

# Analisis Derajat Pengembangan Hidrogel Komposit Polivinil Alkohol (PVA) Yang Dimuat Ekstrak Daun Kirinyuh (*Eupatorium Odoratum*)

Bertolomeus Haryanto Agung<sup>1</sup>, Maria Enjelina Suban<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Nusa Nipa, Indonesia; b.haryantoagung@gmail.com

<sup>2</sup> Universitas Nusa Nipa, Indonesia; b.haryantoagung@gmail.com

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Kirinyuh Leaves;  
Freeze-Thaw;  
Hydrogel;  
Polyvinyl Alcohol;  
Swelling Degree

### Article history:

Received 2024-10-20

Revised 2024-11-26

Accepted 2024-12-19

## ABSTRACT

PVA/EDK (*Kirinyuh/Eupatorium odoratum* Leaves) composite hydrogel has been successfully developed using the freeze-thaw method. The precursor solution was prepared by dissolving PVA with a concentration of 12 wt% in water. *Kirinyuh* leaf extract solution (10 wt%) was then added to the precursor with a ratio of 10:0, 10:1, 10:2, and 10:3. The composite hydrogel was then fabricated using the freeze-thaw method and then the characteristics of the swelling degree and density were investigated. The purpose of this study was to explore the swelling degree of the Polyvinyl Alcohol (PVA) Composite hydrogel loaded with *Kirinyuh* Leaf Extract (*Eupatorium odoratum*). The research method used in this paper is a quantitative approach. The results showed that the density of the resulting hydrogel decreased with the addition of EDK mass, while the swelling degree increased with the increase in EDK mass. PVA hydrogel has an expansion degree of  $(187.05 \pm 7.36) \%$ , while the expansion degree of composite hydrogel for PVA:EDK ratio (10:1), (10:2), and (10:3) is  $(209.60 \pm 30.90) \%$ ,  $(219.73 \pm 13.72) \%$ , and  $(231.11 \pm 15.03) \%$ . These results indicate that the degree of expansion of the PVA/EDK hydrogel produced has met the requirements for use as a wound dressing. However, for further development, further tests are needed such as tensile tests, porosity tests, morphology tests and antibacterial tests of the hydrogel for further applications.

*This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.*



## Corresponding Author:

Bertolomeus Haryanto Agung

Universitas Nusa Nipa, Indonesia; b.haryantoagung@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan tanaman herbal merupakan salah satu solusi dalam penyelesaian masalah kesehatan yang sering dihadapi oleh masyarakat di Indonesia. Lebih dari 9600 tanaman di Indonesia memiliki khasiat sebagai obat-obatan herbal. Tanaman ini tumbuh liar di hutan Indonesia dan hanya 26% jenis tanaman yang dibudidayakan dan dimanfaatkan dalam pengobatan (Yassir and Asnah 2019). Salah satu pemanfaatan tanaman herbal secara tradisional adalah sebagai pertolongan pertama untuk mengobati luka. Luka pada kulit dapat mengakibatkan fungsi kulit menjadi terganggu sehingga pengobatan luka biasanya dilakukan dengan segera agar fungsi kulit kembali normal. Agar

penyembuhan luka menjadi lebih cepat diperlukan metode penyembuhan yang tepat. Salah satunya menggunakan penutup luka (wound dressing) yang mengandung antibakteri. Terdapat beberapa jenis penutup luka yang umum digunakan seperti perban, film, kasa, busa, hidrokoloid, nanofiber dan hidrogel (Firlar et al. 2022; Latiffah et al. 2024). Nanofiber dan Hidrogel akhir akhir ini menjadi topik yang menarik pada bidang rekayasa dan perbaikan jaringan tubuh (tissue engineering) (Eldeeb, Salah, and Elkasabgy 2022). Selain dapat difabrikasi menggunakan polimer alami Hidrogel dan nanofiber juga sangat mudah dimodifikasi menggunakan ekstrak herbal sehingga menarik minat peneliti untuk mengaplikasikannya pada bidang tissue engineering (Latiffah et al. 2024; Li et al. 2019).

