

## THE EFFECT OF VARIATIONS OF ADDITIONAL GLUTARALDEHYD AND GLYCEROL ON CHARACTERISTICS OF CHITOSAN HYDROGEL

## PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN GLUTARALDEHID DAN GLISEROL TERHADAP KARAKTERISTIK HIDROGEL KITOSAN

I M. Mateo Nautilus, I W. Arnata\*, I. M. Mahaputra Wijaya

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Kode pos : 80361; Telp/Fax : (0361) 701801.

Diterima 13 Juli 2022 / Disetujui 24 Agustus 2022

### ABSTRACT

*This study aims to determine the addition of glutaraldehyde as a crosslinking agent and glycerol as a plasticizer to produce chitosan hydrogel with the best characteristics. This study used a factorial Randomized Block Design with three treatment factors: the addition of glutaraldehyde (1gr, 2gr, and 3gr w/w) and the addition of glycerol (1gr, 2gr, and 3gr w/w). The variables observed were thickness, adsorption, tensile strength, and elongation at break. The results showed that added glutaraldehyde and glycerol significantly affected thickness, adsorption, tensile strength, and elongation of chitosan hydrogel. Based on the result, the best characteristics of the chitosan-glutaraldehyde-glycerol hydrogel are shown with the addition of 3 gr glutaraldehyde and 1 gr glycerol, which as value of  $0.288\pm 0.005$  thickness,  $1403.13\pm 200.51$  adsorption,  $1.49\pm 0.03$  tensile strength,  $26,64\pm 0.21$  elongation at break.*

**Keywords :** Hydrogel, Chitosan, Glutaraldehyde, Glycerol

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan glutaraldehyd sebagai crosslinking agent dan gliserol sebagai plasticizer untuk menghasilkan hidrogel kitosan dengan karakteristik terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan tiga faktor perlakuan yaitu penambahan glutaraldehyd (1gr, 2gr, dan 3gr b/b) dan penambahan gliserol (1gr, 2gr, dan 3gr b/b). Variabel yang diamati adalah ketebalan, adsorpsi, kekuatan tarik, dan perpanjangan putus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan glutaraldehyd dan gliserol berpengaruh nyata terhadap ketebalan, adsorpsi, kekuatan tarik, dan pemanjangan hidrogel kitosan. Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik terbaik dari hidrogel kitosan-glutaraldehyd-gliserol ditunjukkan dengan penambahan 3 gr glutaraldehyd dan 1 gr gliserol, dengan nilai ketebalan  $0,288\pm 0,005$ , adsorpsi  $1403,13\pm 200,51$ , kuat tarik  $1,49\pm 0,03$ ,  $26,64\pm 0,21$  perpanjangan putus.

**Kata kunci :** Hidrogel, kitosan, glutaraldehyd, gliserol

---

\* Korespondensi Penulis:  
Email: [arnata@unud.ac.id](mailto:arnata@unud.ac.id)

## PENDAHULUAN

Hidrogel merupakan suatu jaringan polimer yang dapat menyerap cairan tanpa melarutkan atau menghilangkan integritas struktur polimer tersebut (Rizky, 2019). Hidrogel termasuk sistem multikomponen yang memiliki jaringan tiga dimensi rantai polimer serta air yang mengisi ruang antara makromolekul (Sembiring, 2019). Fraksi massa air dalam hidrogel jauh lebih tinggi daripada fraksi massa polimer (Ahmed, 2015). Hidrogel dilaporkan mampu menyerap cairan hingga lebih dari 99,9% dan bersifat tidak larut (Erizal, 2010). Hidrogel telah banyak dimanfaatkan pada bidang pertanian, medis, dan industri kosmetik (Lestari, 2018). Hidrogel dapat diaplikasikan pada berbagai media, diantaranya sebagai absorben logam, penutup luka dan media tanam. Pada umumnya, hidrogel berasal dari polimer sintetik, namun hidrogel ini memiliki sifat tidak biodegradabel, tidak biokompatibel, serta efek toksik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan polimer alami. Hidrogel yang terbuat dari polimer alami memiliki kesamaan dengan jaringan hidup alam yang dapat menyerap kandungan air yang tinggi, bersifat biokompatibel, dan dapat terurai (Sugita *et al*, 2007). Salah satu contoh polimer alami yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan hidrogel adalah kitosan.

