

Pengembangan Hidrogel Sebagai Media Tanam dari Poli (Asam Akrilat) dan Polivinil Alkohol (PVA) Menggunakan Metode *Crosslinking* Kimia

Development of Hydrogel as a Growing Medium from Poly (Acrylic Acid) and Polyvinyl Alcohol (PVA) using Chemical Crosslinking Method

Haryanto^{1*}, Riska Anisa Wahyadi², Eko Priyono³, Agus Mulyadi Purnawanto⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains,

⁴Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian,

Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. K.H. Ahmad Dahlan PO BOX 202 Purwokerto, 53182, Indonesia

*Corresponding author: harymsl@gmail.com

ABSTRAK

DOI:

[10.30595/jrst.v7i2.17919](https://doi.org/10.30595/jrst.v7i2.17919)

Histori Artikel:

Diajukan:

10/06/2023

Diterima:

06/08/2023

Diterbitkan:

15/09/2023

Hidrogel merupakan polimer yang mengalami ikat silang dan digunakan pada berbagai aplikasi termasuk untuk media tanam. Kemampuan utamanya yaitu dapat menyerap dan mengikat air dalam jumlah yang besar. Salah satu jenis hidrogel yang telah banyak dikembangkan sebagai media tanam adalah hidrogel dari poliakrilat. Namun, hidrogel dengan bahan utama poli (asam akrilat) masih memiliki beberapa kekurangan yaitu sifat mekanik dan penyerapan terhadap air yang masih rendah. Penggunaan Polivinil Alkohol (PVA) dilakukan untuk meningkatkan berbagai parameter karakteristik dari hidrogel yang dihasilkan. Pada penelitian ini berhasil dilakukan sintesis hidrogel dari poli (asam akrilat) dan PVA dengan menggunakan asam sitrat sebagai agen pengikat silang serta ammonium persulfate sebagai inisiator. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh PVA terhadap karakteristik hidrogel poli(asam akrilat)-PVA. Variasi konsentrasi PVA yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% (b/v). Karakteristik yang dianalisis meliputi fraksi gel, rasio swelling, sifat mekanik (tensile strength dan elongation). Struktur kimia dianalisis menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan PVA dari 5% sampai 25% menyebabkan nilai fraksi gel naik dari 73% sampai 80.9%. Nilai rasio swelling dengan komposisi PVA 5% sampai 25% berkisar dari berkisar 6212% sampai 4141%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan untuk aplikasi media tanam (300-600%). Sifat mekanik hidrogel ditinjau dari nilai tensile strength. Nilai tensile strength yang diperoleh dari penelitian ini yaitu pada 15% sebesar 1.05 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi standar kuat mekanik sebagai media tanam yaitu antara 0,55-22,34 MPa. Sedangkan hasil analisis FTIR telah menunjukkan bahwa terdapat gugus PVA dalam hidrogel.

Kata Kunci: Hidrogel, Polivinil Alkohol, Asam Akrilat, Ikat Silang, Media Tanam

ABSTRACT

Hydrogel is a polymer that undergoes crosslinking and is used in various applications including for growing media. Its main ability is that it can absorb and bind large amounts of water. One type of hydrogel that has been widely developed as a growing medium is hydrogel from polyacrylate. However, hydrogel with the main ingredient poly (acrylic acid) still has some shortcomings, namely mechanical properties and absorption of water is still low. The use of Polyvinyl Alcohol (PVA) is carried out to improve various characteristic

parameters of the resulting hydrogel. In this study, hydrogel synthesis from poly (acrylic acid) and PVA was successfully carried out using citric acid as a crosslinking agent and ammonium persulfate as the initiator. This study was conducted to determine the effect of PVA on the characteristics of poly(acrylic acid)-PVA hydrogel. The variation in PVA concentration used is 5%, 10%, 15%, 20% and 25% (w/v). The analyzed characteristics include gel fraction, swelling ratio, mechanical properties (tensile strength and elongation). The chemical structure was analyzed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results showed that the addition of PVA from 5% to 25% caused the value of the *nsik* gel fraction from 73% to 80.9%. The value of swelling ratio with PVA composition of 5% to 25% ranges from 6212% to 4141%. The value has met the requirements for planting media applications (300-600%). The mechanical properties of hydrogels are reviewed from the tensile strength value. The tensile strength value obtained from this study is at 15% of 1.05 MPa. This value has met the strong mechanical standard as a planting medium, which is between 0.55-22.34 MPa. Meanwhile, FTIR analysis has shown that there are PVA groups in the hydrogel.

