

PENGARUH PENAMBAHAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE TERHADAP KARAKTERISTIK HIDROGEL FILM POLIVINIL ALKOHOL SEBAGAI APLIKASI PEMBALUT LUKA DENGAN CHEMICAL CROSSLINKING METHOD

Gika Annisa Selviana¹, Haryanto^{2*}

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 07 Juli 2022
Direvisi, 09 Agustus 2022
Diterima, 12 Agustus 2022

Kata Kunci:

Hidrogel
Chemical
Crosslinking
Polivinil
Alkohol
Carboxymethyl
Cellulose
Pembalut Luka

Keyword:

Hidrogel
Chemical
Crosslinking
Polivinil
Alkohol
Carboxymethyl
Cellulose
Wound
Dressing

INTISARI

Hidrogel, yang sangat biokompatibel dan mudah beradaptasi dengan jaringan biologis, telah menunjukkan kegunaan yang besar dalam aplikasi biomedis. Pada penelitian ini hidrogel pembalut luka dibuat menggunakan crosslinker asam sitrat sebagai alternatif dari glutaraldehid yang mana menimbulkan masalah kesehatan karena toksisitasnya, serta dilakukan penambahan zat aditif untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hidrogel PVA. Hidrogel PVA/CMC telah berhasil dibuat dengan metode ikat silang kimia. Formulasi konsentrasi karboksimetil selulosa (CMC) yang digunakan adalah 0% hingga 50%. Karakteristik yang diukur adalah fraksi gel, rasio swelling, dan sifat mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai crosslinking menurun dengan penambahan CMC yang ditunjukkan dengan fraksi gel hidrogel PVA/CMC yang menurun dari konsentrasi 0% sebesar 63.603%, dan terus menurun hingga tersisa 54.326%. Nilai rasio swelling pun menurun pada konsentrasi 0% sebesar 572.794%, dan terus menurun. Kuat tarik dan elongasi hidrogel menurun dengan penambahan CMC, dengan nilai terbesar pada konsentrasi 0% yaitu 18.33 N/mm² dan 282.51%. Hasil penelitian ini menunjukkan penambahan CMC menurunkan karakteristik hidrogel, namun nilainya sudah lebih baik dari beberapa penelitian terdahulu, sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai aplikasi pembalut luka.

ABSTRACT

Hydrogels, which are highly biocompatible and adaptable to biological tissues, have shown great utility in biomedical applications. In this study, wound dressing hydrogel was made using citric acid as an alternative to glutaraldehyde which causes health problems due to its toxicity, and additives were added to determine its effect on PVA hydrogel. PVA/CMC hydrogels have been successfully prepared by chemical crosslinking method. The concentration formulation of carboxymethyl cellulose (CMC) used was 0% to 50%. The characteristics measured were gel fraction, swelling ratio, and mechanical properties. The results showed that the cross-linking value decreased with the addition of CMC as indicated by the PVA/CMC hydrogel gel fraction which decreased from 0% concentration of 63.603%, and continued to decrease until the remaining 54.326%. The swelling ratio value also decreased at 0% concentration of 572.794%, and continued to decrease. The tensile strength and elongation of the hydrogel decreased with the addition of CMC, with the largest values at 0% concentration, namely 18.33 N/mm² and 282.51%, respectively. The results of this study indicate an increase in CMC but decrease the characteristics of the hydrogel, the value is better than several previous studies, so it is hoped that it can be used as a wound dressing application.

Korespondensi Penulis:

Haryanto
Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Purwokerto
JL. Raya Dukuhwaluh Purwokerto, 53182
Email: harymsl@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Hidrogel merupakan jaringan polimer yang dapat mengabsorpsi sejumlah air tanpa melarutkan atau menghilangkan integritas struktur polimer tersebut [1]. Hidrogel mengandung jumlah air yang tinggi, mirip dengan jaringan alami pada makhluk hidup. Oleh karena itu hidrogel diaplikasikan sebagai biomaterial. Hidrogel digunakan pada bidang medis, pertanian, penyiapan makanan, dan industri kosmetik [2]. Material polimer untuk menyusun hidrogel harus dapat mengembang (swell) dan mempertahankan fraksi air pada strukturnya, namun tidak larut dalam air. Baik material alami maupun sintetik telah banyak digunakan untuk mensintesis hidrogel [3].