Kitosan adalah biopolimer yang mengandung gugus amina  $-NH_2$  dan hidroksil  $-OH$  sebagai pusat afinitasnya (Madjid *et al*, 2015). Kitosan termasuk kopolimer dari 2-Glukosamin dan N-Asetil-2-Glukosamin, yang memiliki sifat biodegradabel, biokompatibel, biofungsional, dan bioadsorbel, sehingga kitosan sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan hidrogel. Namun, kitosan memiliki kekurangan yaitu memiliki sifat yang kurang stabil terhadap larutan asam (Res *et al*, 2015). Permasalahan ini dapat diatasi dengan menghilangkan sejumlah gugus amina melalui reaksi taut-silang, dengan tetap mempertahankan gugus amina bebasnya. Salah satu senyawa yang dapat digunakan untuk melakukan reaksi taut-silang adalah glutaraldehid.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Istiqomah (2012), menunjukkan bahwa taut-silang kitosan dengan glutaraldehid membentuk hidrogel dengan sifat biokompatibel dan degradasi rendah. Namun, hidrogel yang dihasilkan masih terlalu rapuh, sehingga tidak bisa dilakukan uji mekanik. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka dibutuhkan bahan pemlastis untuk memperbaiki sifat mekanik hidrogel. Pemlastis merupakan senyawa yang digunakan untuk membuat suatu bahan menjadi lebih elastis dan meningkatkan daya tarikannya. Salah satu pemlastis yang dapat digunakan adalah gliserol. Pemlastis ini cukup baik dalam mengurangi ikatan hidrogen internal yang mengakibatkan terjadinya peningkatan jarak intermolekuler. Pemlastis biasa ditambahkan ke dalam suatu material berupa elastomer untuk meningkatkan fleksibilitas dan tarikannya. Pemlastis juga dapat menurunkan viskositas lebur, temperatur transisi gelas, dan modulus elastis dari produk tanpa mengubah bentuk karakter kimia dari material pemlastis (Sartika *et al*, 2014).

Beberapa penelitian hidrogel dari bahan kitosan telah dilaporkan. Hidrogel kitosan dengan penambahan larutan glutaraldehid 1% sebanyak 6%, 8%, 10%, dan 12% serta pemlastis asam laurat 1% menunjukkan bahwa penambahan 8% larutan glutaraldehid 1% menghasilkan struktur hidrogel kitosan glutaraldehid-asam laurat terbaik dengan karakteristik ketebalan 120,233  $\mu m$ , kuat tarik 23,6 MPa, elongasi 17,93 % dan kemampuan penyerapan 245,75 %. Konsentrasi glutaraldehid semakin meningkat mengakibatkan struktur hidrogel semakin halus, rapat, dan fleksibel, namun, elongasi dan kemampuan absorb menurun (Alifa *et al*, 2013). Sementara itu, Rudyardjo telah membuat hidrogel kitosan dengan penambahan 6% larutan glutaraldehid 1%, dan larutan gliserol 2% sebanyak 1-4 ml. Hidrogel dengan penambahan gliserol 2% sebanyak 2 ml menghasilkan perlakuan terbaik dengan karakteristik ketebalan sebesar 75,6  $\mu m$ , kuat tarik sebesar 14,34 MPa, elongasi sebesar 2,40 % dan mampu mengabsorpsi cairan sebesar 149,65 % (Rudyarjo *et al*, 2014). Penambahan gliserol semakin tinggi menyebabkan ketebalan, kuat tarik, kemampuan absorpsi menurun, namun elongasi dan

ketahanan terhadap air meningkat. Pembuatan hidrogel kitosan dengan agen penaut-silang metilenbisakrilamida (MBA) 1,75 % pernah dilakukan (Baruroh *et al*, 2014), didapat hasil bahwa nilai kapasitas penyerapan sebesar 140,22 %, namun hidrogel tidak dilakukan uji mekanik.

Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa agen penaut-silang dan pemlastis yang berbeda untuk pembuatan hidrogel kitosan, menghasilkan karakteristik hidrogel yang bervariasi. Sementara itu, kondisi optimal interaksi antara penambahan glutaraldehid dan gliserol untuk membuat hidrogel kitosan dengan karakteristik mekanik dan kemampuan penyerap yang tinggi belum pernah dilaporkan. Selain itu, penambahan agen penaut-silang glutaraldehid dan pemlastis gliserol lebih banyak dilakukan dalam bentuk larutan, sedangkan penelitian ini dilakukan dengan penambahan bahan pada formulasi secara langsung. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menentukan penambahan glutaraldehid sebagai agen taut-silang dan gliserol sebagai pemlastis untuk menghasilkan hidrogel kitosan dengan karakteristik terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Kitosan yang digunakan adalah kitosan yang berasal dari kulit udang dengan nilai derajat deasetilasi 97,28 % dengan ukuran 200-300 mesh. Kitosan diperoleh dari Phy Edumedia yang berlokasi di Malang. Bahan-bahan kimia lain yang digunakan adalah glutaraldehid (merck), gliserol (saba kimia), asam asetat (saba kimia), dan aquades. Peralatan yang digunakan adalah gelas beaker (Iwaki), gelas ukur (Iwaki), cawan petri (Anumbra), oven (Blue M), spatula, mikrometer sekrup, neraca digital, pengaduk, pipet tetes, cutter (Joyko), thermometer kaca, batang pengaduk, kompor listrik (Maspion).

### Pelaksanaan Penelitian

Prosedur dalam pembuatan hidrogel mengacu pada penelitian Rudyardjo (2014) yang dimodifikasi. Prosedur pembuatan hidrogel sebagai berikut 1 gram kitosan dilarutkan ke dalam 100 ml asam asetat 1% pada 60 °C dan dilakukan pengadukan mekanik terus menerus pada suhu 50°C selama 60 menit untuk mendapatkan larutan 1% (b/v). Pelarutan kitosan dalam pelarut dilakukan sedikit demi sedikit supaya terbentuk gel campuran kitosan dan pelarut secara sempurna. Glutaraldehid ditambahkan ke dalam larutan kitosan dengan variasi 1% (b/b), 2% (b/b), 3% (b/b), sambil dilakukan pengadukan selama 60 menit sampai viskositasnya meningkat. Larutan kitosan-glutaraldehid diberi penambahan gliserol dengan variasi 1% (b/b), 2% (b/b), 3% (b/b). Larutan kitosan-glutaraldehid-gliserol yang telah terbentuk tersebut kemudian dituang pada cawan petri sebanyak 100 gram. Kemudian larutan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 8 jam.

### Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah ketebalan (Alifa *et al*, 2013), kapasitas adsorpsi (Weaver, 1996), kuat Tarik (Datta, 1981), dan elongasi (Datta, 1981). Penentuan perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan nilai ketebalan, kapasitas adsorpsi, kuat tarik, elongasi yang tertinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ketebalan

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara penambahan glutaraldehid dan gliserol berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai ketebalan hidrogel kitosan. Ketebalan hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid dan gliserol memiliki kisaran nilai antara  $0.231 \pm 0.015$  -

0.288±0.005cm dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata ketebalan hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid dan gliserol.