Keywords: Hydrogel, Polyvinil Alkohol, Acrylic Acid, Crosslinking, Planting Medium

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang banyak dihadapi para petani di Indonesia, khususnya para petani di daerah pesisir adalah jenis tanah yang tidak mempunyai kemampuan menahan air serta kandungan unsur haranya yang relatif rendah. Terlebih pada musim kemarau, kondisi tanah semakin tidak baik dan berdampak buruk pada tanaman. Kurangnya air dan sedikitnya suplai unsur hara pada tanaman dapat mengakibatkan produktivitas tanaman menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan manajemen pengelolaan air yang baik untuk memastikan suplai air dan peningkatan kapasitas penyimpanan air dalam tanah. Hidrogel merupakan polimer jaringan ikat silang yang memiliki 3 dimensi dan memiliki kemampuan menyimpan air dan menahannya dalam jumlah cukup banyak [1]. Karena karakteristik hidrogel, ada kemungkinan yang cukup besar untuk menahan irigasi dan air hujan yang dapat dikumpulkan, disimpan, dan dilepas secara perlahan (melalui proses difusi) untuk kebutuhan tanaman dalam jangka panjang. Hidrogel dapat mengurangi bahaya kekeringan pada tanaman dengan berperan sebagai penyimpanan air dan melepaskan air secara perlahan.

Hidrogel superabsorban dapat dibuat dari turunan bahan alam seperti pati, kolagen, tepung, gelatin, selulosa, kitosan, dekstran, dan alginat yang memiliki gugus hidrofilik serta mempunyai daya afinitas yang tinggi terhadap air ataupun bahan sintetik. Salah satu polimer alam yang dapat digunakan adalah poli(asam akrilat). Polimer ini memiliki kelebihan yaitu mudah terurai secara alami [2]. Namun, hidrogel poli(asam akrilat) menunjukkan sifat mekanik yang buruk sehingga menjadi perlu untuk meningkatkan sifat mekanik hidrogel untuk mengurangi kemungkinan kerusakan pada hidrogel superabsorban [3].

Polivinil Alkohol (PVA) merupakan salah satu polimer sintetik yang memiliki kekuatan dan fleksibilitas tarik tinggi. PVA memiliki sifat yang hidrofil sehingga akan memperbaiki sifat gel kitosan dengan cara menurunkan waktu gelasi dan meningkatkan kekuatan mekanik [4].

Dalam penelitian ini, diharapkan bahwa penambahan PVA pada hidrogel poli(asam akrilat) adalah untuk meningkatkan kemampuan mengembang hidrogel, serta dapat memenuhi persyaratan untuk aplikasi media tanam. Hidrogel superabsorban ini dibuat dengan dengan asam sitrat sebagai agen pengikat silang untuk proses crosslinking.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan polimer Hidrogel poli(asam akrilat)-PVA sebagai media tanam yang diharapkan dapat dipakai sebagai media tanam yang praktis yang tidak memerlukan tingkat intensitas penyiraman tanaman yang tinggi serta dapat dipakai pada daerah pesisir.

Dalam penelitian ini, diharapkan bahwa penambahan PVA pada hidrogel Poli (Asam Akrilat) dapat untuk meningkatkan karakteristik hidrogel termasuk kekuatan mekaniknya. Peningkatan karakteristik ini diharapkan dapat memenuhi persyaratan untuk aplikasi media tanam. Hidrogel ini dibuat dengan dengan asam sitrat sebagai agen pengikat silang yang dilakukan dengan proses *crosslinking*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Polivinil Alkohol (PVA), Asam Akrilat, Asam Sitrat, Ammonium Persulfat, dan Aquades.

