

Literatur Review Sediaan Hidrogel Mengandung Kitosan Untuk Penyembuhan Luka Bakar

Salwa Fajriati Maulida Mudakir*, Dina Mulyanti, Dan Sani Ega Priani

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*fajriatisalwa@gmail.com, dina.mulyanti@unisba.ac.id, egapriani@gmail.com

Abstract. A burn is a form of trauma to the skin or other tissues caused by direct or indirect contact with heat or other acute exposure. Hydrogel is a topical semisolid preparation that refers to a three-dimensional arrangement made of hydrophilic polymers that can accelerate burn wound healing because hydrogels are able to keep wound moisture high and allow cell growth and migration. The addition of chitosan to hydrogel preparations can improve burn wound healing because it has been known to provide anti-inflammatory effects, analgesic, and antibacterial activity. This study aims to determine the polymers combined with chitosan in hydrogel formulations and their effect on the characteristics of hydrogel preparations and their effectiveness in burn wound healing. This study is based on a systematic literature review by reviewing articles obtained from databases that meet the predetermined inclusion and exclusion criteria. The results showed that the polymer combinations that gave good hydrogel preparation characteristics were chitosan and gelatin. Meanwhile, the most commonly used method is freeze-thawing. Hydrogel preparations containing chitosan were proven *in vivo* to be effective in healing burn wounds because they were able to inhibit bacterial infection and accelerate burn wound healing in test animals.

Keywords: *Hydrogel, Chitosan, Skin Burns.*

Abstrak. Luka bakar adalah suatu bentuk trauma pada kulit atau jaringan lain yang disebabkan oleh kontak langsung atau tidak langsung dengan panas atau paparan akut lainnya. Hidrogel merupakan sediaan semipadat topikal yang mengacu pada susunan tiga dimensi yang terbuat dari polimer hidrofilik yang mampu mempercepat penyembuhan luka bakar karena hidrogel mampu menjaga kelembapan luka tetap tinggi dan memungkinkan pertumbuhan sel dan migrasinya. Penambahan kitosan pada sediaan hidrogel mampu meningkatkan penyembuhan luka bakar karena telah diketahui memberikan efek antiinflamasi, analgetik, dan aktivitas antibakteri. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui polimer yang dikombinasikan dengan kitosan pada formulasi hidrogel serta pengaruhnya terhadap karakteristik sediaan hidrogel serta efektivitasnya dalam penyembuhan luka bakar. Kajian ini berbasis *systematic literature review* dengan mengkaji artikel yang diperoleh dari database yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Hasil kajian yang menunjukkan bahwa kombinasi polimer yang memberikan hasil karakteristik sediaan hidrogel yang baik adalah kitosan dan gelatin. Sementara itu, metode yang paling umum digunakan adalah *freeze-thawing*. Sediaan hidrogel mengandung kitosan terbukti secara *in vivo* efektif dalam penyembuhan luka bakar karena mampu menghambat infeksi bakteri dan mempercepat penyembuhan luka bakar pada hewan uji.

Kata Kunci: *Hidrogel, Kitosan, Luka Bakar.*

A. Pendahuluan

Luka bakar adalah suatu bentuk trauma pada kulit atau jaringan lain yang disebabkan oleh kontak langsung atau tidak langsung dengan panas atau paparan akut lainnya. Luka bakar terjadi pada lapisan luar kulit (epidermis) atau jaringan hidup lainnya yang disebabkan oleh panas atau agen penyebab lainnya (radiasi, listrik, bahan kimia), dan dapat menimbulkan berbagai akibat (1).

Luka bakar adalah salah satu masalah kesehatan di dunia yang menjadi penyebab kematian, luka bakar menyumbang 1% penyakit global, menyebabkan lebih dari 7,1 juta cedera, lebih dari 265.000 kematian di setiap tahunnya. Luka bakar menyebabkan morbiditas dan mortalitas yang signifikan, sehingga menimbulkan biaya fisik, psikologis, dan ekonomi pada pasien yang terkena dampaknya.

Salah satu cara pengobatan luka bakar adalah dengan terapi hidrogel. Pemanfaatan hidrogel sebagai terapi pengobatan luka bakar telah banyak digunakan karena hidrogel mampu memberikan efek pendinginan pada luka, kemampuan menyerap cairan luka, mengurangi rasa sakit, melindungi area luka dari kontaminasi dan memiliki stabilitas yang baik pada pH yang asam sehingga dapat digunakan untuk pengobatan luka bakar (2).