Hidrogel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penutup luka lainnya seperti: (1) lingkungan luka menjadi lembab sehingga mendorong regenerasi jaringan melalui granulasi dan re-epitelisasi; (2) mudah dimodifikasi sehingga dapat ditambahkan sifat fungsional tambahan dengan memuat sel, agen antibakteri, antivirus, dan antijamur, faktor pertumbuhan, dan biomolekul untuk mempercepat kontraksi dan penyembuhan luka; (3) dapat dikembangkan untuk luka tertentu berdasarkan ukuran, tingkat keparahan, dan lokasinya; (4) mudah diaplikasikan pada luka yang tidak beraturan atau dalam (Firlar et al. 2022). Untuk memuat hidrogel dengan agen antibakteri dari ekstrak tanaman herbal, diperlukan polimer yang cocok dan aman digunakan pada kulit. Polimer polivinil alkohol (PVA) telah dikenal sebagai polimer yang dapat dibuat menjadi hidrogel dengan metode freeze-thaw dan cocok digunakan sebagai jaringan tiruan (tissue mimicking) (Ma et al. 2017). Pada penelitian terdahulu, metode freeze-thaw telah digunakan oleh Asy-Syifa dkk (2022) untuk membuat Hidrogel PVA dengan beberapa variasi konsentrasi (Asy-Syifa et al. 2022). Dengan memanfaatkan metode pembuatan hidrogel PVA tersebut dapat dienkapsulasi ekstrak tanaman herbal ke dalam hidrogel untuk diaplikasikan sebagai penutup luka.

Untuk mengobati luka luar, terdapat beberapa tanaman (rumput) herbal yang sering digunakan oleh masyarakat seperti pegagan (*Centella asiatica*), bandotan (*Ageratum conyzoides*), daun kirinyuh (*Eupatorium odoratum*), alang alang (*Imperata cylindrica*), dan bayur (*Pterospermum diversifolium*) (Darmayanti and Wuryanti 2010; Lanur and Mago 2018). Tumbuhan tersebut tumbuh liar dan mudah dimanfaatkan sebagai obat penutup luka secara tradisional. Tanaman Kirinyuh (*Eupatorium odoratum*) merupakan gulma yang mudah tumbuh dan tersebar luas di daerah tropis. Kirinyuh dikenal dapat mengobati luka terbuka, luka bakar dan luka lainnya akibat trauma. Daun kirinyuh sendiri mengandung senyawa metabolit diantaranya yaitu senyawa tanin, senyawa steroid, senyawa saponin, flavonoid dan senyawa esensial lainnya sehingga dapat diaplikasikan sebagai agen antibakteri dalam penutup luka (Putry, B, E, and Y 2021; Wulandari and Umam 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan hidrogel sebagai penutup luka dengan memanfaatkan beberapa bahan alam. Terbaru telah dikembangkan hidrogel dari polimer aragosa dan epiklorohidrin yang dimuat ekstrak jambu mete oleh de Albuquerque dkk pada tahun 2024 (de Albuquerque et al. 2024). Kemudian Julaha dkk (2023) juga mengembangkan hidrogel berbasis alginat gelatin yang dimuat dengan ekstrak kulit jeruk nipis (Julaha et al. 2024). Ghani dkk (2024) juga membuat dan menganalisis Hidrogel berbasis sodium carboxymethyl tragacanth dan polivinil alkohol yang dimuat ekstrak tunas cengkeh sebagai antibakteri penutup luka (Ghani et al. 2024). Ekstrak daun jeruk purut juga pernah dimuat pada hidrogel PVA yang dicampurkan dengan chitosan dan sodium alginat seperti yang dilakukan oleh Kusjuriansah dkk (2023) (Kusjuriansah et al. 2023). Waresindo dkk (2021) juga telah membuat hidrogel PVA yang dimuat ekstrak daun jambu dengan menggunakan metode freeze-thaw (Waresindo et al. 2021).