Konsentrasi Glutaraldehid (%)	Konsentrasi Gliserol (%)		
	1	2	3
1	90.97±0.73 <sup>a</sup>	94.10±0.56 <sup>b</sup>	95.81±0.78 <sup>d</sup>
2	96.07±1.00 <sup>a</sup>	95.09±0.41 <sup>a</sup>	98.41±0.49 <sup>c</sup>
3	100.55±0.63 <sup>a</sup>	102.1±0.59 <sup>a</sup>	109.65±0.78 <sup>ab</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat penambahan glutaraldehid 3% dan gliserol 1% menghasilkan ketebalan hidrogel kitosan tertinggi sebesar 0.288±0.005mm yang berbeda nyata dengan perlakuan Ga1G2, Ga1G3, Ga2G3, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai ketebalan dari hidrogel kitosan terendah (0.231±0.015mm) dimiliki oleh kitosan dengan penambahan glutaraldehid 1% dan gliserol 3% yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai ketebalan suatu hidrogel dapat dipengaruhi oleh luas cetakan yang digunakan, volume larutan dan total padatan yang terlarut pada komponen penyusun dari hidrogel (Nasution *et al*, 2019). Peningkatan ketebalan pada hidrogel kitosan terjadi seiring dengan peningkatan jumlah penaut-silang glutaraldehid yang ditambahkan pada hidrogel kitosan. Hal ini dapat terjadi karena dengan meningkatnya glutaraldehid yang ditambahkan pada hidrogel kitosan, membuat semakin bertambah pula agen penaut-silang glutaraldehid yang mampu mengikat molekul kitosan. Hal ini membuat total padatan yang terlarut pada hidrogel kitosan semakin meningkat, maka ketebalan dari hidrogel kitosan juga meningkat.

Penambahan glutaraldehid pada hidrogel kitosan membuat nilai ketebalan semakin meningkat, namun berbanding terbalik dengan penambahan pemlastis gliserol pada hidrogel kitosan, dimana penambahan gliserol yang semakin tinggi membuat ketebalan dari hidrogel kitosan semakin menurun. Penurunan ketebalan dapat terjadi karena molekul pemlastis gliserol larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer yang menyebabkan pemlastis dapat menyebar ke rantai polimer tersebut hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya gaya gesekan dan terbentuknya ikatan polimer dengan pemlastis (Rudyarjo *et al*, 2014). Penambahan pemlastis membuat ikatan hidrogen intramolekul polimer semakin berkurang, sehingga jarak antar molekul semakin renggang, apabila ruang intramolekul polimer semakin renggang, maka polimer yang terbentuk akan tersebar lebih merata sehingga membuat nilai ketebalan hidrogel kitosan semakin menurun (Alifa *et al*, 2013).

### Kapasitas Adsorpsi

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara penambahan glutaraldehid dan gliserol berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap kapasitas adsorpsi hidrogel kitosan. Nilai adsorpsi hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid dan gliserol berkisar antara 365.80±128.22- 1403.13±200.51% dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata kapasitas adsorpsi hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid dan gliserol.

Konsentrasi Glutaraldehyd (%)	Konsentrasi Gliserol (%)		
	1	2	3
1	0.283±0.005 <sup>a</sup>	0.261±0.010 <sup>ab</sup>	0.231±0.012 <sup>ab</sup>
2	0.286±0.010 <sup>ab</sup>	0.286±0.006 <sup>ab</sup>	0.238±0.028 <sup>ab</sup>
3	0.288±0.009 <sup>ab</sup>	0.286±0.012 <sup>b</sup>	0.282±0.003 <sup>c</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%.