Hidrogel merupakan sediaan semipadat topikal yang mengacu pada susunan tiga dimensi yang terbuat dari polimer hidrofilik dengan kapasitas tinggi untuk berinteraksi dan menahan sejumlah besar air dan cairan biologis namun tidak larut karena adanya ikatan silang (cross-linked) dan memiliki kapasitas untuk mengembang (swelling) serta memiliki gaya antarmolekul yang dapat menghasilkan viskositas yang baik (3, 4). Hidrogel memiliki kandungan air yang besar yaitu 80-90%, bersifat steril, dapat mengabsorpsi air, memiliki fleksibilitas yang tinggi, dapat melekat pada daerah luka dan tidak menimbulkan jaringan parut pada bekas luka (5).

Penggunaan polimer alam pada sediaan sebagai bahan baku bukan merupakan sesuatu yang baru. Polimer alam memiliki beberapa keunggulan yaitu memiliki sifat biokompatibel, biodegradable, antibakteri, tidak beracun, dan hydrating agen (6). Salah satu polimer alam yang digunakan adalah kitosan yang berasal dari kitin. Kitin tersebut merupakan komponen utama dari kulit kepiting, rajungan, kerang, dan kulit udang. Karena mempunyai sifat spesifik, kitosan efektif dalam mempercepat penyembuhan luka (7). Polimer ini biasanya dikombinasikan dengan polimer sintetik karena sifat mekaniknya yang buruk. Polimer sintetik meliputi polivinil pirolidon (PVP), polietilen glikol (PEG), polivinil alkohol (PVA), poliuretan (PU), dan polihidroksietil metakrilat (PHEMA) (8).

Dalam beberapa penelitian, pengembangan sediaan hidrogel untuk penyembuhan luka sudah banyak dilakukan. Namun, sediaan hidrogel mengandung kitosan untuk penyembuhan luka bakar saat ini masih terbatas. Luka bakar memiliki efek rasa panas terlebih kulit dapat menghantarkan panas lebih cepat dibandingkan udara dan mudah terkena infeksi oleh bakteri, sehingga penelitian mengenai formulasi, karakteristik sediaan, dan efektivitas terhadap penyembuhan luka bakar perlu dilakukan.

Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai sediaan hidrogel menggunakan kitosan serta pengaruhnya terhadap penyembuhan luka bakar. Rumusan masalah pada kajian ini adalah apakah jenis polimer yang dapat dikombinasikan dengan kitosan dalam formulasi hidrogel dan pengaruhnya terhadap karakteristik sediaan, dan bagaimana efektivitas hidrogel mengandung kitosan terhadap penyembuhan luka bakar.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kombinasi polimer kitosan dalam formulasi hidrogel serta pengaruhnya karakteristik sediaan yang optimum dan mengetahui efektivitas hidrogel mengandung kitosan terhadap penyembuhan luka bakar. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan bagi masyarakat luas mengenai pengobatan luka bakar menggunakan hidrogel mengandung kitosan.

B. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR). Studi literatur dilakukan dengan cara studi pustaka dari jurnal-jurnal yang sudah dipublikasi sebagai sumber pustaka primer. Pada penelitian ini dilakukan penelusuran pustaka pada *Science direct*, *Pubmed*,

John Wiley and Sons, dan *Sage Publication*. Pencarian artikel pada database tersebut dilakukan dengan menggunakan kata kunci pencarian berupa ‘*Hydrogel*’ AND ‘*Chitosan*’ AND ‘*Skin Burns*’.

Pemilihan jurnal dan artikel yang digunakan dalam penelitian berdasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi terdiri dari jurnal dan artikel penelitian tentang hidrogel mengandung kitosan untuk luka bakar yang dapat diakses, sedangkan kriteria eksklusi adalah jurnal dan artikel yang dipublikasikan di bawah rentang 2013-2024, artikel review, dan artikel sediaan hidrogel tanpa menggunakan kitosan. Ekstraksi data dilakukan terhadap artikel atau jurnal yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dengan tujuan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan, sehingga data-data yang di ekstraksi meliputi formulasi, karakteristik sediaan, dan uji aktivitas secara *in vivo* hidrogel mengandung kitosan untuk penanganan luka bakar. Setelah itu, data tersebut direview atau dikumpulkan dalam bentuk kajian ilmiah pada proposal ini.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Formulasi dan Karakteristik Hidrogel Mengandung Kitosan

Saat ini, sediaan untuk penanganan luka bakar terus dikembangkan dengan tujuan untuk mengurangi rasa sakit pada saat pembalut luka dilepaskan dan untuk menciptakan lingkungan hangat dan lembab yang merupakan faktor kunci dari kecepatan penyembuhan luka bakar. Sediaan yang dapat memfasilitasi kelembaban, mengurangi kelebihan eksudat yang dapat mempercepat pertumbuhan jaringan granulasi memfasilitasi pembelahan sel kulit, memungkinkan terjadinya pertukaran oksigen dan uap air serta melindungi terhadap invasi mikroba dan nyaman pada saat pemakaian (9). Salah satu sediaan untuk penanganan luka bakar yang telah banyak digunakan yaitu sediaan hidrogel mengandung kitosan.

