrogel; Coating; PVA/Borate/Chitosan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pupuk.....	7
2.1.1 Pupuk KCl.....	7
2.2 Controlled-release fertilizer (CRF).....	8
2.3 Hidrogel.....	9
2.4 Granula	10
2.4.1 Batuan Lumpur	12
2.4.2 Kapur Tohor (CaO).....	12
2.5 Polivinil Alkohol (PVA)	13
2.6 Crosslinker.....	15
2.7 Kitosan.....	17
2.8 Polimer Blending.....	19
2.9 Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	19
2.10 Scanning Electron Microscope (SEM).....	20

2.11 Analisis X-ray Fluoresensi (XRF).....	21
2.12 <i>Swelling Ratio</i>	22
2.13 <i>Water Retention</i>	23
2.14 <i>Release Behavior</i>	24
BAB III	25
METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3. Bagan Alir Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1 Preparasi Bahan	28
3.4.2 Preparasi Hidrogel	29
3.4.3 Uji Karakterisasi	30
3.4.4 Pengujian Peforma.....	31
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Sintesis Granula Batuan Lumpur – Kapur – KCl dan Pelapisan Granula dengan larutan hidrogel PVA/Borat ; PVA/Borat/Kitosan (1ml) ; PVA/Borat/Kitosan (3ml).....	33
4.1.1 Sintesis Granula Batuan Lumpur – Kapur – KCl	33
4.1.2 Pelapisan Granula Batuan Lumpur – Kapur – KCl dengan larutan hidrogel PVA/Borat ; PVA/Borat/Kitosan (1ml) ; PVA/Borat/Kitosan (3ml)	34
4.2 Sintesis Hidrogel PVA/Borat/Kitosan.....	35
4.3 Uji Karakterisasi Hidrogel PVA/Borat/Kitosan dengan spektrofotometer FTIR	38
4.4 Uji Karakterisasi Hidrogel PVA/Borat/Kitosan dan Granula Batuan Lumpur- Kapur- KCl dengan SEM	40
4.5 Uji Karakterisasi Batuang Lumpur dengan XRF	42
4.6 Uji Ketebalan Membran Hidrogel PVA/Borat dan PVA/Borat/Kitosan.....	44
4.7 Uji <i>Swelling Ratio</i> (<i>Water Absorbency</i>) Granula Batuang Lumpur – Kapur – KCl berlapis Hidrogel PVA/Borat dan PVA/Borat/Kitosan	46
4.8 Uji <i>Water Retention</i> Granula Batuang Lumpur – Kapur – KCl berlapis Hidrogel PVA/Borat/Kitosan	50

4.9 Uji Release Behavior Granula Batuan Lumpur – Kapur– KCl berlapis hidrogel PVA/Borat /Kitosan	52
BAB V.....	56
KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeen & Saeed. (2016). *Kinetics and Mechanism of pH Responsive Cationic Desorption from Poly(vinyl alcohol)-Borate Hydrogel*. Department of Chemistry, University of Karachi, Karachi 75270, Pakistan
- Akhtar, M.F., Hanif, M., Ranjha, N. M. (2016). *Methods of hydrogel ... A Review*, Saudi, Pharmaceutical Journal, Volume 24, Issue 5, Pages 554-559.
- Aphin. (2012). *Prakarya dari Tanah Liat*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Arie, dkk. (2013). *Sintesis dan Karakterisasi Polimer Blend Poli Butilen Suksinat/Poli Etilen Tereftalat*. Jakarta : Balai Besar Kimia dan Kemesan.
- Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z. B., Basit, A., & Thanh, T. H. (2014). *Review On Materials and Methods to Produce Controlled Release Coated Urea Fertilizer*. Journal of Controlled Release , 11-21.
- Aziz. (2010). *Metode Penelitian Keperawatan dan Teknik Analisa Data*. Jakarta : Salemba Medika
- Berger, Reist, Mayer, Felt, Peppas and Gurny. (2004). "Structure and Interaction in Covalently and Ionically Crosslinked Chitosan Hydrogels for Biomedical Applications". Review article. Eur J. Pharm Biopharm. Vol. 57(5):19-34.
- Boynton S. Robert. (1999). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, 2nd.ed. John Willey and Sons, Inc.