Dari beberapa penelitian tersebut dapat dikatakan potensi pemuatan ekstrak herbal dalam hidrogel sebagai penutup luka sangat besar. Namun penggunaan tanaman lokal sebagai bahan aktif antibakteri maupun antioksidan masih jarang dilakukan. Padahal beberapa tanaman herbal misalnya kirinyuh tumbuh liar di Indonesia dan belum dikembangkan sehingga harganya relatif lebih murah dari bahan-bahan yang digunakan pada penelitian terdahulu. Dengan memanfaatkan daun kirinyuh maka diharapkan dapat dikembangkan penutup luka berbasis hidrogel yang lebih terjangkau dan dapat digunakan oleh masyarakat lokal serta meningkatkan nilai ekonomis dari tanaman tersebut.

Berdasarkan pemaparan tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat (sintesis) hidrogel komposit PVA yang dimuat dengan ekstrak daun kirinyuh untuk diaplikasikan sebagai penutup luka.

## 2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam tulisan ini yaitu dengan pendekatan kuantitatif. Adapun alat-alatnya yaitu PVA (*Polyvinyl Alcohol Fully hydrolyzed*) diperoleh dari Sigma Aldrich. Daun Kirinyuh (*Eupatorium odoratum*) diperoleh dari sekitaran kota Maumere Kabupaten Sikka. Air destilasi, etanol teknis dan etanol analisis diperoleh dari BIMO Analisis-Bandung.

Ekstraksi daun kirinyuh dilakukan menggunakan metode maserasi. Sebanyak 500 gram serbuk daun kirinyuh ditimbang dan direndam dalam 3 L etanol teknis. Setelah tiga hari, larutan yang telah dimaserasi kemudian disaring dan dikumpulkan. Larutan hasil maserasi tersebut kemudian diuapkan dengan menggunakan evaporator untuk mendapatkan pasta ekstrak daun kirinyuh (EDK). Larutan PVA 12 wt% dibuat dengan melarutkan 1,2 gram serbuk PVA dalam 8,8 gram air destilasi, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada 90°C selama 8 jam hingga larutan menjadi homogen.

Larutan EDK disiapkan pada konsentrasi 10 wt% menggunakan air deionisasi dan etanol analisis dengan perbandingan 1:4 sebagai pelarut dan diaduk pada suhu kamar hingga homogen. Larutan prekursor PVA/EDK kemudian disiapkan sesuai rasio (10:0), (10:1), (10:2), dan (10:3). Larutan yang dihasilkan dimasukkan ke dalam *freezer* dengan suhu -25°C selama 20 jam (*freeze*) dan disimpan pada suhu 37°C selama empat jam (*thaw*). Proses *freeze-thaw* (FT) ini diulang sebanyak enam siklus untuk setiap sampel.

Densitas diukur sebagai massa per unit volume. Pengukuran dimulai dengan menyiapkan potongan hidrogel, kemudian ditimbang, dan dimensinya diukur. Kepadatan ( $\rho$ ) hidrogel dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Di mana  $m$  adalah massa hidrogel (g) dan  $V$  adalah volume hidrogel (mL).