Sediaan hidrogel mengandung kitosan sudah dilakukan berbagai modifikasi bentuk, metode pembuatan, serta kombinasi polimer yang digunakan dalam formulasinya. Hal tersebut dilakukan agar sediaan hidrogel memiliki karakteristik yang baik serta efektif untuk penyembuhan luka bakar. Bentuk yang paling banyak dikembangkan dalam sediaan hidrogel mengandung kitosan berdasarkan hasil kajian adalah gel dan nanokomposit. Sediaan hidrogel berbentuk gel dapat memiliki daya lekat yang tinggi sehingga pada saat diaplikasikan pada luka tidak mudah mengalir, dan memiliki daya sebar yang baik sehingga ketika diaplikasikan ke luka akan mudah mudah menyebar dan tidak menyumbat pori-pori, sehingga pernapasan pada pori-pori tidak terganggu (10). Sedangkan sediaan hidrogel berbentuk nanokomposit memiliki manfaat spesifik karena karakteristik fisikokimia dan ukurannya skala nano, hidrogel ini dapat mengontrol proses biologis pada tingkat sel. Oleh karena itu, bentuk hidrogel ini menarik banyak minat untuk mengembangkan sediaan untuk perawatan dan penyembuhan luka (11).

Secara umum, dalam formulasi sediaan hidrogel salah satu yang paling penting yaitu jenis polimer yang digunakan. Polimer adalah bahan yang berperan penting dalam formulasi hidrogel sebagai bahan utama pembentuk hidrogel. Penggunaan jenis polimer dapat berpengaruh pada karakteristik sediaan seperti swelling ratio, tensile strength, elongation dan WVTR. Dapat dilihat dari hasil kajian pada tabel 1 ada beberapa jenis polimer yang dikombinasikan dengan kitosan yaitu keratin, gelatin, nanohydroxyapatite (NHA), PEG, PVA, acrylic acid, CMC Na, dan Sodium Alginat. Polimer-polimer tersebut dikombinasikan dengan kitosan karena dapat meningkatkan kekuatan ikatan silang dan aktivitas antibakteri pada sediaan hidrogel (12).

Tabel 1. Formulasi dan Karakteristik Hidrogel Mengandung Kitosan

No	Bentuk	Metode Pembuatan	Polimer	Zat Aktif	Persentase Kitosan	Karakterisasi					Daftar Pustaka
						SEM	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Swelling ratio (%)	WVTR (g/m ² /hari)	
1	Nanokomposit	Freeze-thawing	- Kitosan - Keratin	-	7,5	- Permukaan halus berpori - Pori-pori saling menempel - Ukuran pori-pori 100 – 300 nm - Permukaan berpori	0,31	63	35	-	(Zhai <i>et al.</i> , 2018) ¹³
2	Nanokomposit	Freeze-thawing	- Kitosan - Gelatin	Kurkumin	15	- Ukuran pori-pori 26-31 nm - Porositas yang baik - Permukaan berpori	4,36	50,2	1268,39	-	(Khoshmaram <i>et al.</i> , 2024) ¹⁴
3	Nanokomposit	Freeze-drying	- Kitosan - Nanohydroxyapatite (NHA)	-	0,02	- Permukaan halus berpori - Ukuran pori 42-86 nm - Permukaan berpori	-	-	1800	-	(Qianqian <i>et al.</i> , 2021) ¹⁵
4	Gel	Freeze-thawing	- Kitosan - Polietilen glikol (PEG)	-	0,2	- Permukaan hidrogel homogen - Permukaan terdapat pori	-	-	93	-	(Hasan <i>et al.</i> , 2021) ¹
5	Gel	Freeze-thawing	- Kitosan n-glikosilasi - Polivinil alkohol (PVA)	Ofloksasin	20	- tidak seragam dan kekasaran permukaan bervariasi - Permukaan berpori terbuka dan cukup untuk diserap cairan tubuh - Ukuran pori sebesar 19 mm - Permukaan halus berpori	-	-	90	-	(Yi <i>et al.</i> , 2022) ¹⁶
6	Gel	Freeze-thawing	- Kitosan - Acrylic Acid	-	2	- Ukuran pori sebesar 19 mm - Permukaan halus berpori	0,14 ± 0,02	-	4,8 ± 0,5	1666 ± 13	(Yao <i>et al.</i> , 2019) ¹⁷
7	Film	Solven-casting	- Kitosan - CMC Na - Sodium Alginat (SA)	-	1	- Ukuran pori yang terkendali 30-80 nm	50	-	-	1810,777 ± 131,679	(Liang <i>et al.</i> , 2019) ¹⁸