Pembalut luka kulit yang ideal harus memenuhi banyak persyaratan: 1) penghalang fisik untuk menghindari cedera dan kontaminasi lebih lanjut; 2) pembawa bahan bakterisida untuk menghilangkan infeksi bakti neri pada area luka; 3) sistem absorpsi untuk membersihkan metabolit; 4) kondisioner lingkungan untuk mempercepat penyembuhan luka (menjaga kelembaban luka, menghilangkan radikal bebas, dan meningkatkan sifat antioksidan) [4,5].

Pemanfaatan polimer hidrofilik seperti poli (vinil alkohol) (PVA) sebagai bahan biomaterial menarik perhatian yang sangat penting dikarenakan tidak toksik, non-karsinogenik dan dengan biokompatibilitas yang tinggi. Namun demikian, sifat mekanik hidrogel PVA tidaklah memadai (rapuh). Oleh karena itu, perlu dimodifikasi dengan menggabungkannya dengan polimer sintetik atau alami yang tidak hanya berfungsi menaikkan sifat mekaniknya, tetapi juga dapat mempercepat penyembuhan luka. Penambahan karboksimetil selulosa meningkatkan kekuatan mekanik pada PVA hidrogel dengan signifikan ($p < 0.05$) hal ini dapat disebabkan karena interaksi polimer dan peningkatan kristalinitas. Selain itu, penambahan karboksimetil selulosa juga meningkatkan nilai swelling, karena sifat hidrofilik CMC, beberapa molekul air mungkin membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidrofilik pada rantai polimer untuk meningkatkan adsorpsi air [6]. Struktur yang stabil dan daya swelling efektif berbasis hidrogel hidrogel sering membutuhkan jaringan ikatan silang secara kimiawi. Beberapa molekul difungsional digunakan sebagai pengikat silang untuk selulosa atau turunannya untuk mengikat secara kovalen molekul polimer yang berbeda dalam jaringan hidrofilik tiga dimensi [7]. Agen pengikat silang yang telah sering digunakan seperti glutaraldehida, epiklorohidrin, asam borat dan natrium trimetafosfat menimbulkan masalah kesehatan, untuk mengurangi toksisitas, Asam sitrat (AS) telah berhasil digunakan sebagai agen pengikat silang untuk turunan selulosa dan sekaligus sebagai agen antimikroba dikarenakan bersifat non-toksik, dapat terdegradasi, dan ramah lingkungan [8]. Untuk itu penulis ingin mengembangkan hidrogel PVA terikat silang CMC dengan metode ikat-silang kimia.

2. BAHAN DAN METODE**2.1. Pengumpulan Data**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Polivil Alkohol (PVA), CMC, dan asam sitrat..

**2.2. Pembuatan Hidrogel Film
Pembuatan Asam Sitrat**

Larutan asam sitrat dibuat dengan menambahkan 8,34 gram ke dalam 50 mL *aquadest* (dilarutkan sedikit dengan 10 ml *aquadest* dalam *beaker glass* hingga homogen, kemudian dipindahkan ke labu ukur).

Pembuatan Hidrogel PVA 4%

Larutan PVA dibuat dengan menambahkan PVA 4 gram ke dalam 100 mL *aquadest* dan diaduk selama ± 30 menit dengan kecepatan 300 rpm dan suhu 85°C pada *hot plate* dan *magnetic stirrer* sampai larut sempurna. Setelah homogen, ditambahkan zat pengikat silang, 10% asam sitrat, ditambahkan sambil diaduk dan dihomogenkan selama ± 70 menit dengan kecepatan 300 rpm dan suhu 85°C pada *hot plate* dan *magnetic stirrer* sampai larut sempurna. Kemudian, 30 mL dari larutan dituangkan ke dalam cetakan plastik (cawan petri polistiren, diameter ± 90 mm) dan dibiarkan kering pada suhu $50 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam untuk menghilangkan air. Setelah kering, hidrogel dilepas dari petridisk dengan sisi tajam spatula. Kemudian dimasukkan ke dalam petridisk plastik untuk disimpan dalam desikator.

