

LAPORAN PENELITIAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SUPERABSORBENT POLYMER (SAP) ASAM AKRILAT – KITOSAN DENGAN INISIATOR AMONIUM PERSULFAT DAN AGEN PENGIKAT SILANG N’N METILENEBISAKRILAMIDA (MBA).



Di Susun Oleh :

DIMAS PRASETYO

(3335180014)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Dimas Prasetyo

NIM : 3335180014

JURUSAN : Teknik Kimia

JUDUL : Sintesis dan Karakterisasi Superabsorbent Polymer (SAP)
Asam Akrilat – Kitosan dengan Inisiator Amonium Persulfat
dan Agen Pengeriat Silang N'N Metilenebisakrilamida
(MBA)

Bersedia

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali telah disebutkan sumbernya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 13 Februari 2025


METERAI
TEMPEL
6ADE6AMXJ63364210
Dimas Prasetyo

Laporan Penelitian

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SUPERABSORBENT POLYMER (SAP) ASAM
AKRILAT - KITOSAN DENGAN INISATOR AMONIUM PERSULFAT DAN AGEN
PENGIKAT SILANG N,N'- METILENEBISAKRILAMIDA (MBA)**

disusun oleh:

DIMAS PRASETYO

(3335180014)

Telah disetujui oleh dosen pembimbing dan telah dipertahankan di hadapan

Dewan penguji

Pada tanggal :12 Oktober 2023

Dosen pembimbing



Dhenia Ria Barleany, S.T, M.eng

NIP. 198203152005012002

Dosen Penguji I



Prof.Dr.Ir. Eka Sari, Asean Eng

NIP. 197406072003122001

Dosen Penguji II



M. Triyogo Adiwibowo, ST., MT

NIP. 199010022019031013



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**

Dr. Heri Heriyanto, ST., M.Eng

NIP. 197510222005011002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul **“Sintesis dan krakterisasi *supersorbent polymer* (SAP) asam akrilat-kitosan dengan inisiator amonium persulfat dan agen pengikat silang N,N'-metilenebisakrilamida (MBA)”** dengan baik. Selesainya penyusunan proposal penelitian ini tidak lepas dari bantuan, support, arahan dan bimbingan banyak pihak. oleh sebab itu penulis ingin sampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Jayanudin, S.T, M.Eng. selaku ketua jurusan teknik kimia yang telah membuat kebijakan dalam kurikulum sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Ibu Dr. Rahmayetti, S.T, M.T selaku koordinator penelitian yang telah membuat sistem penelitian sehingga penelitian ini bisa diselesaikan oleh kami.
3. Ibu Dhena Ria Barleany, S.T, M.eng. selaku dosen pembimbing penelitian yang telah meluangkan waktu untuk membimbing selama proses penelitian ini.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan nasihat, do'a, dan dukungan moril maupun materil untuk penulis dalam menuntut ilmu, sehingga penyusunan proposal penelitian ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari sempurna, penyusun sangat terbuka menerima kritik dan saran yang membangun. sehingga kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun agar dijadikan sebagai bahan evaluasi. Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas kepada pembaca.

