

**PERMEASI KALIUM KLORIDA KE DALAM MEDIA *AQUEOUS*
MELALUI MEMBRAN HIDROGEL PVA-BORAT PADA BERBAGAI PH**

SKRIPSI

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



Oleh:

Indri Puji Lestari

1705677

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2021**

**PERMEASI KALIUM KLORIDA KE DALAM MEDIA *AQUEOUS*
MELALUI MEMBRAN HIDROGEL PVA-BORAT PADA BERBAGAI PH**

Oleh
Indri Puji Lestari

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

© Indri Puji Lestari
Universitas Pendidikan Indonesia
Desember 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

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

INDRI PUJI LESTARI

**PERMEASI KALIUM KLORIDA KE DALAM MEDIA *AQUEOUS*
MELALUI MEMBRAN HIDROGEL PVA-BORAT PADA BERBAGAI PH**

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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul permeasi kalium klorida ke dalam media *aqueous* melalui membran hidrogel PVA-borat pada berbagai pH ini beserta seluruh isinya adalah sepenuhnya 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 yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 23 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,

Indri Puji Lestari

NIM 1705677

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul permeasi kalium klorida ke dalam media *aqueous* melalui membran hidrogel PVA-borat pada berbagai pH. Tidak lupa, shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, para sahabatnya, serta umatnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia. Dalam penulisan skripsi ini, tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, masukan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, segala hambatan dan kesulitan dapat teratasi dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, setiap kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan demi penyempurnaan materi skripsi ini di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 23 Desember 2021

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar sarjana. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat dan umatnya hingga akhir zaman. *Aamiin ya Rabbal 'alamin*.

Selama penelitian dan penyusunan skripsi ini, tidak lepas dari bimbingan, masukan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Ibu Een Rohaeni dan Bapak Dadi Supriyadi, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si selaku pembimbing I sekaligus Ketua Departemen Pendidikan Kimia yang telah membimbing, membagikan banyak ilmu, saran, dan motivasi selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
3. Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc selaku pembimbing II yang telah membimbing, membagikan banyak ilmu, saran, dan motivasi selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
4. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku pembimbing akademik sekaligus Ketua Program Studi Kimia yang telah membimbing, membagikan banyak ilmu, memberikan dukungan, nasihat, motivasi serta doa kepada penulis selama proses studi.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Laboran Departemen Pendidikan Kimia yang telah banyak membagi ilmu, motivasi, dorongan serta memberikan pelayanan terbaik kepada penulis selama proses studi.
6. Seluruh rekan-rekan kimia angkatan 2017, khususnya rekan-rekan kimia 2017-D dan KBK kimia lingkungan yang telah kebersamai penulis selama proses studi.
7. Ahmad Mauludin dan Luckyta Ramadhanty selaku rekan penelitian yang telah banyak membantu dan kebersamai selama penelitian.
8. Hanifah Pauziah, Putri Kusuma Wardhani, Riska Nur Pratiwi, Anita Indri Apriliani, dan Silvia Wulan Sari selaku sahabat yang selalu memberi

dukungan, motivasi, serta menjadi tempat untuk berbagi dan saling menguatkan.

9. Semua pihak yang telah membantu penulis hingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis.

Bandung, 23 Desember 2021

Penulis

ABSTRAK

Pupuk merupakan hal yang sangat penting untuk kebutuhan pertanian, tetapi tidak semua unsur hara pada pupuk dapat terserap oleh tanaman melainkan ada beberapa bagian yang hilang disebabkan larut, menguap, serta adanya proses kimia seperti hidrolisis atau dirusak oleh mikroorganisme. Untuk meningkatkan efektivitas penyerapan nutrisi tanaman, teknologi *controlled release fertilizer* (CRF) telah diperkenalkan dan diaplikasikan pada bidang pertanian. Pada umumnya matriks yang sering digunakan dalam CRF ialah hidrogel. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk, mensintesis membran hidrogel PVA-borat, mengetahui karakteristik membran hidrogel PVA-borat, serta mengetahui pengaruh pH lingkungan terhadap *swelling ratio* dan laju permeasi pada membran hidrogel PVA-borat. Pada penelitian ini dilakukan (1) sintesis membran hidrogel PVA-borat; (2) karakterisasi membran hidrogel PVA-borat dengan spektrofotometer FTIR; (3) uji *swelling ratio* membran hidrogel PVA-borat pada berbagai pH, yaitu pH 6, 7 dan 8; (4) uji permeasi KCl melalui membran hidrogel PVA-borat pada pH 6, 7 dan 8. Membran hidrogel PVA-borat hasil sintesis berbentuk lembaran dengan ketebalan 0,11 mm. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa spektrum antara PVA dan membran hidrogel PVA-borat memiliki kemiripan, dimana borat sebagai *crosslinker* memberikan interaksi fisik terhadap jaringan *crosslinking* PVA-borat dan tidak disertai adanya penambahan atau hilangnya gugus fungsi. Pengujian *swelling ratio* dan permeasi menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka *swelling* semakin besar dan laju permeasinya semakin cepat.