2.3. Analisis Fraksi Gel

Evaluasi fraksi gel dilakukan dengan merendam *hydrogel* dengan ukuran $10 \times 10 \text{ mm}^2$ pada *shaker* selama 24 jam pada suhu 40°C kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 24 jam untuk melihat fraksi yang masih tersisa. Metode ini merupakan metode gravimetri. Banyaknya fraksi yang tidak terlarut menunjukkan ikatan silang yang terbentuk dari hidrogel. Fraksi gel ditentukan dari rasio berat antara gel kering yang tidak terlarut dan berat awal hidrogel.

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

Dimana, W_1 adalah berat hidrogel kering hasil pencucian dan W_0 adalah berat awal hidrogel kering [9].

2.4 Analisis Rasio Swelling

Hidrogel yang telah kering dan terbentuk dipotong ukuran $10 \times 10 \text{ mm}^2$ kemudian ditimbang lalu dimasukkan ke dalam *aquadest* pada suhu kamar. Gel yang telah menyerap air diukur beratnya setelah dikeluarkan sisa airnya pada permukaan dengan menggunakan kertas saring pada 30 menit pertama, lalu ditimbang untuk menentukan berat air yang menyebabkan *swelling* pada hidrogel. Absorbansi atau karakteristik *swelling* dihitung sebagai g/g menggunakan persamaan:

$$\frac{g}{g} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

Dimana, W_2 dan W_1 masing-masing merupakan berat hidrogel yang digembungkan oleh air dan absorben kering dalam gram.

2.5 Sifat Mekanik

Kuat tarik dan kuat renggangan dari film PVA/Kitosan diukur dengan menggunakan mesin kuat tarik (*Auto Tensile Strength*) dengan kecepatan penarikan 50 mm/menit pada suhu kamar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Fraksi Gel

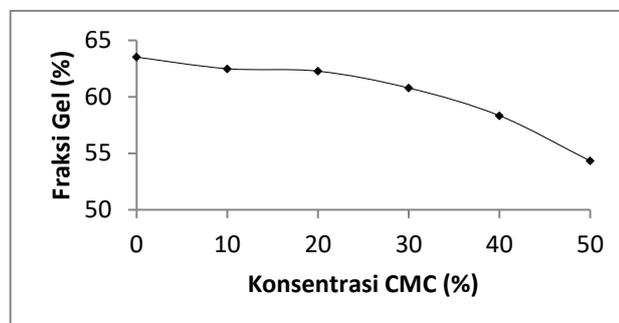
Fraksi gel adalah parameter yang cukup penting dalam proses sintesis monomer/polimer dalam menghasilkan produk guna menentukan terjadinya tautan silang atau degradasi. Fraksi gel digunakan dalam penentuan jumlah tautan silang antar rantai molekul polimer dalam satuan persen.

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CMC terhadap fraksi gel hidrogel PVA-CMC, dilakukan uji anova.

Tabel 1. Hasil Uji Anova Untuk Fraksi Gel Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi Hidrogel	5	176.493	35.299	144.48	0.000
Error	12	2.932	0.244		
Total	17	179.425			
S = 0.4943 R-Sq = 98.37% R-Sq(adj) = 97.69%					

Berdasarkan hasil perhitungan uji Anova pada Tabel 1, diperoleh P value sebesar 0.000 dimana nilai tersebut $< P$ value α 0.05. Hal ini berarti penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA berpengaruh terhadap nilai fraksi gel secara signifikan, yaitu penambahan konsentrasi CMC menurunkan nilai fraksi gel hidrogel.