2.2. Pembuatan Hidrogel Film

2.2.1. Pembuatan Hidrogel Film

Asam akrilat digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan hidrogel. Pertama, 0,2 gram Asam akrilat dipanaskan dalam aquades

pada suhu 60 °C dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit sampai homogen. Selanjutnya, 0,06 gram Ammonium Persulfate ditambahkan kedalam campuran polimer dan dipanaskan pada suhu 60-70 °C untuk diaduk selama 30 menit. Sebanyak 0,2 gram asam akrilat dimasukkan kedalam campuran kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya, 0,2 gram asam sitrat sebagai crosslinker ditambahkan kedalam campuran dan diaduk selama 30 menit. PVA dimasukkan kedalam larutan poli (asam akrilat) kemudian dipanaskan pada suhu 85 °C dan diaduk hingga homogen. Komposisi perbandingan kandungan PVA dalam larutan hidrogel diubah secara bervariasi, yaitu 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% (b/v). Campuran hidrogel sebanyak 35 ml dituangkan kedalam petridisk, kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam [5].

2.2.2. Karakterisasi Gugus Fungsi Hidrogel Superabsorbent

Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam struktur hidrogel. Pengukuran pada spectrum inframerah dilakukan pada daerah dengan panjang gelombang 4000-400 cm⁻¹ [5].

2.2.3. Penentuan Fraksi Gel

Analisis fraksi gel dilakukan dengan merendam hidrogel pada suhu 50°C dalam aquades selama 24 jam kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 48 jam untuk menghilangkan air yang terkandung didalam hidrogel. Banyaknya fraksi yang tidak terlarut menunjukkan ikatan silang yang terbentuk dari hidrogel [6].

$$\text{Fraksi Gel (\%)} = (W_1/W_0) \times 100\%$$

W_1 = berat hidrogel kering hasil

pencucian.

W_0 = berat hidrogel kering awal.

2.2.4. Penentuan Rasio Swelling

Pengukuran rasio swelling dilakukan dengan memasukkan hidrogel kedalam aquades pada suhu kamar. Gel yang telah menyerap air diukur beratnya pada waktu-waktu tertentu setelah dikeluarkan sisa airnya pada permukaannya dengan menggunakan kertas filter. Hal ini terus dilakukan sampai tidak ada lagi kenaikan berat [6].

$$\text{Rasio Swelling (g/g)} = [(W_s - W_d)/(W_d)] \times 100\%$$

W_s = Berat hidrogel yang telah mengembang

W_d = Berat hidrogel kering

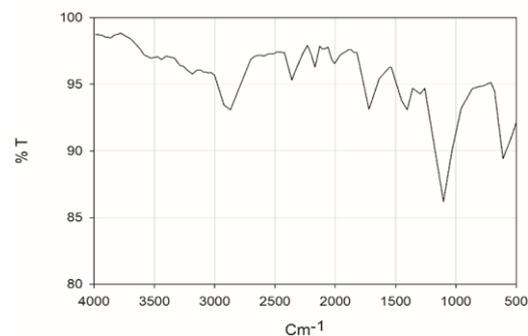
2.2.5. Penentuan Sifat Mekanik

Analisa sifat mekanik dilakukan menggunakan alat instron universal testing instrument dengan kecepatan Tarik 50 mm/menit pada suhu kamar. Hidrogel dengan bentuk dumbbell dijepit pada kedua ujung penjepit, dan kemudian proses uji kuat Tarik dan perpanjangan putus dimulai melalui sistem yang ada di program komputer. Hasil pengukuran untuk tiap sampel dilakukan minimal dua kali percobaan. [7]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa FTIR

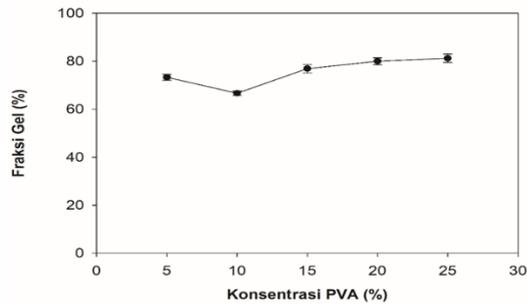
Berdasarkan hasil analisa spectrum FTIR pada **Gambar 1** menunjukkan hidrogel superabsorben memiliki puncak yang khas pada serapan bilangan gelombang 3184.5 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus OH. Serapan yang muncul pada bilangan gelombang 2880 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus CH. Kemudian terdapat serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1408.5 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus fungsi CH₂ dari PVA. Terdapat serapan yang muncul pada bilangan panjang gelombang 1116.7 cm⁻¹ yang merupakan gugus ikatan tunggal (C-C) yang menunjukkan bahwa telah terjadi proses ikatan silang pada hidrogel. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [5].