Kata kunci: membran hidrogel, PVA-borat, permeasi, pH.

ABSTRACT

Fertilizer is very important for plant growth, but not all nutrients in fertilizer can be absorbed by plants but there are some parts that are lost due to dissolving, evaporation, and chemical processes such as hydrolysis or being damaged by microorganisms. To increase the effectiveness of plant nutrient absorption, controlled release fertilizer (CRF) technology has been introduced and applied to agriculture. In general, the matrix that is often used in CRF is hydrogel. Therefore, this study aimed to synthesize the PVA-borate hydrogel membrane, to determine the characterization of the PVA-borate hydrogel membrane, and to determine the effect of environmental pH on the swelling ratio and permeation rate of the PVA-borate membrane. In this study, (1) the synthesis of PVA-borate hydrogel membrane; (2) characterization of PVA-borate hydrogel membrane by FTIR spectrophotometer; (3) swelling ratio test of PVA-borate hydrogel membrane at pH 6, 7 and 8; (4) KCl permeation test through PVA-borate hydrogel membrane at pH 6, 7 and 8. The synthetic PVA-borate hydrogel membrane was in the form of a sheet with a thickness of 0.11 mm. FTIR characterization showed that the spectrum between PVA and PVA-borate hydrogel membrane was similar, which means that borate as a crosslinker provides physical and chemical interactions to the PVA-borate crosslinking network, but is not accompanied by the addition or loss of functional groups. The swelling ratio and permeation test showed that the environmental pH had a significant effect on the swelling ratio and the permeation rate of the PVA-borate hydrogel membrane. The higher the pH of the environment, the hydrogel will swell bigger and the permeation rate will be faster.

Keywords: *hydrogel membrane, PVA-borate, permeation, pH*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMAKASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Unsur Hara Tanaman	5
2.2. Pupuk dan <i>Controlled Release Fertilizer</i>	6
2.3. Hidrogel	7
2.4. Polivinil Alkohol (PVA)	10
2.5. <i>Crosslinker</i>	11
2.6. Membran dan Permeasi	13
2.7. <i>Swelling Ratio</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian	16
3.4.1 Tahap Preparasi	17
3.4.2 Tahap Sintesis Hidrogel PVA/Borat	18

3.4.3 Pengujian Struktur/Gugus Fungsi (FTIR)	18
3.4.4 Pengujian <i>Swelling Ratio</i>	19
3.4.5 Uji Permeasi.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Sintesis Membran Hidrogel PVA-borat	20
4.2. Uji Karakterisasi FTIR Membran PVA-borat	21
4.3. Uji <i>Swelling Ratio</i> Membran Hidrogel PVA-borat	23
4.4. Uji Permeasi Membran Hidrogel PVA-borat.....	25
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1. Simpulan	28
5.2. Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Vinil Alkohol	10
Gambar 2. 2 Proses Sintesis PVA.....	11
Gambar 2. 3 Reaksi Crosslinking PVA-borat	13
Gambar 2. 4 Proses Permeasi Membran	14
Gambar 3. 1 Prosedur sintesis membran hidrogel PVA/Borat.....	17
Gambar 3. 2 Prosedur karakterisasi, uji swelling ratio serta permeasi membran hidrogel PVA/borat.....	17
Gambar 4. 1 (a) gel PVA-borat sebelum di keringkan, (b) hidrogel PVA-borat setelah dicetak dan dikeringkan.....	21
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR PVA dan hidrogel PVA-borat	22
Gambar 4. 3 Spektrum FTIR PVA dan PVA-borat	23
Gambar 4. 4 Grafik swelling ratio hidrogel PVA-borat pada berbagai pH	24
Gambar 4. 5 Grafik laju permeasi KCl melalui membran PVA-borat pada pH 6, 7 dan 8.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Uji <i>Swelling</i> pada pH 6.....	42
Tabel 3. 2 Uji <i>Swelling</i> pada pH 7.....	42
Tabel 3. 3 Uji <i>Swelling</i> pada pH 8.....	43
Tabel 4. 1 Uji Permeasi pada pH 6.....	44
Tabel 4. 2 Uji Permeasi pada pH 7.....	45
Tabel 4. 3 Uji Permeasi pada pH 8.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan.....	36
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi dengan FTIR.....	39
Lampiran 3. Tabel Data Uji <i>Swelling Ratio</i>	42
Lampiran 4. Tabel Data Uji Permeasi.....	44
Lampiran 5. Dokumentasi.....	48