Gambar 1 Grafik Fraksi Gel Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA/CMC mempengaruhi nilai fraksi gel. Pada penelitian ini, fraksi gel yang dihasilkan sebesar 63.603%, dan terus menurun hingga penambahan CMC 50% fraksi gel turun menjadi rata-rata 54.326%. Penambahan CMC pada hidrogel PVA menyebabkan turunnya nilai fraksi gel hidrogel berarti bahwa crosslinking yang terjadi antara PVA dengan CMC semakin sedikit. CMC merupakan senyawa hidrofilik, senyawa yang bisa menangkap air, begitupun dengan PVA, menurunnya nilai fraksi gel dapat terjadi ketika pada jembatan hidrogen, $-OH$ pada Asam Sitrat nya telah berikatan dengan $-OH$ pada PVA, sehingga tidak terlalu banyak $-OH$ yang dapat diikat oleh CMC, atau bahkan terlalu banyak ikatan rangkap, banyaknya ikatan rangkap menyebabkan semakin lemahnya ikatan silang yang terjadi. Sehingga dapat dikatakan, semakin besar konsentrasi CMC yang ditambahkan, semakin banyak ikatan $-COOH$ dari Asam Sitrat yang tidak berikatan dengan $-OH$ dari CMC. Hal ini juga dapat disebabkan oleh tidak terjadinya co-crosslinking CMC pada jaringan utama PVA melalui radikal bebas [10,11]. Campuran dari larutan dan CMC dengan komposisi yang sama disiapkan dan direndam dalam air berlebih, campuran itu berubah menjadi larutan keruh. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa CMC tidak terikat silang dan masih linier rantai yang tergabung dalam hidrogel pembengkakan.

3.2. Rasio Swelling

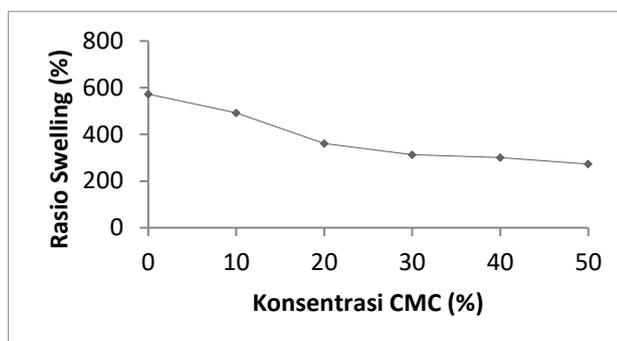
Rasio Swelling berperan penting dalam aplikasi biomedis [12] dan salah satu kriteria utama agar hidrogel dapat dipakai sebagai pembalut luka (wound dressing). Rasio Swelling merupakan kemampuan hidrogel untuk mengembang karena terjadinya penyerapan cairan. Kandungan air yang cukup tinggi menyebabkan hidrogel dapat memberikan suasana daerah luka menjadi lembab, sehingga proses penyembuhan luka dapat lebih cepat. Lingkungan luka yang bersifat lembab akan merangsang pertumbuhan jaringan baru, mencegah terbentuknya eschar dan mempercepat penyembuhan luka [13]. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CMC terhadap rasio swelling hidrogel PVA-CMC, dilakukan uji anova.

Tabel 2. Hasil Uji Anova Untuk Rasio Swelling Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi Hidrogel	5	217312.3	43462.5	99781.72	0.000
Error	12	5.2	0.4		
Total	17	217317.5			

S = 0.6600 R-Sq = 100.00% R-Sq(adj) = 100.00%

Berdasarkan hasil perhitungan uji Anova pada Tabel 2, diperoleh *P value* sebesar 0.000 dimana nilai tersebut $<P \text{ value } \alpha 0.05$. Hal ini berarti penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA berpengaruh terhadap nilai Rasio Swelling secara signifikan, yaitu penambahan konsentrasi CMC menurunkan nilai rasio swelling hidrogel.