- Bunyamin, Ricky. (2017). *Pengaruh Kompos Jerami Padi Yang Diperkaya Dan Pemupukan Kalium Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata sturt.)*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Chen, G. et al. (2018). *Review Microglia in Pain : Detrimental and Protective Roles in Pathogenesis and Resolution of Pain*, Neuron, 100(6), pp 1292-1311. doi:10.1016/j.neuron.2018.11.009.
- Chen, M., Li, Z., Huang, P., Li, X., Qu, J., Yuan, W., and Zhang, Q., 2018. *Mechanochemical Transformation of Apatite to Phosphoric Slow-Release Fertilizer and Soluble Phosphate*. Process Safety and Environmental Protection 144, 91-96. doi: 10.1016/j.psep.2017.12.008
- Chu, B. S., Baharin, B. S., Man, Y. B. C., & Quek, S. Y. (2004). *Separation of vitamin E from palm fatty acid distillate using silica . III . Batch desorption study*. 64, 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00198-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00198-5)
- C. Sheng, Y. Zhou, J. Lu, X. Zhang, G. Xue, *Preparation and characterization of chitosan based hydrogels chemical cross-linked by oxidized cellulose nanowhiskers*, *Polym. Compos.* 40 (2018) 2432–2440.
- Day, R.A dan Underwood. (2004). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi VI*. Jakarta: Erlangga
- Darwin, H.P, Sarno dan Rizqi, K.S. 2016. *Pengaruh Pemberian Dosis KNO₃ Terhadap Pertumbuhan, Produksi Dan Serapan Kalium Tanaman Jagung Manis(Zea mays saccharata Sturt)*. Agrotrop,7(1):1-10.
- Dewanto, Frobel G, dkk. 2013. *Pengaruh Pemupukan Anorganik dan Organik terhadap Produksi Tanaman Jagung sebagai Sumber Pakan*. Jurnal Zootek ("Zootek" Journal), Vol.32, No. 5.

- Dina Fransiska dan Ahmad Reynaldi. (2020). *Karakteristik Hidrogel Dari Iota Karaginan dan PVA (Poly-Vinyl Alcohol) Dengan Metode Freezing-Thawing Cycle*. Jambura Fish Processig Journal Vol.1. DOI:<https://doi.org/10.37905/jfpj.v1i1.4503>.
- D.K. Patel, S.D. Dutta, K. Ganguly, K.-T. Lim, *Multifunctional bioactive chitosan/cellulose nanocrystal scaffolds eradicate bacterial growth and sustain drug delivery*, Int. J. Biol. Macromol. 170 (2021) 178–188.
- Douglass, F.J., Francis, K.S., & John, R.S. (2005). *Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting*. *Forest Ecology and Management*, 214, 28–39.
- D. Qiao, H. Liu, L. Yu, X. Bao, G.P. Simon, E. Petinakis, L. Chen, *Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer*, Carbohydr. Polym. 147 (2016) 146–154.
- Erizal & Sunarni, A. (2007). *Sintesis Hidrogel Superabsorbent Poli(Akrilamida-CO-Asam Akrilat) dengan Teknik Iradiasi dan Karakterisasinya*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 11(1): 15-21
- Fadillah, M. F. (2019). *Pembuatan Pupuk Granula CFR Berbahan Lempung dan Kajian Profil Pelepasan KCl ke dalam Media Aquadest pada Berbagai Suhu*. (Skripsi). Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Farikhin. 2016. *Skripsi. Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif*
- Fertahi, et al.,. (2021). *Recent Trends in Organic Coating Based on Biopolymers and Biomass for Controlled Slow Release Fertilizer*. *J. Control. Release* 330,341-361.
- Fitri, I. (2016). *Analisis Kandungan Mineral Logam Singkapan Batuan Dikawasan Pertambangan Mangan Desa Kumbewaha Kecamatan Siotapina Kabupaten Buton Dengan Menggunakan Metode X-RF*. Hasil Penelitian Universitas Haluoleo. Kendari. Skripsi Universitas Haluoleo.
- Hadisoewignyo L. dan Fudholi A., (2013). *Sediaan Solida*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Han, J., Lei, T., and Wu, Q. (2014). *High-Water-Content Mouldable Polyvinyl Alcohol-Borax Hydrogels reinforced by Well-Dispersed Cellulose Nanoparticles: Dynamic rheological Properties and Hydrogel Formation Mechanism*. *Carbohydrate Polymers*, 102 (2014) 306– 316.