Gambar 1. Spektrum FTIR dari hidrogel poli (asam akrilat)-PVA

3.2. Analisis Fraksi Gel

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa persen fraksi gel yang diperoleh semakin naik seiring dengan meningkatnya komposisi PVA dalam campuran hidrogel poli (asam akrilat)-PVA. Hidrogel dengan komposisi PVA sebesar 5% memiliki fraksi gel sebesar 73% dan mengalami kenaikan fraksi gel sampai dengan 80.9% pada komposisi PVA 25%.

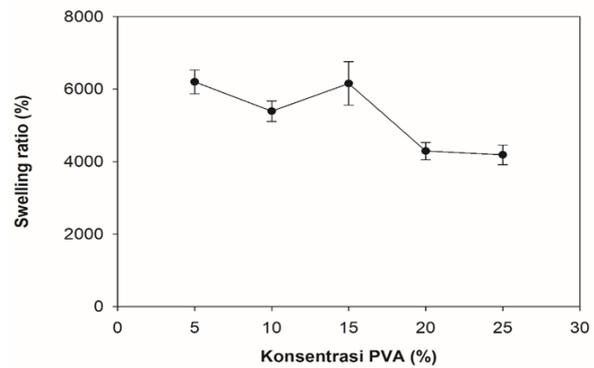


Gambar 2. Grafik Pengaruh Komposisi PVA Terhadap Fraksi Gel Hidrogel Poli(Asam Akrilat)-PVA

Kenaikan nilai fraksi gel tersebut menunjukkan bahwa ikatan silang (crosslinking) yang terbentuk semakin banyak. Hal ini dikarenakan adanya pembentukan ikatan silang dengan PVA [8]. Semakin tinggi konsentrasi PVA yang ditambahkan akan menyebabkan ikatan silang yang terjadi antara poli asam akrilat dan PVA semakin banyak. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya [9] hidrogel dengan fraksi gel yang dapat digunakan untuk aplikasi media tanam lebih dari 60%. Hal ini menunjukkan bahwa, hidrogel dalam penelitian ini yang memenuhi syarat sebagai media tanam.

3.3. Rasio Swelling

Berdasarkan **Gambar 3** dapat terlihat bahwa terjadi peningkatan swelling rasio dengan adanya peningkatan komposisi PVA pada hidrogel. Rasio swelling hidrogel dengan komposisi PVA 5% sampai 25% berkisar 6212% sampai 4141%. Penurunan nilai rasio swelling dikarenakan komposisi PVA sudah berlebih sehingga menyebabkan ikatan silang menurun dan mengakibatkan semakin banyak hidrogel yang larut di air. Secara umum hamper pada semua level kandungan PVA tingkat swelling termasuk tinggi, hal ini dikarenakan adanya gugus hidrofilik hidroksil pada PVA yang memicu efek sinergis dengan gugus polimer lain yang membentuk ikatan hidrogen antara rantai molekul sehingga molekul air mudah menembus pori-pori hidrogel [10]. Gugus hidrofilik dari polimer lain yang mempengaruhi persen swelling adalah gugus hidroksil dari selulosa [11], dan gugus karboksilat (COOH) dari asam akrilat yang mempunyai afinitas yang besar terhadap air [12].



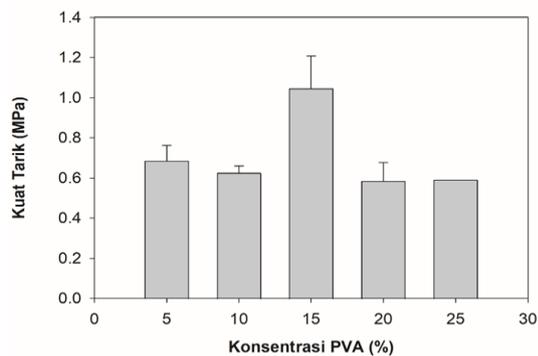
Gambar 3 Grafik Pengaruh Komposisi PVA terhadap Rasio Swelling Hidrogel Poli(Asam Akrilat)-PVA

Berdasarkan penelitian [3], nilai swelling yang dapat digunakan untuk aplikasi media tanam antara 300-600%. Dalam penelitian ini diperoleh rasio swelling dengan rentang nilai 4000-6000%, sehingga nilai tersebut telah melebihi syarat bagi hidrogel superabsorban sebagai media tanam.