DAFTAR PUSTAKA

- AAPFCO, (1997), Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO), Official Publication No. 50, T-29, AAPFCO Inc., West Lafayette, Indiana, USA.
- Adi S. H. (2012). Teknologi Nano Untuk Pertanian: Aplikasi Hidrogel untuk Efisiensi Irigasi. *Jurnal Sumberdaya Laha* , 6(1): 1-8.
- Ayuningtyas, F. (2012). *Pembuatan dan Karakterisasi Beads Hidrogel dari Berbagai Polier Sebagai Media Tanam*. (Skripsi). Program Studi Paralel Departemen Farmasi, Universitas Indonesia, Depok.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Indikator Pertanian 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- Bajpai, A. K., & Giri, A. (2002). Swelling dynamics of a macromolecular hydrophilic network and evaluation of its potential for controlled release of agrochemicals. *Reactive and Functional Polymers*, 53(2-3), 125-141.
- Catyandaru, D. H. (2017). *Sintesis Hidrogel Poli (vinil alkohol)-Glutaraldehyd (pva-ga) dan Kajian Perilaku Pelepasan Kalium Klorida dari Hidrogel ke dalam Media Aquades*. (Skripsi). Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Cong, Z., et al. (2010). Evaluation of Waterborne Coating for Controlled-Release Fertilizer Using Wurster Fluidized Bed. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49 (20), 9644 - 9647.
- Dini, R. I. (2017). *Pengaruh Penambahan Polieetilen Glikol Diakrilat Terhadap Karakteristik Hidrogel Film Untuk Aplikasi Pembalut Luka*. (Skripsi). Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Djamaan, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Penyalut Bioblend PS/PCL Terhadap Pelepasan Zat Aktif Urea Granul. *Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 158.
- Duncan, B., et al. (2005). Review of Measurement and Modelling of Permeation and Diffusion in Polymers (pp. 1744-0270). Middlesex, UK: National Physical Laboratory.

- Endro Suseno, J., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang bangun spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk penentuan kualitas susu sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23-28.
- Erizal. (2008). *Karakteristik Swelling Superabrosbent Poli (akrilamida) Hidrogel Hasil Iradiasi*. Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta.
- 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 (1), 21 – 28.
- Erizal, E., & Redja, I. W. (2010). Sintesis Hidrogel Superabsorben Polietilen Oksida-Alginat dengan Teknik Radiasi Gamma dan Karakterisasinya. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(1), 11-17.
- Fadhil, A. (2012). *Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel Poli (N-Vinil Kaprolaktam) Terikat Silang dengan Teknik Polimerisasi Radikal Bebas*. (Skripsi), Program Studi Kimia, Universitas Indonesia.
- 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.
- Felasih, E. (2010). Pemanfaatan selulosa bakteri-polivinil alkhohol (PVA) hasil iradiasi (Hidrogel) sebagai matriks topeng masjer wajah.
- Grusak, M. A. (2001). Plant Macro- and Micronutrient Minerals. *Encyclopedia of Life Sciences*, 1972, 1–5. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001306>
- Gulrez, S. K., Al-Assaf, S., & Phillips, G. O. (2011). Hydrogels: methods of preparation, characterisation and applications. *Progress in molecular and environmental bioengineering-from analysis and modeling to technology applications*, 117-150.
- 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.
- Gunadi, N. (2009). Kalium sulfat dan kalium klorida sebagai sumber pupuk kalium pada tanaman bawang merah. *Jurnal Hortikultura*, 19(2).
- Harmaen, A. S., et al. (2016). Thermal, Morphological, and Biodegradability Properties of Bioplastic Fertilizer Composites Made of Oil Palm Biomass, Fertilizer, and Poly (Hydroxybutyrate-co-valerate). *International Journal of Polymer Science*, 2016, 1 – 8.
- Hasibuan, R. A. (2020). Biomikrokomposit Hidrogel Interpenetrasi Berbasis Polivinil Alkohol dan Poli Asam Akrilat dengan Pengisi Mikrokrystal Selulosa (Avisel PH101) Sebagai Polimer Absorben.
- Hendrawan, et al. (2016). Physical and Chemical Characteristics of Alginate-Poly (Vinyl Alcohol) based Controlled Release Hydrogel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4 (4), 4863 – 4869.
- Jamnongan, T. dan Kawepiriron, S. (2010). Controlled release fertilizer based on chitosan hidrogel: phosphorus release kinetic. *Science journal UBU*, hlm 43-50.
- Jarosiewicz, A., & Tomaszewska, M. (2003). Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (2), 413 – 417.
- Kalhpure A, Kumar R, Singh VP, Pandey D. 2016. Hydrogels : a boon for increasing agricultural productivity in water – stressed environment. *Current Science. General Articles*. 111(11):1773 - 1779.
- Khairunnisa, S. (2019). *Permeasi Kalium Klorida Melalui Membran Hidrogel Poli (vinil alkohol)/Glutaraldehyd Termodifikasi Ekstrak Mesona plarustis B. Pada Berbagai Ketebalan Sebagai Aplikasi CRF* (Skripsi). Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia.