Gambar 2 Grafik Rasio Swelling Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Dapat dilihat berdasarkan Gambar 2, bahwa penambahan konsentrasi CMC menurunkan nilai rasio swelling pada hidrogel, rasio swelling yang dihasilkan sebesar 572.794%, dan terus menurun pada hingga pada penambahan CMC 50% rasio swellingnya rata-rata 272.640%. Penurunan Rasio Swelling dapat dikarenakan terbentuknya ikatan kovalen yang menjembatani gugus fungsi rantai polimer dan meningkatkan kekakuan jaringan. Analoginya, untuk CMC dengan DS=1,22 pada konsentrasi Asam Sitrat yang lebih rendah (10% dan 15%) hidrogel stabil tidak terbentuk dan terlarut sepenuhnya. Semakin tinggi konsentrasi gugus karboksilat di CMC (yaitu, DS=1,22) sebagai senyawa yang bermuatan negatif mungkin telah menyebabkan tolakan antara rantai polimer yang berdekatan, menghambat pembentukan ikatan silang dengan gugus hidroksil. Derajat substitusi (yaitu, kelompok Carboxylic Moieties) memainkan peran kunci dalam jaringan polimer CMC yang terhubung silang dengan reagen tricarboxylic (Asam Sitrat) dengan mempengaruhi stabilitas kimia hidrogel. Mengingat reaksi esterifikasi antara alkohol dan asam karboksilat, reaksi pengikatan silang antara asam sitrat dengan PVA-CMC akan mengurangi gugus hidroksil dan meningkatkan sinyal ester, sehingga terlihat bahwa crosslinking pada hidrogel berkurang atau menurun, dimana adanya asam sitrat mengurangi gugus hidroksil dan menyebabkan berkurangnya crosslinking yang terjadi pada hidrogel [14]. Yang mana gugus hidroksil sangat penting bagi sifat swelling, sifat dapat menyerap air dan mengembang disebabkan oleh adanya gugus fungsi seperti $-OH$, $-COOH$, $-CONH_2$, $-CONH$, dan $-SO_3H$ [13]. Rasio Swelling hidrogel kompleks PVA/CMC ditentukan oleh keseimbangan antara ikatan silang ionik yang mengurangi Rasio Swelling dan Donnan effect [15]. Hal ini menunjukkan bahwa struktur jaringan dan sifat fisikokimia hidrogel PVA dipengaruhi oleh konsentrasi pengikat silang dan CMC untuk memproduksi hidrogel pembalut luka. Penambahan CMC juga menyebabkan semakin banyaknya ikatan yang menyebabkan turunya nilai rasio swelling, terlalu banyak ikatan silang yang terbentuk sebenarnya akan mengurangi kemampuan pembengkakan karena berkurangnya volume atau ruang untuk menyimpan serapan air. Penambahan zat aditif membuat lebih banyak ikatan dengan gugus karboksil, gugus karboksil bebas menjadi berkurang, menyebabkan swelling menurun [15]. Bagaimanapun, nilai Rasio Swelling yang dihasilkan dari hidrogel PVA/CMC mencapai nilai 272.6%-572.5%.

3.3. Sifat Mekanik

Pembalut luka kulit yang ideal harus menunjukkan mekanik yang sangat baik [16]. Properti yang kuat disarankan untuk menghindari cedera lebih lanjut dan kontaminasi pada luka. Hidrogel dengan kemampuan menyerap air yang baik, kemampuan mengembang yang baik, dan struktur yang stabil, tidak akan hancur ketika kontak dengan darah dan dapat menjaga fungsi tertentu untuk mencapai hemostatis yang cepat. Sifat

hidrofilik dari permukaan dressing juga memainkan peran penting dalam efek penyembuhan dressing dalam aplikasi praktis. Pembalut hidrofilik memfasilitasi migrasi pada sel di sekitar luka. Kapasitas penyerapan yang cepat dari pembalut hidrofilik juga mendesak pengaruh penting pada penghilangan metabolisme tertentu pada permukaan luka [16]. Namun, penyembuhan luka dapat terhalang atau terhambat oleh penyakit dan gangguan metabolisme dimana sifat fisik lingkungan pada lokasi luka dalam hal ini pembalut hidrogel juga sangat penting untuk kecepatan dan kualitas penyembuhan luka. Polimer hidrogel khususnya hidrogel film sebagai pembalut luka harus memiliki karakteristik kuat secara mekanik, sehingga mudah digunakan tidak menimbulkan rasa sakit saat dilepas dari luka dan lebih sedikit membutuhkan penggantian pembalut pada saat pemakaian.