Tabel 2 menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi ( $1403.13 \pm 200.51\%$ ) ditunjukkan oleh hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd 1% dan gliserol 1% yang berbeda nyata dengan perlakuan penambahan glutaraldehyd 3%, gliserol 2% dan penambahan glutaraldehyd 3%, gliserol 3%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, nilai adsorpsi terendah yaitu  $365.80 \pm 128.22\%$  ditunjukkan oleh hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd 3% dan gliserol 3% yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Gambar 2 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi dari hidrogel kitosan semakin menurun seiring bertambahnya glutaraldehyd yang ditambahkan pada hidrogel kitosan. Hal ini dapat terjadi karena, semakin banyak jumlah glutaraldehyd yang ditambahkan akan membuat struktur  $\text{NH}_2$  pada kitosan akan mengikat lebih banyak gugus aldehyd pada glutaraldehyd, sehingga membuat struktur dari hidrogel kitosan akan semakin rapat (Kurniadi *et al*, 2-14). Struktur hidrogel kitosan yang semakin rapat akan membuat daya difusi cairan ke dalam jaringan hidrogel kitosan semakin kecil sehingga kemampuan adsorpsi dari hidrogel kitosan akan semakin menurun (Sugita *et al*, 2006). Hal ini sesuai dengan pernyataan Gooch (2010), yang menyatakan bahwa apabila jumlah rantai yang berikatan silang dalam suatu polimer semakin banyak, maka kemampuan adsorpsi dari hidrogel akan menurun dan hidrogel menjadi semakin keras/kuat. Reaksi taut silang yang cukup tinggi mengakibatkan ruang kosong antara taut silang akan semakin kecil atau semakin sempit sehingga kemampuan adsorpsi dari suatu polimer juga akan menurun. Menurut Katili *et al* (1996), penambahan glutaraldehyd yang telah melewati batas akan membuat molekul agen peanut silang berlebih berada pada fase tersendiri di luar fase kitosan dan gliserol.

Sementara itu, penambahan gliserol 1%, 2%, dan 3% pada hidrogel kitosan menunjukkan hasil bahwa dengan meningkatnya gliserol yang didispersikan pada hidrogel kitosan, mengakibatkan menurunnya kemampuan hidrogel kitosan untuk mengadsorpsi cairan. Penurunan kemampuan adsorpsi dari hidrogel kitosan disebabkan karena semakin meningkatnya gliserol yang ditambahkan pada hidrogel kitosan akan membuat semakin banyak juga gliserol yang berikatan dengan gugus OH pada hidrogel kitosan. Semakin meningkatnya gliserol yang ditambahkan maka persen gugus OH yang ditransmisikan semakin kecil, dapat disimpulkan bahwa gugus tersebut telah banyak mengalami reaksi ikat silang (Rudyarjo *et al*, 2014). Kemampuan suatu hidrogel untuk berikatan dengan suatu cairan dipengaruhi oleh banyaknya gugus OH yang dimiliki oleh hidrogel. Sehingga apabila semakin banyak gugus OH yang berikatan dengan gliserol, maka akan mengakibatkan kemampuan suatu hidrogel berikatan dengan cairan semakin menurun (Alifa *et al*, 2013).

### Kuat Tarik

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara penambahan glutaraldehyd dan gliserol berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai kuat tarik hidrogel kitosan. Kuat tarik hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd dan gliserol memiliki nilai antara  $0.98 \pm 0.01$  –  $1.49 \pm 0.03$  Mpa dan disajikan ada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata kuat tarik hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd dan gliserol.