- Kozanoglu, S., et al. (2011). Polymerization of N-Vinylcaprolactam and Characterization of Poly (N-Vinylcaprolactam). *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and applied chemistry*, 2(3), hlm. 467 – 477.
- Manna, U., & Patil, S. (2009). Borax mediated layer-by-layer self-assembly of neutral poly (vinyl alcohol) and chitosan. *The Journal of Physical Chemistry B*, 113(27), 9137-9142.
- Manullang, M. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Hidrogel Berbasis Polivinil Alkohol dengan Pengisi Mikrobentonit.
- Marin, E., Rojas, J., & Ciro, Y. (2014). A review of polyvinyl alcohol derivatives: Promising materials for pharmaceutical and biomedical applications. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 8(24), 674-684.
- Maryam, A., dkk. (2008). Pengaruh Jenis Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Sayuran di dalam Netheuse. Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, 4 – 12.
- Melaj, M. A., & Daraio, M. E. (2013). Preparation and characterization of potassium nitrate controlled release fertilizers based on chitosan and xanthan layered tablets. *Journal of Applied Polymer Science*, 130 (4), 2422 - 2428.
- Muthoharoh SP, 2012. *Sintesis Polimer Superabsorben Dari Hidrogen Kitosan Terikat Silang*. [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia, Program Sarjana.
- Panchal, N., Patel, D., & Shah, N. (2017). Synthesis of Hydrogels. In *4th International Conference on Multidisciplinary Research & Practice (4ICMRP-2017)*.
- Perwitasari. (2012). Jurnal Karakterisasi Invitro dan Invivo Komposit Alginat-Polivinil Alkohol- ZnO Nano sebagai Wound Dressing Antibakteri. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Rahmawati, N. A. R. S. (2011). *Oksidasi Lanjut dan Filtrasi Membran Keramik Untuk Penyisihan Besi, Mangan, Amonia, dan Linear Alkylbenzene Sulfonate*

- dari Air Tanah*. (Tesis). Program Studi Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Universitas Indonesia.
- Ramli, R. A. (2019). Slow release fertilizer hydrogels: a review. *Polymer Chemistry*, 10(45), 6073-6090.
- RSC Education. (2016). PVA Polymer Slime. [Online] tersedia di edu.rsc.org (diakses 16 Desember 2021)
- Sannino, A., Demitri, C., & Madaghiele, M. (2009). Biodegradable cellulose-based hydrogels: design and applications. *Materials*, 2(2), 353-373.
- Schacht, E., Gevaert, A., Molly, K., Verstraete, W., Adriaensens, P., Carleer, R., & Gelan, J. (1996). Polymers for colon specific drug delivery. *Journal of controlled release*, 39(2-3), 327-338.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia.
- Shalumon, K. T. (2010). Sodium Alginat/ Polyvinyl Alcohol/ Nano ZnO Composite Nanofibers for Antibacterial Wound Dressing. *Elevesier: Internatinal Journal of Biological Macromolecules* 49 (2011) 247-254.
- 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.
- Spoljaric, S., Salminen, A., Luong, N. D., & Seppälä, J. (2014). Stable, self-healing hydrogels from nanofibrillated cellulose, poly (vinyl alcohol) and borax via reversible crosslinking. *European Polymer Journal*, 56, 105-117.
- Subandi, S. (2013). Role and management of potassium nutrient for food production in Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 6(1), 30881.
- Ullah, F., et al. (2015). Classification, Processing and Application of Hydrogels: A Review. *Materials Science and Engineering: C*, 57, 414 – 433.
- Wang, C., Shen, Z., Hu, P., Wang, T., Zhang, X., Liang, L., ... & Zhang, K. (2021). Facile fabrication and characterization of high-performance Borax-PVA hydrogel. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 1-11.

- Wang YT, Greg LL. 1990. Hydrophilic polymers - their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115: 943–948.
- Wirjosentono,B. 1995. Perkembangan Polimer di Indonesia. Orasi Ilmiah Lustrum Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Xing R, Liu K, Jiao T, Zhang N, Ma K, Zhang R, Zou Q, Ma G, Yan X. (2016). An Injectable Selfassembling Collagen-Gold Hydrid Hydrogel For Combinatorial Antitumor Photothermal/Photodynamic Therapy. *Adv Mater*, 28, 3669-3676,
- Zohuriaan-Mehr, M.J. and Kabiri, K. (2008). Superabsorbent Polymer Materials: A Review. *Iranian Polymer Journal* 17(6): 451