Dalam metode pembuatannya, sediaan hidrogel dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu freeze thawing, freeze drying, solvent casting, dan radiasi sinar gamma. Metode yang paling banyak digunakan adalah freeze thawing dapat dilihat dari hasil kajian pada tabel 1. Metode freeze thawing adalah metode pembuatan yang dilakukan dengan pengikatan secara fisik melalui dua kondisi, yaitu kondisi freezing/pembekuan rantai-rantai polimer akan berdekatan satu sama lain dan membentuk interaksi yang kuat, sedangkan pada kondisi thawing/mencair rantai polimer bergerak bebas dan terjadi proses penyusunan ulang rantai polimer sehingga menyebabkan rantai polimer saling menjauh (19). Metode ini memiliki keuntungan yaitu tidak menggunakan zat kimia sebagai pembentuk ikatan silang karena zat kimia tersebut dapat bermasalah pada biokompatibel ikatan silang yang dihasilkan (20).

Sediaan hidrogel yang baik untuk luka bakar harus dapat menyerap eksudat dan tetap menjaga kelembaban pada luka (21). Kemampuan ini dapat dilihat dari karakteristik fisik sediaan yaitu swelling ratio. Dapat dilihat dari tabel 1 terdapat nilai karakteristik swelling ratio yang berbeda-beda bergantung pada bentuk hidrogel dan kombinasi polimer. Berdasarkan hasil kajian, swelling ratio yang tertinggi dihasilkan oleh hidrogel bentuk nanokomposit, menggunakan metode pembuatan freeze drying, dengan kombinasi polimer kitosan dan nanohydroxyapatite (NHA) yaitu 1800% dan nanokomposit dengan kombinasi polimer kitosan dan gelatin yaitu 1268,39% (14, 15).

Karakteristik mekanik dan fisik yang penting untuk sediaan hidrogel yaitu tensile strength dan elongation. Menurut hasil penelitian dari Jansen and Rottier, material medis yang dihasilkan yaitu dengan nilai tensile strength 1 – 24 MPa (22). Dari hasil kajian, dapat dilihat bahwa umumnya hidrogel bentuk nanokomposit dan film menggunakan kombinasi polimer kitosan dengan CMC Na, sodium alginat dan gelatin dengan konsentrasi kitosan 1 dan 15% menghasilkan tensile strength sekitar 4 – 50 MPa, sehingga masuk rentang sebagai material penutup luka yang baik karena mendekati sifat mekanik kulit (14, 18). Nilai elongation pada hidrogel bentuk nanokomposit menghasilkan persentase sekitar 50 - 63% (14). Hal ini menandakan bahwa hidrogel dengan bentuk nanokomposit memiliki kemampuan regangan yang baik, karena besarnya nilai elongation menentukan keelastisan suatu sediaan. Nilai elongation untuk kulit manusia berkisar 30 – 115%, jika nilai elongation mendekati nol maka sediaan tersebut adalah sediaan yang rapuh (23). WVTR adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan hidrogel untuk menahan uap air (24). Dari hasil kajian dapat dilihat nilai WVTR pada hidrogel bentuk film lebih besar dibandingkan bentuk gel. Hal ini menunjukkan bahwa hidrogel bentuk film lebih baik dalam mengendalikan kelembaban melalui transfer uap air (25).

Dari hasil pengkajian pustaka terkait karakteristik hidrogel yang telah dilakukan, dapat dilihat seluruh hasil karakteristik hidrogel dalam bentuk nanokomposit dengan kombinasi polimer kitosan dan gelatin lebih baik dibandingkan dengan hidrogel bentuk lainnya. Hal ini dapat dilihat dari hasil karakteristik swelling ratio pada hidrogel bentuk ini cukup tinggi yaitu sebesar 1268,39%. Hal ini dapat dipengaruhi oleh struktur pori yang kompak (26). Kemudian nilai karakteristik tensile strength dan elongation juga masuk kedalam nilai yang baik yaitu sediaan yang memiliki sifat mekanik kuat dan tidak rapuh. Nilai tensile strength dan elongation yang baik dapat disebabkan oleh gelatin yang dipakai adalah gelatin metakrilat yang memiliki sifat biokompatibilitas, antiinflamasi, biodegradabilitas dan sifat mekanik yang baik (27). Sehingga modifikasi sediaan hidrogel kedalam bentuk nanokomposit dengan kombinasi polimer kitosan dan gelatin dapat menghasilkan karakteristik yang baik.