- Harjadi. W., 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Gramedia. Jakarta
- Haryanto. (2016). *Hydrogel for Wound Dressing and Anti Adhesion Barrier*. IRRECOMS LPPM-LPIP-Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Hassan, C.M. & N. A. Peppas. (2000). *Structure and Morphology of Freeze/Thawed PVA Hydrogel*, *Macromolecules, School of Chemical Engineering* . Purdue University, West Lafayette. Indiana. 33;2472
- Haweel, C. K. & Saad H. Ammar. (2008). *Preparation of Polyvinyl Alcohol from Local Raw Material*. University of Baghdad.
- Hendrawan, Khoerunnisa, F., Sonjaya, Y., & Chotimah, N. (2016). *Physical and chemical characteristics of alginate-poly (vinyl alcohol) based controlled release hydrogel*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4): 4863-4869.

- Huang, Q. Z., S.M. Wang., J.F. Huang., L.H. Zhuo., & Y.C. Ghuo. (2007). *Study on The Heterogeneous Degradation of Chitosan with Hydrogen Peroxide under The Catalyst of Phosphotungstic Acid Carbohydrate Polymers*, 68 (4): 761-765.
- Indri, P.A. (2021). *Permeasi Kalium Klorida ke Dalam Media Aqueous Melalui Membran Hidrogel PVA Borat Pada Berbagai pH* (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Isroi. (2009). *Pupuk Organik Granul, Sebuah Petunjuk Paraktis*, Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor.
- Gassa, A., dan Jahuddin, R. 2009. *Evaluasi Kinerja dan Pengembangan beberapa Spesies Semut yang Berpotensi sebagai Agens Pengendali Hayati terhadap Penggerek Buah Kakao (Conopomorpha cramerella Snell.)*.http://unhas.ac.id/lppm/index.php?option=com_content&view=article&id=82:bidang-ilmu-pertanian&catid=35:abstrak-2009&Itemid=63.
- Jie, et al. (2003). *Polyvinyl Alcohol/polyvinyl Pyrrolidone Interpenetrating Polymer Network: Synthesis and Pervaporation Properties*. Journal of Applied Polymer Science. Vol.89, 2808-2814.
- Kaban, Jamura. (2009). *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang dihasilkan*. Medan : USU Press.
- 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>.
- Kirboga, S., Oner, M. (2013). *Effect of the Experimental Parameters on Calcium Carbonate Precipitation*. Chemical Engineering Transactions, Vol. 32, ISSN: 1974-9791. Italia : AIDIC.
- Latip, R. A., Baharin, B. S., Man, Y. B. C., & Rahman, R. A. (2001). *Effect of Adsorption and Solvent Extraction Process on the Percentage of Carotene Extracted from Crude Palm Oil*
- Leiwakabessy, F.M dan A. Sutandi. 2004. *Pupuk dan Pemupukan (TNH)*. Bogor: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian (IPB).
- Liang, R., Liu, M., & Wu, L. (2007). *Preparation of superabsorbent slow release nitrogen fertilizer by inverse suspension polymerization*. Polimer Internasional. 2007;56:729-737.
- Li J, Xing X, Li J, Shi M, Lin A, et al. (2018). *Preparation of thiol-functionalized activated carbon from sewage sludge with coal blending for heavy metal removal from contaminated water*. Environmental pollution 234:677-83
- Lingga dan Marsono. 2006. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lu, P., Zhang, Y., Jia, C., Li, Y., & Mao, Z. (2016). *Use of Polyurea from Urea for Coating*. Springer Plus , 1-6.
- L. Zeman and T. Fraser. (1993). *Formation of air-cast cellulose acetate membranes. Part I. Study of macrovoidformation*. J. Membrane Sci., 84.93-106.