Cilegon, Oktober
2023

Penulis

ABSTRAK

Superabsorbent Polymer (SAP) adalah bahan yang dapat menyerap cairan lebih dari 100 kali berat keringnya sendiri. Salah satu polimer yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku SAP adalah asam akrilat dan kitosan. Asam akrilat (AA) adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang dalam bentuk ioniknya ($-C-OO^-$) mempunyai afinitas yang besar terhadap air, dan paling populer dipakai sebagai bahan dasar SAP yang digabungkan dengan kitosan, berdasarkan hipotesis bahwa kitosan yang dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi polimer superabsorben. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan produk SAP dari bahan asam akrilat dengan penambahan kitosan dan mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap rasio swelling, fraksi gel dari produk SAP yang dihasilkan. Prosedur penelitian ini dimulai dengan dilarutkan asam akrilat dengan netralisasi KOH, dan larutan kitosan dengan inisiator amonium persulfat masing-masing dalam aquadest. Kemudian dicampurkan larutan asam akrilat netralisasi dan larutan kitosan yang sudah di inisiator dan di aduk dengan menggunakan magnetik stirer selama 3 jam pengadukan dengan suhu $65 - 80^{\circ}C$ kemudian dicetak kedalam cawan petri dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam. Sampel SAP di buat dengan variasi kitosan (0,5 %, 2% dan 4%) dan sebagai variabel bebas dan variabel tetapnya meliputi, konsentrasi asam asetat ($1\%^{w/v}$), KOH ($7,8^{gr}$) konsentrasi asam akrilat (100 % sebanyak 15 ml). Dan nilai terbaik yang diperoleh untuk sintesis SAP pada penambahan kitosan terdapat pada sampel SAP 1 kitosan 4% dengan analisa swelling ratio sebesar $159,92\text{ g/g}$ fraksi gel tertinggi sebesar 86%.

Kata Kunci: *KOH, MBA, Kitosan, Superabsorbent Polymer, Swelling Ratio*

DAFTAR ISI

LAPORAN PENELITIAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Superabsorbent Polymer.....	4
2.1.1 Teknis Sintesis.....	5
2.1.2 Jenis SAP.....	8
2.1.3 Komposit SAP.....	8
2.2 N’N BISAKRILAMIDA	9
2.3 Asam Akrilat	10
2.4 Aplikasi SAP	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Tahapan Penelitian	13
3.1.1 Pembuatan Larutan Kitosan dan Inisiator Amoiom Persulfat.....	13
3.1.2 Pembuatan SAP dari Asam Akrilat Ternetralisasi KOH	13
3.2 Prosedur penelitian	14
3.3 Alat dan Bahan	15
3.4 Alat	15
3.5 Bahan	15
3.6 Variabel Penelitian	15
3.7 Metode Pengumpulan dan Analisa Data.....	16
3.7.1 Uji Daya Serap Superabsorbent polymer (Swelling)	16
3.7.2 Fraksi Gel	16

3.7.3	FTIR (Fourier Transform Infrared)	16
3.7.4	SEM (Scanning Electron Microscopy).....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		18
4.1	Produk SAP	18
4.2	Fraksi gel	18
4.3	Analisa Daya Serap Air (<i>Swelling Ratio</i>)	20
4.4	Scanning Electron Microscope (SEM).....	23
4.5	Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).....	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		27
5.1	Kesimpulan.....	27
5.2	Saran	27
DAFTAR PUSTAKA		28