Kajian lainnya adalah efektivitas hidrogel mengandung kitosan untuk penyembuhan luka bakar melalui evaluasi penyembuhan luka secara *in vivo*. Evaluasi ini melibatkan tikus dan kelinci yang telah diinduksi menderita luka bakar dengan menggunakan batang logam silinder dengan diameter 10 mm yang dipanaskan diatas api kemudian ditekan ke permukaan kulit punggung tikus atau kelinci yang telah di anestesi ringan. Setelah itu, hidrogel mengandung kitosan diaplikasikan pada tikus atau kelinci dan dilakukan pemantauan dan pengamatan terhadap aktivitas penyembuhan luka bakar pada tikus atau kelinci.

Tabel 2. Aktivitas Hidrogel Mengandung Kitosan dalam Penyembuhan Luka Bakar secara *In Vivo*

No	Bentuk	Metode	Polimer	Zat aktif	Persentase	Hewan	Hasil Evaluasi <i>in vivo</i> Penyembuhan		Daftar Pustaka	
		Pembuaatan			kitosan	Tikus	Kelinci	Luka*		
								Hidrogel Uji		Kontrol
1	Nanokomposit	Freeze-thawing	- Kitosan - Keratin	-	7,5	✓		Proses penyembuhan luka pada kelompok uji pada waktu 7-14 hari mencapai penyembuhan luka 95%	Proses penyembuhan luka pada kelompok kontrol pada waktu 7-14 hari menapai penyembuhan luka 65%	(Zhai <i>et al.</i> , 2018) ¹³
2	Nanokomposit	Freeze-thawing	- Kitosan - Gelatin	Kurkumin	15	✓		Proses penyembuhan luka pada kelompok uji pada waktu 7-14 hari luka telah sembuh seluruhnya	Proses penyembuhan luka pada kelompok kontrol pada waktu 7-14 hari luka belum sembuh seluruhnya	(Khoshmaram <i>et al.</i> , 2024) ¹⁴
3	Nanokomposit	Freeze-drying	- Kitosan - <i>Nanohydroxyapatite</i> (NHA)	-	0,02		✓	Proses penyembuhan luka pada kelompok uji pada waktu 14-21 hari luka telah sembuh seluruhnya	Proses penyembuhan luka pada kelompok kontrol pada waktu 14-21 hari luka belum sembuh seluruhnya	(Qianqian <i>et al.</i> , 2021) ¹⁵
4	Gel	Freeze-thawing	- Kitosan n-glikolasi - Polivinil alkohol (PVA)	Ofloksasin	20		✓	Hari ke-3 : 17 % Hari ke-7 : 45 % Hari ke-10 : 73% Hari ke- 15 : 100%	Hari ke-3 : 10 % Hari ke-7 : 20 % Hari ke-10 : 48 % Hari ke- 15 : 81 %	(Yi <i>et al.</i> , 2022) ¹⁶
5	Gel	Freeze-thawing	- Kitosan - Polietilen glikol (Peg)	-	0,2	✓		Hari ke- 28 : 100%	Hari ke- 28 : 93%	(Hasan <i>et al.</i> , 2021) ¹
6	Gel	Solven-casting	- Kitosan - Marine peptida	-	2		✓	Hari ke- 28 : 100% Hari ke- 1 : 3 cm	Hari ke- 28 : 76.9% Hari ke- 1 : 3 cm	(Ouyang <i>et al.</i> , 2018) ³⁶
7	Film	Solven-casting	- Kitosan - CMC-na - Sodium Alginat (SA)	-	1	✓		Hari ke- 8 : 2.5 cm Hari ke- 16: 1 cm Hari ke- 20 : 0 cm	Hari ke- 8 : 3 cm Hari ke- 16 : 2 cm Hari ke- 20 : 1 cm	(Liang <i>et al.</i> , 2019) ¹⁸
8	Pasta	Radiasi gamma	- Kitosan - Polivinil alcohol (PVA)	-	0,25	✓		Hari ke- 12 : 90%	Hari ke- 12 : 71%	(Nacer Khodja <i>et al.</i> , 2013) ³⁵