Konsentrasi Glutaraldehyd (%)	Konsentrasi Gliserol (%)		
	1	2	3
1	1.13±0.05 <sup>de</sup>	1.02±0.02 <sup>f</sup>	0.98±0.01 <sup>f</sup>
2	1.41±0.06 <sup>b</sup>	1.27±0.06 <sup>c</sup>	1.06±0.06 <sup>ef</sup>
3	1.49±0.03 <sup>a</sup>	1.42±0.04 <sup>ab</sup>	1.15±0.05 <sup>d</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd 3gr dan gliserol 1 gr mempunyai nilai kuat tarik tertinggi yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan glutaraldehyd 3% dan gliserol 2%, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan nilai kuat tarik terendah ditunjukkan pada hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd 1% dan gliserol 3% dengan nilai kuat tarik 0.98±0.01 Mpa yang nilainya tidak berbeda nyata dengan perlakuan Ga1G2 dan Ga2G3 namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai kuat tarik pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa semakin tinggi agen penaut-silang glutaraldehyd yang ditambahkan maka nilai kuat tarik yang diperoleh semakin meningkat. Dapat diamati bahwa dengan penambahan agen penaut-silang glutaraldehyd akan membuat hidrogel kitosan yang dihasilkan semakin keras. Hal ini disebabkan molekul agen penaut-silang glutaraldehyd dapat mengikat molekul kitosan yang bersifat amorf maka membuat struktur dari hidrogel semakin kuat dan rapat. Struktur hidrogel yang semakin rapat tentunya membuat jarak antar molekul semakin rapat juga, sehingga nilai kuat tarik dari hidrogel dapat meningkat. Hal ini didukung oleh pendapat Anseth (1996), menyatakan bahwa perubahan dari derajat ikat silang akan mendapat sifat mekanik yang diinginkan dari komposit, meningkat derajat ikat silang sistem, menghasilkan komposit yang kuat. Namun semakin tinggi derajat ikat silang akan membuat struktur menjadi rapuh (Declan *et al*, 2005). Menurut mashuri *et al* (2005), penambahan agen penaut-silang mampu membentuk rantai-rantai polimer yang berbentuk rantai jaring secara tiga dimensi dan membentuk ikatan kovalen, sehingga nilai kekuatan tarik dari luar dapat ditahan oleh matriks.

Penambahan pemlastis gliserol juga mempengaruhi nilai kuat tarik dari hidrogel kitosan. Penambahan gliserol yang semakin tinggi membuat nilai kuat tarik dari hidrogel kitosan semakin menurun. Penambahan gliserol juga dapat mempengaruhi tekstur permukaan hidrogel kitosan menjadi lebih lengket karena hidrogel bersifat melunakan permukaan matriks (Rudyarjo *et al*, 2014). Kuat tarik hidrogel kitosan dipengaruhi oleh jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat pada molekul plasticizer gliserol (Park, 2001). Gliserol yang bersifat hidrofilik dapat dengan mudah masuk ke rantai-rantai molekul kitosan dan gelatin dan membentuk ikatan hidrogen sehingga meningkatkan gugus hidroksil yang dapat menyebabkan berkurangnya kekakuan (Rahman *et al*, 2015). Nilai kekuatan tarik pada umumnya menurun dengan konsentrasi pemlastis meningkat (Res *et al*, 2015). Dengan meningkatnya jumlah pemlastis yang ditambahkan pada suatu polimer, jumlah molekul pemlastis yang berada pada diantara rantai protein juga meningkat. Molekul pada pemlastis yang berada di antara rantai polimer ini akan membuat berkurangnya interaksi antarmolekul luas di antara rantai polimer sehingga akan berpengaruh terhadap turunnya nilai kuat tarik.

### Elongasi

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara penambahan glutaraldehyd dan gliserol berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai elongasi hidrogel kitosan. Elongasi hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd dan gliserol memiliki nilai antara 8.92±0.81 – 26,64±0.21 dan disajikan ada Gambar 4. Hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehyd 1% dan gliserol 3%

mempunyai nilai elongasi tertinggi dengan nilai dengan nilai  $26,64 \pm 0.21$  % yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan elongasi terendah ditunjukkan pada hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid 3% dan gliserol 1% dengan nilai elongasi  $8.92 \pm 0.81$  % yang nilainya tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan glutaraldehid 2% dan gliserol 1%, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 4. Nilai rata-rata elongasi hidrogel kitosan dengan penambahan glutaraldehid dan gliserol.