DAFTAR TABEL

<u>Tabel 1.</u> Kode sampel SAP 1, SAP 2 dan SAP 3	16
<u>Tabel 2.</u> Kapasitas penyerapan saat setimbang (Q_e) dan konstanta laju dari dua model kinetika swelling.	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme Hidrasi Polimer Superabsorben (Soo Cheong Chang, 1999).	5
Gambar 2. Struktur molekul N.N' - Metilenbisakrilamida	9
Gambar 3. Struktur kimia asam akrilat	11
Gambar 4. Pembuatan Larutan Kitosan dan Inisiator Amonium Persulfat	13
Gambar 5. Gambar Pembuatan SAP dari Asam Akrilat Ternetralisasi KOH dan Kitosan	14
Gambar 6. Alur terbentuknya Produk SAP	18
Gambar 7. Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap Faksi Gel SAP berbasis asam akrilat	19
Gambar 8. Grafik Pengaruh Komposisi Bahan Baku terhadap Swelling Ratio untuk SAP pada Berbagai Waktu Perendaman	20
Gambar 9. Perbandingan antara data penelitian dan perhitungan dari model kinetika swelling untuk [A] pseudo-first order dan [B] pseudo-second order	22
Gambar 10. Analisis morfologi SAP menggunakan SEM dengan berbagai perbesaran [A] 300x, [B] 500x, [C] 1000x, dan [D] 2000x	24
Gambar 11. Analisis IR untuk [A] kitosan murni, [B] superabsorbent dipreparasi dari konsentrasi kitosan 0.5% (w/v) (SAP 3), dan [C] superabsorben dari konsentrasi kitosan 4% (w/v) (SAP 1)	25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Superabsorben merupakan suatu material yang mempunyai kemampuan untuk menyerap *liquid* dalam kapasitas cukup besar, dan dapat diaplikasikan diberbagai bidang yaitu industri pertanian, pembuatan popok, perkebunan, industri makanan dan industri pertambangan. Superabsorbent polymer (SAP) atau bisa disebut hidrogel adalah rantai yang terikat secara longgar, jaringan tiga dimensi rantai polimer fleksibel yang terisolasi, gugus fungsi ionic. SAP secara efektif dapat menyerap sejumlah besar air, larutan garam, dan cairan dengan daya serap mulai 10 hingga 1000 kali dari bobot awalnya dan tidak melepas cairan tersebut (Pourjavadi dkk, 2007). SAP mempunyai kemampuan untuk menyerap air dalam jumlah yang sangat besar hingga mencapai kandungan 99% berat total dari komponen materialnya sendiri, namun komponen tersebut memiliki kelemahan dimana air yang telah terserap di dalam gel akan susah untuk dikeluarkan dan satusatunya cara untuk mengeluarkan air tersebut adalah dengan proses drying (Zhang dkk, 2012). Dengan adanya kelemahan tersebut diperlukannya solusi untuk menciptakan SAP yang dapat mengatasi kelemahan tersebut dan dapat juga meningkatkan efisiensi dari penggunaan superabsorben tersebut.

Untuk mengatasi kelemahan dari superabsorben yaitu dengan mensintesis senyawa baru yang dapat mengatasi kelemahan dari superabsorben tersebut, Banyak penelitian yang dilakukan untuk memodifikasi polimer dengan bahan lain untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dan ketahanan sifat fisiknya dengan memanfaatkan bahan-bahan alam seperti kitosan. Kitosan merupakan polimer alami yang bukan hanya terdapat secara melimpah di alam, akan tetapi juga bersifat tidak beracun dan dapat terurai di alam. Pemanfaatan kitosan pada umumnya didapatkan dari kitin melalui proses deasetilasi yang dapat membentuk hidrogel SAP melalui ikatan silang baik. Adanya gugus amino pada kitosan untuk menghasilkan sifat yang diinginkan. Selain itu, gugus hidroksil pada kitosan juga sesuai untuk meningkatkan kelarutan (Sugita et al., 2009). Asam

akrilat adalah salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan SAP. Kelebihan dari asam akrilat adalah kemampuannya untuk membentuk polimer dengan kemampuan penyerapan yang tinggi. Asam akrilat dapat direaksi menjadi polimer yang memiliki struktur cabang dan mampu menyerap dan mengikat cairan. Selain itu, asam akrilat relatif murah dan dapat diproduksi dalam skala industri. Bahan pembentuk ikatan silang memiliki peran yang penting untuk membentuk sebuah hidrogel superabsorben untuk mencegah pembubaran rantai polimer hidrofilik dalam lingkungan berair (Pourjavadi, et al., 2006)