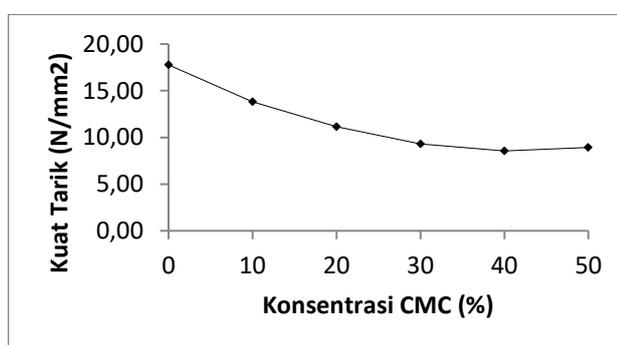
Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CMC terhadap kuat tarik hidrogel PVA-CMC, dilakukan uji anova.

Tabel 3. Hasil Uji Anova Untuk Kuat Tarik Hidrogel (N/mm^2) vs Konsentrasi CMC (%)

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi Hidrogel	5	194.548	38.910	107.64	0.000
Error	12	4.338	0.361		
Total	17	198.886			

S = 0.6012 R-Sq = 97.82% R-Sq(adj) = 96.91%

Berdasarkan hasil perhitungan uji Anova pada Tabel 3, diperoleh P value sebesar 0.000 dimana nilai tersebut $< P$ value α 0.05. Hal ini berarti penambahan konsentrasi CMC pada kuat tarik hidrogel PVA berpengaruh terhadap nilai kuat tarik secara signifikan, yaitu penambahan konsentrasi CMC menurunkan kuat tarik hidrogel PVA/CMC.



Gambar 3 Grafik Kuat Tarik Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC(%)

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA menurunkan nilai kuat tariknya. Nilai kuat tarik yang dihasilkan sebesar $18.33 \text{ N}/\text{mm}^2$ dan terus menurun hingga pada penambahan 50% CMC nilai kuat tariknya rata-rata sebesar $8.94 \text{ N}/\text{mm}^2$. Sifat kuat tarik hidrogel mengalami penurunan, sifat mekanik film menurun secara signifikan ini dapat dikaitkan dengan fenomena pemisahan fase yang disebabkan oleh kelebihan CMC dalam film hidrogel. Menurunnya nilai kuat tarik juga disebabkan ikatan hidrogen yang lemah antara selulosa dan PVA. Menurunnya kekuatan tarik (*tensile strength*) film hidrogel CMC-PVA dapat dikaitkan dengan penurunan kepadatan ikatan silang pada hidrogel film [32]. Elongation (Regangan) adalah ukuran perubahan relatif dari ukuran dan bentuk suatu benda yang mengalami tegangan, dengan kata lain Regangan sebagai rasio dari pertambahan panjang dengan panjang mula-mula benda [33].

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CMC terhadap elongasi hidrogel PVA/CMC dilakukan uji anova.