- Maitra, J., & Shukla, V. K. (2014). *Crosslinking in Hydrogels – a Review*. American Journal of Polymer Science, 25-31 4(2)

- Markovic and Visakh. (2017). *Cellulose Based Rubber Nanocomposites*. Pages 17-33
- Ma'ruf, M.T. & Siswomihardjo, Widowati & Soesatyo, M.H.N.E. & Tontowi, Alva. (2015). *Effect of Glutaraldehyde as a Crosslinker on Mechanical Characteristics of Catgut Reinforced Polyvinyl Alcohol-Hydroxyapatite composite as Bone-Fracture Fixation*. *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*. 10. 6359-6364.
- Masrukan, dkk. (2007). *STUDI KOMPARASI HASIL ANALISIS KOMPOSISI PADUAN ALMGSII DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK X - RAY FLUOROCENCY (XRF) DAN EMISSION SPECTROSCOPY*. *Jurnal Batan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*. Volume 13 (3) nomor 109- 110 tahun 2007). Hlm 1.
- Matsumura, S. (2005). *Mechanism of Biodegradation. Didalam. Biodegradable Polymers for Industrial Applications*. R. Smith. CRC Press, New York.
- Mielenz, R.C., King, M.E. *Physical-Chemical Properties and Engineering Performance of Clays*. *Clays Clay Miner.* 1, 196–254 (1952). <https://doi.org/10.1346/CCMN.1952.0010122>
- Mudasir dan Candra, M. (2008). *Spektrometri*. Yogyakarta: Penerbit FPMIPA UGM.
- Mulchandani, N., N. Shah, and T. Mehta. (2017). *Synthesis of ChitosanPolyvinyl Alcohol Copolymers for Smart Drug Delivery Application*, *Polymers & Polymer Composites*, 25; 241-246
- M. Riswan. (2014). "Pembuatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot dengan Variasi NaOH Pada Tahap Deasetilasi." *Laporan Akhir Diploma III*, Politeknik Sriwijaya, Indonesia.
- Mulyani, Mul Sutedjo.(1999). *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Naz, F., Saher, N.U., And Kama, M. (2016). *Genetic Diversity Of The Portunus Sanguinolentus (Herbst, 1783) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) In Indo West Pacific Region Based On Mitochondrial Dna 16s Gene*, *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 25 (1&2), 59-68.
- Nikham, F. Yoshii., dan K. Makuuchi. (2000). *Studi Perbandingan Degradasi Secara Enzimatik Campuran CPP/BIONOLLE dan CPP/PCL dengan Modic. Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*.
- Nooeaid, P., Chuysinuan, P., Pitakdantham, W., Aryuwananon, D., Techasakul, S., and Dechtrirat, D. (2020). *Eco-Friendly Polyvinyl Alcohol/Polylactic Acid Core/Shell Structured Fibers as Controlled-Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*. *Journal of Polymers and the Environment*.
- Pandey A. and Singh P., 2011, *Antibacterial activity of Syzygium aromaticum (clove) with metal ion effect against food borne pathogens*, *Asian Journal of Plant Science and Research*, 1 (2), 69–80.
- Parida, U.K., A.K Nayak, B.K Binhani, and P. L. Nayak. (2011). *Synthesis and Characterization of ChitosanPolyvinyl Alcohol Blended with Cloisite 30B for Controlled Release of the Anticancer Drug Curcumin*, *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2; 414-425
- Pettijohn, F. J. 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper and Row Limited. New York
- Purwatiningsih, S., Wukirsari, T. Sjahriza, A., & Wahyono, D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. IPB Press. Bogor

- Putri, A. D. (2013). *Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Kinerja Biohidrogel Berbahan Dasar DYT-PVA dengan Crosslinker Glutaraldialdehid. (Skripsi)*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- 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
- Putri, dkk. (2018). *Teknik Blended : Prinsip dan Dasar-Dasar*. Indonesia : FPMIPA Universitas Negeri Padang.
- Rachel, et al.,. (2015). *Effect of Crosslinking Agen Concentration on Properties of Unmedicated Hydrogel*. *Pharmaceutics*. 7:305-319.
- Robinson, I. D. (1964). *Swelling of Coated Gelatin-Silver Bromide Emulsions*. *Photographic Science Engineering*, 8:220-224
- Roshanravan, B., Soltani, S. M., Rashid, S. A., Mahdavi, F., & Yusop, M. K. (2015). *Enhancement of Nitrogen Release Properties of Urea-Kaolinite Fertilizer With Chitosan Binder*. *Chemical Speciation and Bioavailability* , 44–51.