Konsentrasi Glutaraldehid (%)	Konsentrasi Gliserol (%)		
	1	2	3
1	$11.55 \pm 1.52^e$	$19.82 \pm 1.56^d$	$26.64 \pm 0.21^a$
2	$9.90 \pm 1.35^{ef}$	$20.76 \pm 0.91^{cd}$	$23.20 \pm 1.70^b$
3	$8.92 \pm 0.81^f$	$19.55 \pm 0.88^d$	$22.02 \pm 1.43^{bc}$

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%.

Penambahan glutaraldehid 1%, 2%, dan 3% pada hidrogel kitosan menunjukkan hasil bahwa dengan meningkatnya agen penaut-silang glutaraldehid yang ditambahkan pada hidrogel kitosan, mengakibatkan menurunnya nilai elongasi hidrogel kitosan. Penurunan nilai elongasi ini disebabkan karena dengan meningkatnya jumlah glutaraldehid yang ditambahkan pada hidrogel kitosan akan membuat rekasi taut silang glutaraldehid dengan kitosan semakin meningkat. Sama seperti hasil uji nilai kuat tarik, peningkatan reaksi taut silang glutaraldehid dengan molekul kitosan yang bersifat amorf akan membuat struktur dari hidrogel kitosan semakin rapat, hal ini berarti jarak antara molekul dalam hidrogel semakin rapat dan kaku sehingga membuat nilai elongasi menurun. Elongasi dapat diartikan sebagai perubahan panjang maksimum suatu matriks sebelum terputus. Agen penaut-silang glutaraldehid yang ditambahkan pada hidrogel kitosan akan membentuk rantai-rantai polimer yang berbentuk rantai jaring secara tiga dimensi dan membentuk ikatan kovalen struktur hidrogel lebih rapat dan keras sehingga akan membuat nilai perpanjangan dari hidrogel kitosan menurun. Menurut Rhim (1999), pada umumnya kenaikan nilai kuat tarik juga disertai dengan penurunan nilai elongasi. Hal ini sesuai dengan tabel dan tabel yang menunjukkan bahwa peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan menurunnya nilai elongasi dari hidrogel kitosan.

Penambahan pemlastis gliserol juga mempengaruhi nilai elongasi dari hidrogel kitosan. Penambahan gliserol yang semakin tinggi membuat nilai elongasi dari hidrogel kitosan semakin meningkat. Dengan meningkat jumlah gliserol yang ditambahkan pada hidrogel kitosan, akan menyebabkan peningkatan masuknya molekul gliserol di antara rantai molekul dan membentuk ikatan dengan protein sehingga terjadi interaksi antara kitosan dengan gliserol dan menggantikan ikatan hidrogen antara molekul kitosan. Pemlastis mampu menurunkan ikatan hidrogen dalam film sehingga mampu meningkatkan nilai elongasi (Krochta dan Gennadios, 1994). Pemlastis berfungsi untuk mengurangi gaya antar molekul sehingga meningkatkan mobilitas rantai polimer. Menurut Nahir (2017) penambahan gliserol dapat meningkatkan elastisitas sehingga nilai elongasi meningkat namun kuat tarik menurun. Besarnya nilai elongasi menentukan keuletan (*ductility*) suatu matriks, apabila nilai elongasi mendekati nol maka matriks tersebut merupakan matriks yang rapuh (Gunawan dan Lestari, (2020). Hidrogel dengan nilai elongasi yang rendah menandakan bahwa hidrogel tersebut kaku, namun elongasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa hidrogel lebih fleksibel. Hal ini membuktikan bahwa hidrogel tahan terhadap kerusakan secara mekanik.

### Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik dari karakteristik hidrogel ditentukan berdasarkan nilai ketebalan,

kapasitas adsorpsi, kuat tarik, elongasi yang tertinggi. Berdasarkan Tabel 5 perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan Ga3 G1, karena memiliki nilai ketebalan, adsorpsi, dan kuat tarik tertinggi, sehingga dijadikan sebagai perlakuan terbaik pada penelitian ini.