3.4. Sifat Mekanik Hidrogel

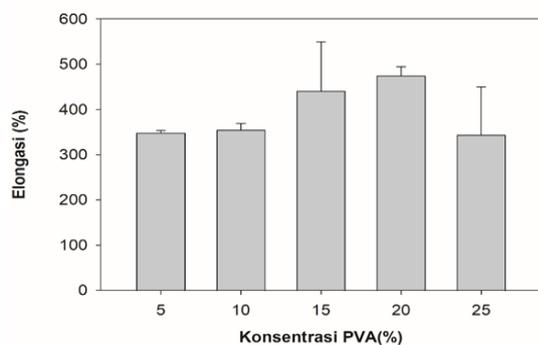
Pada **Gambar 4** dapat diketahui bahwa nilai kuat Tarik hidrogel pada komposisi PVA 15% memiliki nilai kuat Tarik yang berbeda dibandingkan dengan nilai kuat Tarik pada komposisi lainnya. Berdasarkan Analisa Anova dapat diketahui bahwa level kandungan PVA 15% merupakan komposisi yang paling berbeda diantara komposisi lainnya, dan dilihat dari nilai kuat tariknya maka pada komposisi ini nilai kuat Tarik paling tinggi yaitu sebesar 1.05 MPa. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya peningkatan ikatan interaksi hidrogen antara gugus OH yang tidak bereaksi dari PVA dan gugus karbonil dari komponen lain (yaitu ikatan silang antara Asam akrilat dan Asam Sitrat) dalam film hidrogel [14]. Selain itu, penambahan konsentrasi PVA yang semakin banyak akan menyebabkan matriks hidrogel yang terbentuk akan semakin rapat sehingga struktur hidrogel yang dihasilkan semakin kuat [14].

Penelitian terdahulu [15] tentang Hidrogel Biodegradabel sebagai media tanam, diperoleh nilai kuat Tarik sebesar 0,55-22,34 MPa. Pada penelitian ini nilai kuat Tarik yang diperoleh telah masuk kedalam rentang nilai tersebut, sehingga formulasi hidrogel dalam penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai media tanam.



Gambar 4 Grafik Pengaruh Komposisi PVA terhadap Tensile Strength Hidrogel Poli(Asam Akrilat)-PVA

Pengukuran kuat tarik diikuti dengan pengukuran perpanjangan putus (Elongation), yaitu perubahan maksimum yang dialami suatu bahan pada saat ditarik sampai putus.



Gambar 5 Grafik Pengaruh Komposisi PVA terhadap Elongasi Hidrogel Poli(Asam Akrilat)-PVA

Dari **Gambar 5** dapat dilihat bahwa pada konsentrasi PVA 15% dan 20% nilai persen elongasi hidrogel berbeda dibanding level yang lain. Dari Analisa Anova terlihat bahwa pada dua komposisi ini persen elongasi hidrogel yaitu sekitar 450% jauh lebih tinggi dibanding tiga komposisi lainnya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya peningkatan interaksi antara PVA dengan poli (Asam Akrilat), yang akan menyebabkan mobilitas rantai-rantai polimer meningkat sehingga akan menghasilkan film hidrogel yang lebih elastis dan estensible atau dapat diperpanjang [14].

Dalam penelitian[3] tentang Hidrogel Berbasis Selulosa sebagai Media Tanam, diperoleh nilai elongasi sebesar 3%-7%. Pada penelitian ini nilai elongasi yang diperoleh jauh melebihi nilai tersebut, sehingga formulasi hidrogel dalam penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai media tanam.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan PVA dari 5% sampai 25% menyebabkan nilai fraksi gel nsik dari 73% sampai 80.9%. Nilai rasio swelling dengan komposisi PVA 5% sampai 25% berkisar dari berkisar 6212% sampai 4141%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan untuk aplikasi media tanam (300-600%). Sifat mekanik hidrogel ditinjau dari nilai tensile strength. Nilai tensile strength yang diperoleh dari penelitian ini yaitu pada 15% sebesar 1.05 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi standar kuat mekanik sebagai media tanam yaitu antara 0,55-22,34 MPa. Sedangkan hasil analisis FTIR telah menunjukkan bahwa terdapat gugus PVA dalam hidrogel.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Majelis Dikti Pimpinan Pusat Muhammadiyah yang telah mendanai proyek utama penelitian pengembangan hidrogel.