Metode pembuatan SAP yang umum menggunakan pengikat-silang dari bahan kimia dan metode yang di gunakan salah satu bahan kimia yang digunakan adalah monomer grafting agent (MBA). MBA digunakan sebagai agen pengikat-silang yang membantu menghubungkan rantai polimer SAP sehingga meningkatkan kekuatan dan stabilitas strukturnya. Dalam proses pembuatan, asam akrilat direaksikan dengan MBA menggunakan teknik polimerisasi atau metode crosslinking untuk membentuk jaringan polimer yang lebih kuat dan stabil. Penelitian ini di lakukan dengan mensintesis kitosan dengan asam akrilat yang di netralisasi dengan KOH, dengan inisiator amonium persulfat (APS) dan N, N'-metilenbisakrilamida (MBA) sebagai agen pengikat silang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian yaitu mencari dan mengetahui perbandingan antara variasi kitosan yang terbentuk menjadi polimer SAP yang memiliki daya serap yang tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan produk SAP dari bahan asam akrilat dengan penambahan kitosan dan mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap rasio swelling, fraksi gel dari produk SAP yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini menggunakan bahan berupa asam akrilat, Metilenebisakrilamida, kitosan, KOH dan amonium persulfat dengan metode ikat silang. Penelitian ini dilakukan di laboratorium analisa COE Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu MBA, asam akrilat dan KOH dalam campuran SAP dan sedangkan variabel bebasnya adalah konsentrasi kitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.H. Saputra, M. Hapsari, A.B. Pitaloka, P. P. D. K. Wulan. 2015. *SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROGEL FROM CELLULOSE DERIVATIVES OF WATER HYACINTH (Eichhornia crassipes) THROUGH CHEMICAL CROSS-LINKING METHOD BY USING CITRIC ACID*. Journal of Engineering Science and Technology. Special Issue on SOMCHE 2014 & RSCE 2014 Conference, January (2015) 75 - 86
- Alula, G. 2018. Synthesis and Characterization of Cellulose-Based Hydrogels Using Citric Acid as a Crosslinker. Addis Ababa University
- Arco Chemical Company Fibersorb2 SA-7000. 2001. *Superabsorbent Fibers*. Technical Bulletin No. ACC OP51 7881 M. Arco Chemical Company, Newtown Square, PA.
- Asep Handaya, S., Inne, P. 2018. *Development of CMC-Based Antibacterial Hydrogel from Water Hyacinth with Silver Nanoparticle Addition*. Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Chemistry. doi.org/10.1063/1.5064316
- Athawale, VD & Lele, V. 2001. *Recent trends in hydrogels based on starch-graft-acrylic acid: A review*. Starch/Starke, 3, 7-13.
- Brown, R.M.Jr., & Saxena, I.M. 2007, *Cellulose: Molecular and Structure Biology*. Dordrecht: Springer. Hal.xiii, 89-94.
- Chatwall, G. 1995. *Spectroscopy Atomic and Molecule*.
- Choi M, Kang YR, Lim IS, Chang YH. 2018. *Structural characterization of cellulose obtained from extraction wastes of graviola (annona muricata) leaf*. Prev Nutr Food Sci;23:166e70
- Chen C, Vassallo J C, Chatterjee P K. 1985. *Synthetic and natural polymers*. In: Chatterjee P K (ed.) 1985 Absorbency. Elsevier, Amsterdam, pp. 197–216.
- Chen, J., Liu, M., Liu, H., Ma, L., Gao, C., Zhu, S., & Zhang, S. 2010. *Synthesis and properties of thermo- and pH-sensitive poly(diallyldimethylammonium chloride)/poly(N,N-diethylacrylamide) semi-IPN hydrogel*. Chemical Engineering Journal, 159(1-3), 247–256.
- Daley, R. F., And Daley, S. J. 2005. *Organic Chemistry*. www.ochem4free.com