Kitosan dapat berperan secara signifikan dalam mempercepat proses penyembuhan luka. Hal ini disebabkan oleh beberapa aktivitas dari kitosan seperti kemampuan menyembuhkan luka, sebagai antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi (28). Kitosan memiliki kemampuan untuk membentuk banyak jaringan epitel yang akan mempercepat proses re-epitalisasi serta dapat melakukan penutupan luka dengan cepat (29). Proses re-epitalisasi sangat penting untuk pembaharuan kulit dan penyembuhan luka, apabila proses reepitalisasi berlangsung dengan cepat maka luka akan lebih cepat menutup sehingga mempercepat proses penyembuhan pada luka (30). Kitosan juga memiliki aktivitas sebagai antibakteri yang kuat, kitosan umumnya menunjukkan efek bakterisida yang lebih kuat pada bakteri Gram positif dibandingkan dengan Gram negatif. Hal ini akan membantu proses penyembuhan luka bakar karena sebagian besar bakteri yang terdapat pada luka bakar merupakan bakteri gram positif seperti *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus hominis* (31, 32).

Dari hasil kajian pustaka terkait aktivitas hidrogel dalam penyembuhan luka bakar secara in vivo yang telah dilakukan, secara keseluruhan hidrogel dalam bentuk nanokomposit dengan kombinasi polimer kitosan dan gelatin dapat secara efektif menyembuhkan luka bakar dengan baik. Dapat ditandai dengan kecepatan penyembuhan luka yaitu dalam jangka waktu 14 hari (14). Penutupan luka yang cepat dapat disebabkan oleh penambahan kitosan yang diisi dengan nanopartikel kurkumin yang dimana dapat mengurangi pembengkakan, menghilangkan rasa sakit, menghilangkan rasa gatal, dan bersifat antibakteri. Nanopartikel dapat merangsang penyembuhan alami pada tubuh dengan proses meningkatkan migrasi fibroblas dan produksi kolagen juga membantu mengurangi risiko infeksi dengan membantu membunuh bakteri pada luka (33). Kecepatan penyembuhan luka menggunakan hidrogel bentuk nanokomposit ini dapat dipengaruhi oleh nilai swelling ratio yang cukup besar karena dapat menyerap eksudat dan menjaga kelembaban luka. Proses re-epitelisasi dapat dipercepat, sel epidermis dapat lebih mudah bermigrasi lebih mudah pada area luka yang basah (34). Sehingga dengan mengubah hidrogel kedalam bentuk nanokomposit menggunakan polimer kitosan dan gelatin serta penambahan nanopartikel kurkumin dapat meningkatkan proses penyembuhan dari luka bakar.

D. Kesimpulan

Hasil kajian menunjukan bahwa sediaan hidrogel mengandung kitosan banyak dikembangkan seperti modifikasi bentuk, kombinasi polimer, dan metode pembuatannya untuk penanganan luka bakar. Bentuk sediaan serta beragam kombinasi polimer pada hidrogel menghasilkan karakteristik yang beragam, namun tetap efektif digunakan untuk penyembuhan luka bakar. Kitosan dan gelatin merupakan polimer yang menghasilkan karakteristik yang paling baik. Sediaan hidrogel mengandung kitosan sudah terbukti efektif dalam penyembuhan luka bakar berdasarkan hasil pengujian in vivo pada hewan uji.

Acknowledge

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. apt. Dina Mulyanti, M.Si. selaku pembimbing utama dan Ibu apt. Sani Ega Priani, M.Si. selaku pembimbing serta yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan dan dukungan kepada penulis selama pelaksanaan dan penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hasan, M. M., Uddin, M. F., Zabin, N., Shakil, M. S., Alam, M., Achal, F. J., Ara Begum, M. H., Hossen, M. S., Hasan, M. A., & Morshed, M. M. (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.
- [2] Erizal. (2008). Pengaruh Pembalut Hidrogel Kopolimer Polivinilpirrolidon (PVP)- κ -Karaginan Hasil Iradiasi dan Waktu Penyembuhan pada Reduksi Diameter Luka Bakar Tikus Putih Wistar. In *Indo. J. Chem* (Vol. 8, Issue 2).
- [3] Roy, N., Saha, N., & Saha, P. (2013). Stability study of novel medicated hydrogel wound dressings. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*,