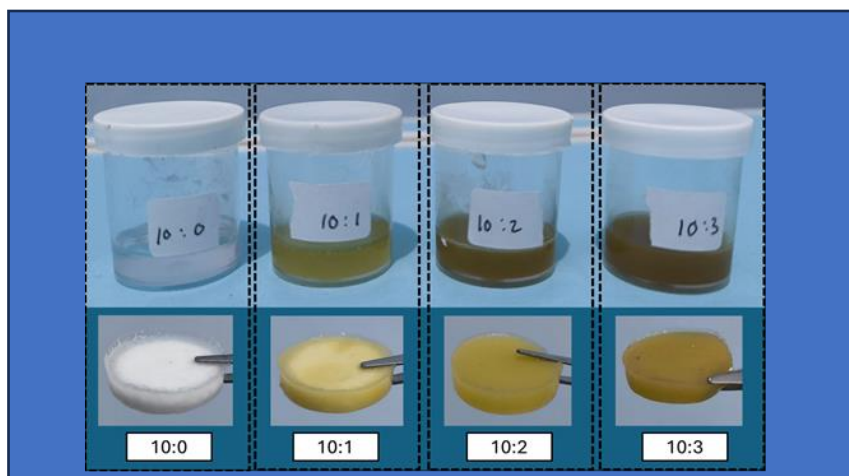
Ketahanan hidrogel komposit terhadap air dan kemampuan menyerap maupun menahan jumlah maksimum cairan ditentukan dengan mengukur nilai derajat pengembangan serat (*swelling degree*). Sebelum dilakukan pengujian, hidrogel dibiarkan terlebih dahulu dalam chamber bersuhu 50 °C untuk mendapatkan masa yang stabil. Pengujian ini dimulai dengan menggunakan larutan PBS yang memiliki pH yang menyerupai pH permukaan luka misalnya pH 7,4 untuk luka kronik. Kemudian serat dengan berat awal ( $M_i$ ) dicelupkan kedalam larutan, didiamkan selama 48 jam. Serat hasil perendaman kemudian ditimbang ( $M_t$ ) pada jam ke 3, 6, 12, 24, dan 48 jam. Nilai derajat pengembangan diperoleh dengan melihat penambahan berat serat dibandingkan dengan berat serat awal sesuai dengan persamaan (2) berikut:

$$\text{Degree of Swelling (\%)} = \left[ \frac{M_t - M_i}{M_i} \right] \times 100 \quad (2)$$

dengan  $M_t$  adalah bobot sampel setelah perendaman dan  $M_i$  adalah bobot sampel sebelum perendaman.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Densitas



**Gambar 1.** Proses Presparasi Larutan Komposit ((a) *thawing*) menjadi (b) Hidrogel

Metode *freeze-thaw* (FT) mengubah sampel dari larutan menjadi gel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Metode FT bekerja melalui pembentukan kristalit molekul pelarut, yang menghasilkan ikatan silang dan ikatan hidrogen dengan air untuk membentuk hidrogel. Hasil pengukuran densitas hidrogel tercantum dalam tabel 1. Berdasarkan tabel 1 terjadi penambahan EDK pada larutan PVA menyebabkan penurunan densitas hidrogel sebagai akibat dari perubahan struktur internal hidrogel. Hal ini mengindikasikan penambahan larutan EDK menyebabkan peningkatan pori pada Hidrogel komposit yang dihasilkan.

**Tabel 1.** Densitas Hidrogel komposit PVA/EDK

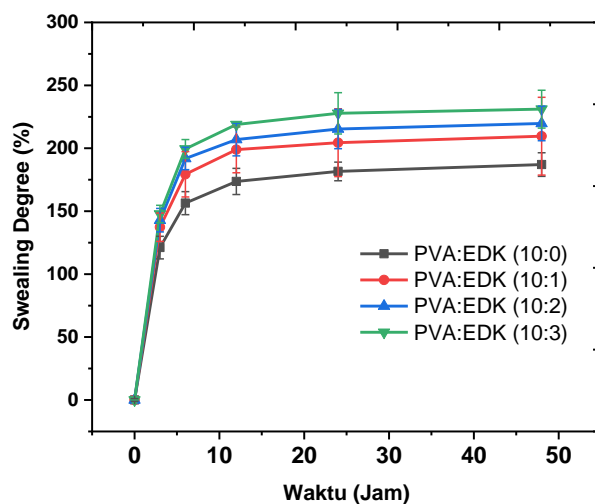
Sampel (PVA:EDK)	Densitas (g cm <sup>-3</sup> )
10:0	1,35 ± 0,01
10:1	1,28 ± 0,01
10:2	1,15 ± 0,01
10:3	1,10 ± 0,02