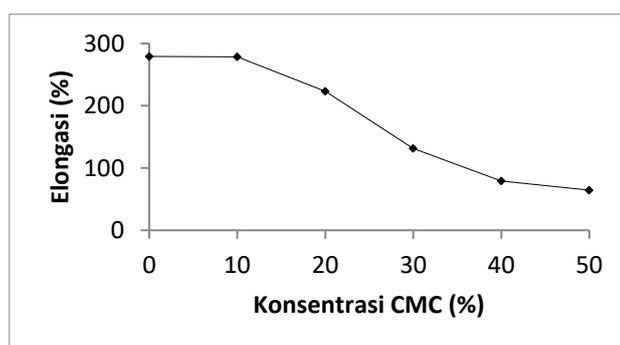
Tabel 4. Hasil Uji Anova Untuk Elongasi Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi Hidrogel	5	141719	28344	215.08	0.000
Error	12	1581	132		
Total	17	143300			

S = 11.48 R-Sq = 98.90% R-Sq(adj) = 98.44%

Berdasarkan hasil perhitungan uji Anova pada Tabel 4, diperoleh P value sebesar 0.000 dimana nilai tersebut <P value α 0.05. Hal ini berarti penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA berpengaruh terhadap nilai Elongasi secara signifikan, yaitu penambahan konsentrasi CMC menurunkan elongasi

hidrogel PVA/CMC.



Gambar 4 Grafik Elongasi Hidrogel (%) vs Konsentrasi CMC (%)

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi CMC pada hidrogel PVA menurunkan nilai elongasinya. Nilai elongasi yang dihasilkan sebesar 282.51% dan kemudian terus menurun hingga pada penambahan 50% CMC nilai elongasinya rata-rata sebesar 64.50%. Sifat kuat tarik hidrogel mengalami penurunan, sifat mekanik film menurun secara signifikan, hal ini disebabkan oleh interaksi ikatan hidrogen juga membatasi pergerakan segmen molekul, menghasilkan dalam pengurangan perpanjangan putus (Elongasi atau Regangan) [10]. Perpanjangan putus (Elongasi) merupakan indikasi dari fleksibilitas dan ekstensibilitas film sebelum kerusakan. Fleksibilitas film dikaitkan dengan pembentukan hidrogen intermolekul ikatan antara gugus -OH dari PVA dan CMC, yang akibatnya membatasi gerak matriks dan mempromosikan kekakuan [17]. CMC sendiri adalah jenis bahan rapuh dan AS memiliki kristalisasi tertentu, hal ini menyebabkan penurunan perpanjangan putus (Elongasi atau Regangan). Penambahan zat aditif tertentu yang dapat berinteraksi dengan polimer hidrofilik seperti polivinil alkohol, meningkatkan kohesi ikatan silang jaringan di film tetapi membatasi selip dan pergerakan rantai polimer dalam proses uji tarik di bawah kekuatan eksternal. Konsekuensinya, perpanjangan putusnya berkurang [18]. Walaupun begitu, nilai