- 62(3), 150–156.
- [4] Bahram, M., Mohseni, N., & Moghtader, M. (2016). An Introduction to Hydrogels and Some Recent Applications. In *Emerging Concepts in Analysis and Applications of Hydrogels*. InTech. <https://doi.org/10.5772/64301>
 - [5] Darwis, D., Lely, D., Pusat, H., Isotop, A. T., Radiasi -Batan, D., Lebak, J., Raya, B., Jumat, P., & Selatan, J. (2010). Potensi Hidrogel Polivinil Piroolidon (PVP)-Pati Hasil Radiasi Gamma Sebagai Plester Penurun Demam. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation*, 6(1).
 - [6] Haryanto, H. (2021). Pengaruh Kitosan Terhadap Karakterisasi Hidrogel Film PVA Untuk Aplikasi Pembalut Luka. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 22(2), 123.
 - [7] Rizkia Putri, F. (2012). Efektivitas Salep Kitosan terhadap Penyembuhan Luka Bakar Kimia pada Rattus norvegicus Chitosan Oilment Effect on Chemical Wound Healing in Rattus norvegicus.
 - [8] Alven, S., & Aderibigbe, B. A. (2020). Chitosan and Cellulose-Based Hydrogels for Wound Management. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24).
 - [9] Ribeiro, M., Simões, M., Vitorino, C., & Mascarenhas-Melo, F. (2024). Hydrogels in Cutaneous Wound Healing: Insights into Characterization, Properties, Formulation and Therapeutic Potential. *Gels*, 10(3), 188.
 - [10] Rosida, Barro Hakam Fajar Sidiq, H., & Putri Apriliyanti, I. (2018). Evaluasi Sifat Fisik Dan Uji Iritasi Gel Ekstrak Kulit Buah Pisang (*Musa acuminata* Colla) (Evaluation of Physical Properties and Irritation Test of Gel Banana Peel Extract (*Musa acumina* Colla) (Vol. 2, Issue 1).
 - [11] Wang, W., Lu, K., Yu, C., Huang, Q., & Du, Y.-Z. (2019). Nano-drug delivery systems in wound treatment and skin regeneration. *Journal of Nanobiotechnology*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s12951-019-0514-y>
 - [12] Moeini, A., Pedram, P., Makvandi, P., Malinconico, M., & Gomez d'Ayala, G. (2020). Wound healing and antimicrobial effect of active secondary metabolites in chitosan-based wound dressings: A review. *Carbohydrate Polymers*, 233, 115839. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115839>
 - [13] Zhai, M., Xu, Y., Zhou, B., & Jing, W. (2018). Keratin-chitosan/n-ZnO nanocomposite hydrogel for antimicrobial treatment of burn wound healing: Characterization and biomedical application. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 180, 253–258.
 - [14] Khoshmaram, K., Yazdian, F., Pazhouhnia, Z., & Lotfibakhshaiesh, N. (2024). Preparation and characterization of 3D bioprinted gelatin methacrylate hydrogel incorporated with curcumin loaded chitosan nanoparticles for *in vivo* wound healing application. *Biomaterials Advances*, 156, 213677.
 - [15] Qianqian, O., Songzhi, K., Yongmei, H., Xianghong, J., Sidong, L., Puwang, L., & Hui, L. (2021). Preparation of nano-hydroxyapatite/chitosan/tilapia skin peptides hydrogels and its burn wound treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 369–377.
 - [16] Yi, Y., Huang, T., Xu, Y., Mei, J., Zhang, Y., Wang, X., Chen, J., & Ying, G. (2022). Preparation and properties of N-glycosylated chitosan/polyvinyl alcohol hydrogels for use in wound dressings. *Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials*, 20. <https://doi.org/10.1177/22808000221101809>
 - [17] Yao, H. Y., Lin, H. R., Sue, G. P., & Lin, Y. J. (2019). Chitosan-based hydrogels prepared by UV polymerization for wound dressing. *Polymers and Polymer Composites*, 27(3), 155–167. <https://doi.org/10.1177/0967391118820477>
 - [18] Liang, M., Chen, Z., Wang, F., Liu, L., Wei, R., & Zhang, M. (2019). Preparation of self-regulating/anti-adhesive hydrogels and their ability to promote healing in burn wounds.

- Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 107(5), 1471–1482. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34239>
- [19] Kumar, A., & Han, S. S. (2017). PVA-based hydrogels for tissue engineering: A review. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 66(4), 159–182.
 - [20] Gadri, A., Mulyanti, D., & Aprilianti, S. (2014). Formulasi Pembalut Luka Hidrogel Berbasis-Karagenan Dengan Metode Freezing And Thawing Cycle. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*, 4(1), 163–170.
 - [21] Wei, L. (2015). The application of moist dressing in treating burn wound. *Open Medicine*, 10(1). <https://doi.org/10.1515/med-2015-0078>
 - [22] Jansen, L. H., & Rottier, P. B. (1958). Comparison of the Mechanical Properties of Strips of Human Abdominal Skin Excised from Below and from Above the Umbilic. *Dermatology*, 117(4), 252–258. <https://doi.org/10.1159/000255597>
 - [23] Ní Annaidh, A., Bruyère, K., Destrade, M., Gilchrist, M. D., & Otténio, M. (2012). Characterization of the anisotropic mechanical properties of excised human skin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 5(1), 139–148.
 - [24] Supeni, G. (2012). Pengaruh Formulasi Edible Film dari Karagenan Terhadap Sifat Mekanik dan Barrier. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 34(2), 282.
 - [25] Huang, M.-H., & Yang, M.-C. (2008). Evaluation of glucan/poly(vinyl alcohol) blend wound dressing using rat models. *International Journal of Pharmaceutics*, 346(1–2), 38–46.
 - [26] Hubbell, J. A. (1996). Hydrogel systems for barriers and local drug delivery in the control of wound healing. *Journal of Controlled Release*, 39(2–3), 305–313.
 - [27] Spencer, A. R., Shirzaei Sani, E., Soucy, J. R., Corbet, C. C., Primbetova, A., Koppes, R. A., & Annabi, N. (2019). Bioprinting of a Cell-Laden Conductive Hydrogel Composite. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(34), 30518–30533.
 - [28] Anushree, U., Punj, P., Vasumathi, & Bharati, S. (2023). Phosphorylated chitosan accelerates dermal wound healing in diabetic wistar rats. *Glycoconjugate Journal*, 40(1), 19–31.
 - [29] Alsarra, I. A. (2009). Chitosan topical gel formulation in the management of burn wounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(1), 16–21.
 - [30] Suratmini, P. A., Gusti, I., Ayu, A., Wardani, K., Dharma, N. M., & Suen, S. (2021). Potensi Tanaman Obat Terhadap Epitelisasi dalam Penyembuhan Luka Bakar. In *Jurnal Integrasi Obat Tradisional* • (Vol. 1, Issue 1).
 - [31] Latifi N.A. (2017). Correlation Of Occurrence Of Infection In Burn Patients. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 30(3), 172–176.
 - [32] Dai, T., Tanaka, M., Huang, Y.-Y., & Hamblin, M. R. (2011). Chitosan preparations for wounds and burns: antimicrobial and wound-healing effects. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 9(7), 857–879.
 - [33] Hu, Q., & Luo, Y. (2021). Chitosan-based nanocarriers for encapsulation and delivery of curcumin: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 179, 125–135.
 - [34] Winter, G. D., & Scales, J. T. (1963). Effect of Air Drying and Dressings on the Surface of a Wound. *Nature*, 197(4862), 91–92.
 - [35] Nacer Khodja, A., Mahlous, M., Tahtat, D., Benamer, S., Larbi Youcef, S., Chader, H., Mouhoub, L., Sedgelmaci, M., Ammi, N., Mansouri, M. B., & Mameri, S. (2013). Evaluation of healing activity of PVA/chitosan hydrogels on deep second degree burn: Pharmacological and toxicological tests. *Burns*, 39(1), 98–104.
 - [36] Ouyang, Q. Q., Hu, Z., Lin, Z. P., Quan, W. Y., Deng, Y. F., Li, S. D., Li, P. W., & Chen, Y. (2018). Chitosan hydrogel in combination with marine peptides from tilapia for burns healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 1191–1198.
 - [37] Annisa Yunia Rachmatika and Suwendar, “Uji Sitotoksik Ekstrak Etanol Kulit Batang

- Awar-awar dengan Metode BSLT,” *J. Ris. Farm.*, pp. 103–108, 2023, doi: 10.29313/jrf.v3i2.3161.
- [38] S. Q. Safira Qamarani, “Potensi Senyawa Flavonoid sebagai Pengobatan Luka,” *J. Ris. Farm.*, pp. 69–74, 2023, doi: 10.29313/jrf.v3i2.3113.
- [39] Eni Susilawati and Budi P. Soewondo, “Pengaruh Nanoenkapsulasi pada Aktivitas Senyawa yang Berpotensi sebagai Antioksidan,” *J. Ris. Farm.*, pp. 1–8, 2022, doi: 10.29313/jrf.v2i1.692.