- Dayo Gao .2003. *Superabsorbent Polymer Composite (SAPC) Materials and their Industrial and High-Tech Application*. Dissertation. Der Technischen U ät Bergakademie Fiberg University.
- Demitri, C., Del Sole, R., Scalera, F., Sannino, A., Vasapollo, G., Maffezzoli, A., Ambrosio, L., Nicolais, L. 2008. *Novel superabsorbent cellulosebased hydrogels crosslinked with citric acid*. Journal of Applied Polymer Science, 110(4), 2453–2460.
- Devine, D., Higginbotham, C. 2005. *Synthesis and characterisation of chemically crosslinked N-vinyl pyrrolidinone (NVP) based hydrogels*. European Polymer Journal, 41(6), 1272–1279.
- Dutkiewicz, JK. 2002. *Superabsorbent materials from shellfish waste-A review*. J Biomed Mater Res (Appl Biomater). 63, 373-381.
- Fengel, D & Wegener, G. 1984. Wood chemistry, ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter, Berlin.
- Gunawan, B., Azhari, C. D. 1979. *Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electro Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Etheyn Glycol (PEG)*. Surabaya: ITS
- Gomaa F. El Fawal, Marwa M. Abu-Serie, Mohamed A. Hassan, Mohamed S. Elnouby. 2018. *Hydroxyethyl cellulose hydrogel for wound dressing: fabrication, characterization and in vitro evaluation*. Polymer materials research department, dComposite and nanostructured materials research department, Advanced Technology and New Material Research Institute (ATNMRI). Scientific Research and Technological Applications City (SRTA-City), New Borg El-Arab City, 21934, Alexandria, Egypt.
- H.Kono, K.Onisi, T.Nakamura. 2013. *Characterization and bisphenol A adsorption capacity of B-Cyclodextrin-carboxymethylcellulose-based hydrogels*. Carbohydr.Polym. 98. 784-792.
- Hapsari, M. 2014. *Sintesis dan KarakteHidroGel dari Turunan Selulosa Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Melalui Metode Chemical Cross-Linking dengan Menggunakan Asam Sitrat*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Harsini, T & Susilowati. 2010. *Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosolv*, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.2 No. 2: 80-89.
- Hashem, M.; Sharaf, S.; El-Hady, M.M.; and Hebeish A. 2013. *Synthesis and characterization of novel carboxymethylcellulose hydrogels and carboxymethylcellulose-hydrogel-ZnO-nanocomposites*. Carbohydrate Polymers, 95(1), 421-427.
- Heri Heriyanto, Ikhsan Firdaus & Ana Fadilah Destiani .2015. *Pengaruh Penambahan Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dalam Pembuatan Biopolimer Superabsorben*. Jurnal Integrasi Proses Vol. 5, No. 2, 88 – 93.
- Hoffman, A. S. 2012. *Hydrogels for biomedical applications*. Advanced Drug Delivery Reviews. 64, 18–23.
- Ichikawa, T & Nakajima, T. 1996. *Superabsorptive Polymers (from natural polysaccharides and polypeptides)*. In: *Polymeric Materials Encyclopedi*. Salamone (Ed), CRC, Boca Raton (Florida), 8051-8059.
- Ilyas RA, Sapuan SM, Ishak MR. 2018. *Isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from sugar palm fibres (Arenga Pinnata)*. Carbohydr Polym ;181:1038e51.
- Indri, Rakhmawati., Cepi, K. Harjono. 2019. *Pengaruh Konsentrasi Metilenbisakrilamida dalam Sintesis Komposit Poli(Asam Akrilat)- Kaolin dan Pengujiannya sebagai Superabsorben*. Indo. J. Chem. Sci. 8 (2)
- Kazanskii KS, Dubrovskii SA. 1992. *Chemistry and physics of “agricultural” hydrogels*, Adv Polym Sci, 104, 97-140.
- Kleem, D. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry*, Volume I, Fundamental and Analytical Method, VCH Verlag, Weinheim,Wiley, Hal 1-7.
- Kulicke, W-M & Nottelmann, H. 1989. *Structure and swelling of some synthetic, semisynthetic, and biopolymer hydrogels*. Adv Chem Ser, 223, 15-44.
- L. X. Ling, L. L. Cia, and W. Yan. 2016. *“In-situ Crosslinked PVA/Organosilica Hybrid Membranes for Pervaporation Separations*. “J. of Memb. Sci., vol. 498, pp. 263-275.