kuat tarik hidrogel PVA/CMC berkisar 8.94-18.33 N/mm² dan nilai elongasinya mencapai range 64.5%-282.51%, dimana pembalut luka kulit yang ideal harus menunjukkan mekanik yang sangat baik [16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan CMC relatif menurunkan nilai fraksi gel yang mana menurunkan tingkat crosslinking pada hidrogel PVA, dimana dari nilai 63.518% terus menurun hingga nilai 54.326% pada penambahan 50% CMC. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap swelling dan sifat mekanik hidrogel, dimana rasio swelling menurun dari 572.479%, menurun hingga pada penambahan 50% CMC menjadi sebesar 272.640%. Pada sifat mekanik yaitu kuat tarik, nilai nya menurun dari 17.7 N/mm² menjadi rata-rata 8.94 N/mm², dan elongasi dari nilai rata-rata 279.307% menurun hingga rata-rata 64.5%. Penurunan ini dikarenakan beberapa faktor antara lain tidak terjadinya co-crosslinking CMC pada jaringan utama PVA melalui radikal bebas, terbentuknya ikatan kovalen yang menjembatani gugus fungsi rantai polimer dan meningkatkan kekakuan jaringan, dan peningkatan kohesi ikatan silang jaringan di film yang membatasi selip dan pergerakan rantai polimer.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Byrne, M.;& Salian, V. 2008. *Molecular imprinting within hydrogels*.
- [2] Kozanoglu, S.;Ozdemir, T.;& Usanmaz, A. (2011). *Polymerization of N-Vinylcaprolactam and Characterization of Poly (N-Vinylcaprolactam)*. Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and applied chemistry , 467-477.
- [3] Dragan, E. S.;Perju, M. M.;& Dinu, M. V. 2012. *Preparation and characterization of IPN composite hydrogel based on polyacrylamide and chitosan and their interaction with ionic dyes*. Carbohydrate Polymers, 270-281.
- [4] B. Singh, A. Dhiman, Ind. Eng. Chem. Res. 55 (2016) 9176–9188.
- [5] W. Xu, Q. Song, J.F. Xu, M.J. Serpe, X. Zhang, ACS Appl. Mater. Interfaces 9 (2017) 11368–11372.
- [6] Hua, Dongying, Tiangang Qianga, Lijuan Wang.(2017). Quaternized chitosan/polyvinyl alcohol/sodium carboxymethylcellulose blend film for potential wound dressing application. Wound Medicine, 16 ,5–21
- [7] Chang, C.; and Zhang, L. (2011). Cellulose-based hydrogels: present status and application prospects. Carbohydrate Polymer, 84(1), 40-53.
- [8] Saputra, A. H., 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*,1,75 - 86
- [9] Wang S., Ren J., Li W., Sun R., Liu S.: Properties of polyvinyl alcohol/xylan composite films with citric acid. Carbohydrate Polymers, 103, 94–99 (2014). DOI:10.1016/j.carbpol.2013.12.030
- [10] V.S. Ghorpade, R.J. Dias, K.K. Mali, S.I. Mulla, Citric acid crosslinked carboxymethylcellulose-polyvinyl alcohol hydrogel films for extended release of water soluble basic drugs, Journal of Drug Delivery Science and Technology (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.05.013>.
- [11] Q. Pang, X. Zheng, Y. Luo, L. Ma, C. Gao, J. Mater. Chem. B 5 (2017) 8975–8982.

- [12] Hua, Dongying, Tiangang Qianga, Lijuan Wang.(2017). Quaternized chitosan/polyvinyl alcohol/sodium carboxymethylcellulose blend film for potential wound dressing application. *Wound Medicine*, 16 ,5–21
- [13] Darwis, D. 2013. *Pengembangan Bahan Biomaterial untuk Pemakaian di Bidang Kesehatan dengan Teknik Radiasi Pengion*. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN. Hal: 251-275.
- [14] Nadia, S.V., Capanema, Alexandra A.P. Mansur, Anderson C. de Jesus, Sandhra M. Carvalho, Luiz C. de Oliveira, Herman S. Mansur, Superabsorbent Crosslinked Carboxymethyl Cellulose-PEG Hydrogels for Potential Wound Dressing Applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. S0141-8130(2017)31675-6
- [15] G. El Fawal, H. Hong, X. Song, J. Wu, M. Sun, C. He, X. Mo, Y. Jiang, H. Wang, Fabrication of antimicrobial films based on hydroxyethylcellulose and ZnO for food packaging application, *Food Packag. Shelf Life*. 23 (2020), [https://doi.org/ 10.1016/j.fpsl.2020.100462](https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100462).
- [16] Y. Zhang et al, 2019. Novel karbometoksil selulosa–chitosan–PVA composite hydrogel for wound dressing. *Materials Science & Engineering C* 104
- [17] S. Azizi, M.B. Ahmad, M.Z. Hussein, N.A. Ibrahim, F. Namvar, Preparation and properties of poly(vinyl alcohol)/chitosan blend bionanocomposites reinforced with cellulose nanocrystals/ZnO-Ag multifunctional nanosized filler, *Int. J. Nanomed*. 9 (2014) 1909–1917.
- [18] E. Fortunati, D. Puglia, F. Luzi, C. Santulli, J.M. Kenny, L. Torre, Binary PVA bionanocomposites containing cellulose nanocrystals extracted from different natural sources: part I, *Carbohydr. Polym.*97(2)(2013)825–836, doi:10.1016/j.carbpol.2013.03.075.