DAFTAR PUSTAKA

- Chirani N, Yahia LH, Gritsch L, Motta FL, Faré S. 2015. "History and Applications of Hidrogels". *Journal of Biomedical Sciences*, 4(2): 1-23.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., and Owen, S. C. 2006. *Carboxymethylcellulose Sodium. Handbook of Pharmaceutical Excipients. Fifth Edition.* Washington: American Pharmacist Association. Hal. 120-122.
- Dipankar Das, Prakash P., Rout P., Bhaladhare S. 2020. "Synthesis And Characterization Of Superabsorbent Cellulose Based Hidrogel For Agriculture Application". *Strach-Journal Department Of Chemical And Polymer Engineering Tripura University*.
- Liu Jiang S, Liu S, Feng W. 2011. "PVA Hidrogel Properties For Biomedical Application". *J. Mech. Behav. Biomed.* 4:1228-1233.
- Hasibuan R, Nasution D, Wirjosentono B. 2019. "Thermal and Morphological Properties of Polyvinyl Alcohol-based Hidrogel Containing Microcrystal Cellulose". *Science and Technology Publications.* 312-318.
- Abidin, Z.A., Situmorang, Andre Y. dkk. 2012. *Hidrogel Mikrokomposisi berbasis Polivinil Alkohol/Bentonit.* Bandung: Program Studi Teknik Kimia FTI-ITB.
- Gadri A, dkk. 2015. *Formulasi Pembalut Luka Hidrogel Serbut Getah Jarak Cina (Jatrhopa Multifida Linn) berbasis Kappa-Karragenan.*

- Prosiding SnaPP2015. ISSN 2477-2364 eISSN 2477-2356.
- Saragih G, Tamrin T, Marpongahtun, Nasution DY, Abdillah, 2018. Preparation of Semi-IPN Hidrogel from Starch Nanoparticles of Magrove Fruit and Monomer Acrylic Acid Using Crosslinker N,N'Methylene Bisacrylamide. The 3rd International Seminar on Chemistry, 14 Desember 2018. AIP Conference Proceedings : AIP Publishing, 1-9.
- Ibrahim, M. 2006. "Preparation, Characterization and In-Vitro Evaluation Of Chitosan-Based Smart Hidrogels For Controlled Drug Release". New Zealand: Massey University.
- Baron RI, Culica ME, Biliuta G, Bercea M, Gherman S, Zavastin D, Ochiuz L, Avadanei M, Coseri S, 2019. Physical Hidrogels of Oxidized Polysaccharides and Poly(Vinyl Alcohol) for Wound Dressing Applications. *Materials*, 12 (9): 1-15.
- Bhattacharya SS, Mishra A, Pal D, Ghosh AK, Ghosh K, Banerjee S, Sen KK, 2012. Synthesis and Characterization of Poly(Acrylic Acid)/ Poly(Vinyl Alcohol)-Xanthan Gum Interpenetrating Network (IPN) Superabsorbent Polymeric Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 51(9): 876-82.
- Olad A, Doustdar F, Gharekhani H, 2018. Starch Based Semi-IPN Hidrogel Nanocomposite Integrated with Clinoptilolite: Preparation and Swelling Kinetic Study. *Carbohydrate Polymers*, 1-42.
- Ghorpade V.S., et al. 2018. Citric Acid Crosslinked Carboxymethylcellulose-poly(ethylene glycol) Hidrogel Films For Delivery Of Poorly Soluble Drugs. *International Journal Of Biological Macromolecules*.
- Latifah, Umi F. 2019. Pengaruh Kitosan Terhadap Karakteristik Hidrogel Film PVA Untuk Aplikasi Pebalut Luka. SKRIPSI. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Aouada, Fauze Ahmad, Márcia Regina de Moura, dan Luiz Henrique Capparelli Mattoso. 2011. "Biodegradable Hidrogel as Delivery Vehicle for the Controlled Release of Pesticide." In *Pesticides - Formulations, Effects, Fate*, 808.