#### Derajat Pengembangan (Swelling Degree)

Derajat pengembangan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2 menunjukkan kemampuan hidrogel yang terbentuk untuk menyerap atau mempertahankan cairan. Kemampuan ini diperlukan oleh penutup luka agar kondisi luka tetap lembap sehingga lingkungan menjadi kondusif untuk penyembuhan luka (Hasan et al. 2021). Pengukuran ketahanan hidrogel terhadap cairan dilakukan dengan merendam serat dalam larutan PBS dengan pH 7,4. Secara umum, semua sampel memiliki kapasitas adsorpsi yang signifikan dalam 10 jam pertama. Kemampuan adsorpsi yang signifikan ini disebabkan oleh permukaan hidrofilik PVA dan gaya kapiler dari pori-pori hidrogel. Setelah itu, derajat pengembangan umumnya tidak meningkat hingga 48 jam, di mana kondisi ini merupakan kondisi kesetimbangan. Sebelum pengujian, rantai PVA berada dalam susunan yang rapat karena telah melewati proses pengeringan hingga massanya konstan. Dalam pengujian, larutan PBS menembus pori-pori hidrogel yang menyebabkan rantai PVA menjadi rileks. Relaksasi rantai PVA ini menyebabkan pengembangan hidrogel. Setelah 48 jam, hidrogel PVA memiliki derajat ekspansi sebesar (187,05±7,36) %, sedangkan derajat ekspansi hidrogel komposit untuk rasio PVA:EDK (10:1), (10:2), dan (10:3) berturut-turut adalah (209,60±30,90) %, (219,73±13,72) %, dan (231,11±15,03) %.

Hidrogel komposit dengan tambahan EDK yang lebih besar menunjukkan derajat pengembangan yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh EDK yang hidrofilik dengan pelarut etanol yang akan

menambah rantai -OH dalam komposit. Dari hasil derajat pengembangan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa hidrogel ini memenuhi syarat perban luka yang baik terkait dengan nilai yang diperoleh dalam rentang 100-900 % (Morgado, Aguiar-Ricardo, and Correia 2015). Sementara itu, perbedaan signifikan dalam derajat pengembangan antara Hidrogel 10:0 dengan hidrogel komposit 10:1, 10:2, dan 10:3 mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk perbedaan densitas hidrogel dan porositas hidrogel. Dimana semakin besar densitas hidrogel menyebabkan pengurangan porositas sehingga menurunkan derajat pengembangan hidrogel (Kopač, Ručigaj, and Krajnc 2020).



Gambar 2. Derajat Pengembangan (*Swelling Degree*) PVA/EDK

#### 4. KESIMPULAN

Hidrogel PVA/EDK telah berhasil dikembangkan dengan variasi rasio penambahan EDK menggunakan metode freeze-thaw. Hasil pengukuran menunjukkan densitas hidrogel yang dihasilkan menurun seiring penambahan massa EDK, sedangkan derajat pengembangan meningkat dengan peningkatan massa EDK. Hidrogel PVA/ memiliki derajat ekspansi sebesar  $(187,05 \pm 7,36)$  %, sedangkan derajat ekspansi hidrogel komposit untuk rasio PVA: EDK (10:1), (10:2), dan (10:3) berturut-turut adalah  $(209,60 \pm 30,90)$  %,  $(219,73 \pm 13,72)$  %, dan  $(231,11 \pm 15,03)$  %. Hasil ini menunjukkan derajat pengembangan dari hidrogel PVA/EDK yang dihasilkan sudah memenuhi syarat untuk digunakan sebagai penutup luka. Namun untuk pengembangan lebih jauh, diperlukan uji lanjutan seperti uji tarik, uji porositas, uji morfologi serta uji antibakteri hidrogel untuk aplikasi lebih lanjut.