- Sang, Z., Zhang, W. Q., Zhou, Z. Y., Fu, H. K., Tan, Y. Q., Sui, K. Y., Xia, Y. Z. (2017). *Functionalized alginate with liquid-like behaviors and its application in wet-spinning*. *Carbohydrate Polymers*, 174, 933–940.
- Schechter. (1997). *Online Remote Prediction Of Gasoline*. Brazil : Ana Chim
- Schott, H. (1992). *Kinetics of Swelling of Polymers and Their Gels*. *Journal of Pharmaceyrical Science*, 81:467-470.
- Song W. et al. (2018). *Lipocalin-Like Prostaglandin D Synthase but Not - Hemopoietic Prostaglandin D Synthase Deletion Causes Hypertension and Accelerates Thrombogenesis in Mice*. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*:425-432.
- Sucipto, E. (2007). *Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru*. Semarang : Universitas Diponegoro
- Sujatno et al.,. (2017). *STUDI SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) UNTUK KARAKTERISASI PROSES OXIDASI PADUAN ZIRKONIUM*. DOI: <http://dx.doi.org/10.17146/jfn.2015.9.1.3563>
- Suratha, I. K. (2015). *Krisis Petani Berdampak pada Ketahanan Pangan di Indonesia*. *Media Komunikasi Geografi*, 16(1)
- Tang, Y., Pang, L., and Wang, D. (2017). *Preparation and Characterization of Borate Bioactive Glass Cross-Linked PVA Hydrogel*. *Journal of Non-Crystalline Solids*.
- Teofilovic, V. Pavlicevic, J. Bera, O. Jovicic, M. Simendic, J.B. Szecsenyi, K.M. Arogus, A. (2013). *Preparation and Thermal Properties of Chitosan/Bentonite Composite Beads*. Serbia : University of Novi Sad.
- Tudorachi et al.,. (2000). *Polymer Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as Biodegradable Polymeric Materials*. Biological Research Institute.

- 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.
- Utami, D. N. (2018). *Kajian Jenis Mineralogi Lempung dan Implikasinya Dengan Gerakan Tanah*. Jurnal Alami, 2(2): 2548-8635.
- Wang, Y., Zhang, F., Chu, Y., Gao, B., & Yue, Q. (2013). *The dye or humic acid water treatment and membrane fouling by polyaluminum chloride composited with sodium alginate in coagulation-ultrafiltration process*. Water Science and Technology, 67(10), 2202–2209.
- Wang, W., Zhao, Y., Bai, H., Zhang, T., Ibarra-Galvan, V., & Song, S. (2018). *Methylene blue removal from water using the hydrogel beads of poly(vinylalcohol)-sodiumalginate-chitosan-montmorillonite*. Carbohydrate Polymers, 198, 518–528
- Wang, C., Shen, Z., Hu, P., Wang, T., Zhang, X., Liang, L., and Zhang, K. (2021). *Facile Fabrication and Characterization of High-Performance Borax-PVA Hydrogel*. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 1-11.
- Wankasi, D., M. Horsfall Jnr dan A.I. Spiff. (2005). *Desorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ from Nipa Palm (Nypa fruticans Wurm) Biomass*. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (9), pp. 923-927.
- Wu, L., & Liu, M. (2008). *Preparation and Properties of Chitosan-Coated NPK Compound Fertilizer with Controlled-Release and Water-Retention*. Carbohydrate Polymers, 240–247.
- Yimin, Qin. (2016). *Applications of advanced technologies in the development of functional medical textile materials*. Medical Texting Materials
- Y.S. Puvvada, S. Vankayalapati and S. Sukhavasi. “*Extraction of chitin from chitosan from exoskeleton of shrimp for application in the pharmaceutical industry*.” International Current Pharmaceutical Journal, vol. 1(9), pp. 258-263, 2012.
- Yuliyanti, A., Sarah, D., & Soebowo, E. (2013). *Amblesan Tanah Di Daerah Semarang*. Riset Geologi Dan Pertambangan, 22, 93–104.
- Zeman, L.J., & Fraser, T. (1994). *Formation of Air-Cast Cellulose Acetate Membrans Par II. Kinetics of demixing and Microvoid Growth*. Journal of Membrane. Dokuz Eylül University.