- Lankinen, P. 2004. *Ligninolytic Enzymes of the Basidiomycetous Fungi Agaricus Bisporus And Phlebia Radiata on Lignocelullose-Containing Media*. Helsinki.
- Mark Elliot. 1997. *Superabsorbent Polymers*. BASF Product Development Scientist.
- Masfria, Muchlisyam, Nurmadjuzita, Nurabaya, S., Pardede, T.R., Azhar, C., dkk. 2016. *KIMIA ANALISIS I*. Cetakan Ketiga. Medan: USU Press. Halaman 75
- Mathur, AM, Moorjani, SK & Scranton, AB. 1996. *Methods for synthesis of hydrogel networks: A review*. J Macromol Sci-Rev Macromol Chem Phys, C36, 405-430.
- Nan Sun, Ting Wang, & Xiufeng Yan. 2017. *Synthesis and investigation of a self-assembled hydrogel based on hydroxyethyl cellulose and its in vitro ibuprofen drug release characteristics*. RCV Advances. 7, 9500.
- Niednszynski, I. & Preston, R. D. 1970. *Crystallite Size in Natural Cellulosse*. Nature 225, 273-274.
- Nuringtyas & Tri Rini. 2010. *Karbohidrat*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ohwoavworhua, F.O & Adelakun, T.A. 2005. *Some physical Characteristic of Microcrystalline Cellulose Obtained from Raw Cotton of Cochlospermum Planchonii*. Tropical Journal of Pharmaceutical research, 501-507.
- Po, Richardo. 1994. *Water-absorbent polymers: A patent survey*, J Macromol. Sci-Rev Macromol Chem Phys, C34, 607-662.
- R. H, Atalla & ACS Symp, Ser. 1987. *The Structures of Cellulose*, 340; b) A. C. OSullivan, Cellulose 1997, 4, 173 – 207; c) P. Zugenmaier, Prog. Polym. Sci. 2001, 26, 1341 – 1417.
- S.C. Naik, J.F.T. Pittman, and J.F. Richardson. 1976. *The rheology of hydroxyethyl cellulose solutions*. Trans. Soc. Rheol., **20**, 639.
- Soo Cheong Chang & Jin Sung Yoo. 1999. *Measurement and Calculation of Swelling Equilibria for Water/Poly(Acrilamide-Sodiummallysufonate) Systems*, Korean Journals Chemical Engineering 16.
- Staples TL, Henton DE, & Buchholz, FL. 1998. *Chemistry of Superabsorbent Polyacrylates*. In Modern Superabsorbent Polymer Technology (Eds: Buchholz, FL and Graham, AT), Wiley-VCH, New York, Chapter 2.

- Suda Kiatkamjornwong, Kanlaya Mongkolsawat & Manit Sonsuk. 2002. *Synthesis and Property Characterization of Cassava Starch Grafted Polyacrylamide-Maleic Acid Superabsorbent via Gamma Irradiation*. Polymer Journal 43.
- Tang, Hu., Han, Chen., Bo, Duan., Ang, Lu. 2013. *Swelling behaviors of superabsorbent chitin/ carboxymethylcellulose hydrogels*. J Mater Sci. 49:2235–2242
- United States Department of Agriculture. 1961. *Highly Absorbent Starch-Containing Polymeric Compositions*, U.S. Patent 3,981,100.
- W. E. Gloor, B. H. Mahlman & R. D. Ullrich. 1950. *Hydroxyethylcellulose and Its Uses*. American Chemical Society. *Ind. Eng. Chem.* 42, 10, 2150–2153.
- Xiang LY, P, Mohammed MA, Samsu Baharuddin A. 2016. *Characterisation of microcrystalline cellulose from oil palm fibres for food applications*. Carbohydr Polym ;148:11e20.
- Y.Bao, J.Ma, N.Li. 2011. *Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxymethyl cellulose-g-poly(AA-co-AM-co-AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel*. Carbohydr. Polym. 82, 227-232.
- Zohuriaan Mehr, MJ. 2006. *Super-Absorbents (in Persian)*, Iran Polymer Society, Tehran, 2-4.
- Erizal, E.; Wikanta, T. Synthesis of Polyethylene Oxide (Peo)–Chitosan Hydrogel Prepared By Gamma Radiation Technique. Indones. J. Chem. 2011, 11, 16–20, doi:10.22146/ijc.21413.
- Saleem, A.; Akhtar, N.; Minhas, M.U.; Mahmood, A.; Khan, K.U.; Abdullah, O. Highly Responsive Chitosan-Co-Poly (MAA) Nanomatrices through Cross-Linking Polymerization for Solubility Improvement. gels 2022, 8, 1–21.
- Sutradhar, S.C.; Khan, M.M.R.; Rahman, M.M.; Dafadar, N.C. The Synthesis of Superabsorbent Polymers from a Carboxymethylcellulose/Acrylic Acid Blend Using Gamma Radiation and Its Application in Agriculture. J. Phys. Sci. 2015, 26, 23–39.
- Wu, L.; Liu, M. Preparation and Properties of Chitosan-Coated NPK Compound Fertilizer with Controlled-Release and Water-Retention. Carbohydr. Polym. 2008, 72, 240–247, doi:10.1016/j.carbpol.2007.08.020.
- Yu, J.; Zhang, H.; Li, Y.; Lu, Q.; Wang, Q.; Yang, W. Synthesis, Characterization,