#### REFERENSI

- de Albuquerque, Tiago Lima, Victor Gabriel Cunha Cavalcante, Wesley da Silva Rocha, André Casimiro de Macedo, and Maria Valdez Pontes Rocha. 2024. "Hydrogels Based on Lignin Extracted from Cashew Apple Bagasse and Its Application in Antimicrobial Wound Dressings." *International Journal of Biological Macromolecules* 262:130169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130169>.
- Asy-Syifa, Nabila, Kusjuriansah, William Xaveriano Waresindo, Dhewa Edikresnha, Tri Suciati, and Khairurrijal Khairurrijal. 2022. "The Study of the Swelling Degree of the PVA Hydrogel with Varying Concentrations of PVA." *Journal of Physics: Conference Series* 2243(1). doi: 10.1088/1742-6596/2243/1/012053.
- Darmayanti, Agung Sri, and Sri Wuryanti. 2010. "Inventarisasi Tumbuhan Berkhasiat Obat Di Wilayah Desa Egon, Kecamatan Waegete, Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur." *Berk. Penel. Hayati* 4:5-11.
- Eldeeb, Alaa Emad, Salwa Salah, and Nermeen A. Elkasabgy. 2022. "Biomaterials for Tissue Engineering Applications and Current Updates in the Field: A Comprehensive Review." *AAPS*

- PharmSciTech* 23(7). doi: 10.1208/s12249-022-02419-1.
- Firlar, Ilayda, Mine Altunbek, Colleen McCarthy, Murugan Ramalingam, and Gulden Camci-Unal. 2022. "Functional Hydrogels for Treatment of Chronic Wounds." *Gels* 8(2):1–23. doi: 10.3390/gels8020127.
- Ghani, Afsaneh, Ehsan Nazarzadeh Zare, Pooyan Makvandi, and Navid Rabiee. 2024. "Antioxidant, Antibacterial and Biodegradable Hydrogel Films from Carboxymethyl Tragacanth Gum and Clove Extract: Potential for Wound Dressings Application." *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 7:100428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100428>.
- Hasan, Md Mahmudul, Md Forhad Uddin, Nayera Zabin, Md Salman Shakil, Morshed Alam, Fahima Jahan Achal, Most Hosney Ara Begum, Md Sakib Hossen, Md Ashraful Hasan, and Md Mahbulul Morshed. 2021. "Fabrication and Characterization of Chitosan-Polyethylene Glycol (Ch-Peg) Based Hydrogels and Evaluation of Their Potency in Rat Skin Wound Model." *International Journal of Biomaterials* 2021:1–11. doi: 10.1155/2021/4877344.
- Julaeha, Euis, Winda Rian Puspita, Nandang Permadi, Asep Harja, Sarifah Nurjanah, Tatang Wahyudi, and Jamaludin Al-Anshori. 2024. "Optimization of Citrus Aurantifolia Peel Extract Encapsulation in Alginate-Gelatin Hydrogel Microbeads for Antibacterial Wound Dressing Applications." *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 7:100406. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100406>.
- Kopač, Tilen, Aleš Ručigaj, and Matjaž Krajnc. 2020. "The Mutual Effect of the Crosslinker and Biopolymer Concentration on the Desired Hydrogel Properties." *International Journal of Biological Macromolecules* 159:557–69. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.088.
- Kusjuriansah, Kusjuriansah, Marathur Rodhiyah, Nabila Asy Syifa, Halida Rahmi Luthfianti, William Xaveriano Waresindo, Dian Ahmad Hapidin, Tri Suciati, Dhewa Edikresnha, and Khairurrijal Khairurrijal. 2023. "Composite Hydrogel of Poly(Vinyl Alcohol) Loaded by Citrus Hystris Leaf Extract, Chitosan, and Sodium Alginate with In Vitro Antibacterial and Release Test." *ACS Omega* (March). doi: 10.1021/acsomega.3c10143.
- Janur, Helena, and Oktavius Yoseph Tuta Mago. 2018. "Eksplorasi Tumbuhan Obat Tradisional Desa Blata Tatin Kecamatan Kangae Kabupaten Sikka." *Jurnal Saintek Lahan Kering* 1(2):24–25. doi: 10.32938/slk.v1i2.526.
- Latiffah, Efa, Asti Sawitri, Bertolomeus Haryanto Agung, Dian Ahmad Hapidin, Dhewa Edikresnha, Elfahmi Elfahmi, and Khairurrijal Khairurrijal. 2024. "Antibacterial Activity of Electrospun Nanofibers Polyvinylpyrrolidone/Cellulose Acetate Matrix Loaded by Ageratum Conyzoides L. Weed." *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 9:100651. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100651>.
- Li, Xiaowei, Brian Cho, Russell Martin, Michelle Seu, Chi Zhang, Zhengbing Zhou, Ji Suk Choi, Xuesong Jiang, Long Chen, Gurjot Walia, Jerry Yan, Megan Callanan, Huanhuan Liu, Kevin Colbert, Justin Morrisette-McAlmon, Warren Grayson, Sashank Reddy, Justin M. Sacks, and Hai Quan Mao. 2019. "Nanofiber-Hydrogel Composite-Mediated Angiogenesis for Soft Tissue Reconstruction." *Science Translational Medicine* 11(490):1–12. doi: 10.1126/scitranslmed.aau6210.
- Ma, Shuaijiang, Shiwei Wang, Qian Li, Yuting Leng, Lianhui Wang, and Guo-Hua Hu. 2017. "A Novel Method for Preparing Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogels: Preparation, Characterization, and Application." *Industrial & Engineering Chemistry Research* 56(28):7971–76. doi: 10.1021/acs.iecr.7b01812.
- Morgado, Patrícia I., Ana Aguiar-Ricardo, and Ilídio J. Correia. 2015. "Asymmetric Membranes as Ideal Wound Dressings: An Overview on Production Methods, Structure, Properties and Performance Relationship." *Journal of Membrane Science* 490:139–51. doi: 10.1016/j.memsci.2015.04.064.
- Peng, Shuijiao, Shuxuan Liu, Yujun Sun, Nanping Xiang, Xiancai Jiang, and Linxi Hou. 2018. "Facile Preparation and Characterization of Poly(Vinyl Alcohol)--Glycerol Supramolecular Hydrogel Electrolyte." *European Polymer Journal* 106(June):206–13. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2018.07.024.
- Putry, B, O., Harfiani E, and S. Tjang Y. 2021. "Systematic Review : Efektivitas Ekstrak Daun Kirinyuh

- ( *Chromolaena Odorata* ) Terhadap Penyembuhan Luka Studi In Vivo Dan In Vitro.” *Seminar Nasional Riset Kedokteran (Sensorik Ii)*:1–13.
- Waresindo, William Xaveriano, Halida Rahmi Luthfianti, Dhewa Edikresnha, Tri Suciati, Fatimah Arofiati Noor, and Khairurrijal Khairurrijal. 2021. “A Freeze–Thaw PVA Hydrogel Loaded with Guava Leaf Extract: Physical and Antibacterial Properties.” *RSC Advances* 11(48):30156–71. doi: 10.1039/D1RA04092H.
- Wulandari, Linda, and Khotibul Umam. 2023. “Potensi Ekstrak Daun Kirinyuh (*Chromolaena Odorata*) Dalam Menghambat Bakteri Patogen (*E. Sakazakii*, *S. Typi*, dan *L. Monocytogenes*).” *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)* 8(2):18–31. doi: 10.33474/e-jbst.v8i2.497.
- Yassir, Muhammad, and Asnah Asnah. 2019. “Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional di Desa Batu Hamparan Kabupaten Aceh Tenggara.” *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan* 6(1):17. doi: 10.22373/biotik.v6i1.4039.