- and Property Testing of PGS/P(AMPS-Co-AM) Superabsorbent Hydrogel Initiated by Glow-Discharge Electrolysis Plasma. *Colloid Polym. Sci.* 2016, 294, 257–270, doi:10.1007/s00396-015-3751-0.
- Zhao, C.; Zhang, M.; Liu, Z.; Guo, Y.; Zhang, Q. Salt-Tolerant Superabsorbent Polymer with High Capacity of Water-Nutrient Retention Derived from Sulfamic Acid-Modified Starch. *ACS Omega* 2019, 4, 5923–5930, doi:10.1021/acsomega.9b00486.
- Zhang, M.; Zhang, S.; Chen, Z.; Wang, M.; Cao, J.; Wang, R. Preparation and Characterization of Superabsorbent Polymers Based on Sawdust. *Polymers (Basel)*. 2019, 11, doi:10.3390/polym11111891.
- Fang, S.; Wang, G.; Li, P.; Xing, R.; Liu, S.; Qin, Y.; Yu, H.; Chen, X.; Li, K. Synthesis of Chitosan Derivative Graft Acrylic Acid Superabsorbent Polymers and Its Application as Water Retaining Agent. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 115, 754–761, doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.04.072.
- Rodrigues, F.H.A.; Fajardo, A.R.; Pereira, A.G.B.; Ricardo, N.M.P.S.; Feitosa, J.P.A.; Muniz, E.C. Chitosan-Graft-Poly(Acrylic Acid)/Rice Husk Ash Based Superabsorbent Hydrogel Composite: Preparation and Characterization. *J. Polym. Res.* 2012, 19, 1–10, doi:10.1007/s10965-012-0001-8.
- Melo, B.C.; Paulino, F.A.A.; Cardoso, V.A.; Pereira, A.G.B.; Fajardo, A.R.; Rodrigues, F.H.A. Cellulose Nanowhiskers Improve the Methylene Blue Adsorption Capacity of Chitosan-g-Poly(Acrylic Acid) Hydrogel. *Carbohydr. Polym.* 2018, 181, 358–367, doi:10.1016/j.carbpol.2017.10.079.
- Herawati, A.; Mujiyo; Syamsiyah, J.; Baldan, S.K.; Arifin, I. Application of Soil Amendments as a Strategy for Water Holding Capacity in Sandy Soils. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2021, 724, doi:10.1088/1755-1315/724/1/012014.
- Cheng, B.; Pei, B.; Wang, Z.; Hu, Q. Advances in Chitosan-Based Superabsorbent Hydrogels. *RSC Adv.* 2017, 7, 42036–42046, doi:10.1039/c7ra07104c.
- Elshafie, H.S.; Camele, I. Applications of Absorbent Polymers for Sustainable Plant Protection and Crop Yield. *Sustain.* 2021, 13, doi:10.3390/su13063253.
- Abdallah, A.M. The Effect of Hydrogel Particle Size on Water Retention Properties and Availability under Water Stress. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 2019, 7, 275–285, doi:10.1016/j.iswcr.2019.05.001.
- Elbarbary, A.M.; Ghobashy, M.M. Controlled Release Fertilizers Using Superabsorbent Hydrogel Prepared by Gamma Radiation. *Radiochim. Acta* 2017, 105, 865–876, doi:10.1515/ract-2016-2679.