Tabel 5. Matriks penentuan perlakuan terbaik

Perlakuan	Ketebalan	Adsorpsi	Elongasi	Kuat tarik
Ga1 G1	0.283 <sup>a</sup>	1,403.13 <sup>a</sup>	11.55 <sup>e</sup>	1.13 <sup>de</sup>
Ga1 G2	0.261 <sup>b</sup>	1,364.09 <sup>ab</sup>	19.82 <sup>d</sup>	1.02 <sup>f</sup>
Ga1 G3	0.231 <sup>d</sup>	1,137.59 <sup>ab</sup>	26.64 <sup>a</sup>	0.98 <sup>f</sup>
Ga2 G1	0.286 <sup>b</sup>	1,342.97 <sup>ab</sup>	9.90 <sup>ef</sup>	1.41 <sup>b</sup>
Ga2 G2	0.286 <sup>a</sup>	1,135.87 <sup>ab</sup>	20.76 <sup>cd</sup>	1.27 <sup>c</sup>
Ga2 G3	0.238 <sup>c</sup>	1,135.67 <sup>ab</sup>	23.20 <sup>b</sup>	1.06 <sup>ef</sup>
Ga3 G1	0.288 <sup>a</sup>	1,172.53 <sup>ab</sup>	8.92 <sup>f</sup>	1.49 <sup>a</sup>
Ga3 G2	0.286 <sup>a</sup>	1,052.02 <sup>b</sup>	19.55 <sup>d</sup>	1.42 <sup>ab</sup>
Ga3 G3	0.282 <sup>ab</sup>	365.80 <sup>c</sup>	22.02 <sup>bc</sup>	1.15 <sup>d</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Interaksi agen penanut silang glutaraldehid dan pemlastis gliserol terhadap hidrogel kitosan berpengaruh nyata terhadap ketebalan, adsorpsi, kuat tarik, dan elongasi pada hidrogel kitosan. Hidrogel kitosan terbaik di diperoleh dari perlakuan penambahan glutaraldehid 3% dan gliserol 1% dan mempunyai nilai ketebalan  $0.288 \pm 0.005$  cm, adsorpsi  $1403.13 \pm 200.51\%$ , kuat tarik  $1.49 \pm 0.03$  Mpa, elongasi  $26,64 \pm 0.21\%$ .

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian, nilai terbaik ditunjukkan pada perlakuan Ga3 G1. Agar didapat sifat mekanis dan fisik hidrogel yang lebih baik, disarankan untuk menggunakan konsentrasi kitosan yang lebih tinggi sehingga hidrogel yang dihasilkan dapat dikembangkan lagi sebagai penutup luka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, E. M. 2015. Hydrogel: Preparation, Characterization, And Applications: A Review. *J. Advanced Research*. 6(2): 105–121.
- Alifa, D. F., D. I. Rudyardjo, dan J. Ady. 2013. Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Kitosan-Glutaraldehid Dengan Penambahan Asam Laurat Sebagai Plasticizer Untuk Aplikasi Penutup Luka. *J. Fisika Dan Terapannya*. 2(3): 16-36.
- Anseth, K. S., Christopher, N. Bowman, And Lisabannon-Peppas. 1996. Mechanical Properties Of Hydrogels And Their Experimental Determination. *J. Biomaterials*. 17: 1647–1657
- Baroroh, U., A. Irwan, D. Ma'rifatul Mahmudah, J. A. Yani, K. Banjarbaru, And K. Selatan. 2014. Uji Pengaruh Pengikat-Silang Metilenbisakrilamida (Mba) Terhadap Karakteristik Polimer

- Superabsorben Kitosan Tercangkok Asam Akrilat (Aa). *J. Berkala Sains Dan Terapan Kimia*. 8(1): 37-46.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation Of Lignocellulose–Acid Yield And Conversion Of Components. *J. Biotechnology And Bioengineering*. 23(9): 2167–2170.
- Declan, D., Clement, And L. H. L 2005. Synthesis And Characterisation Of Chemically Crosslinked N-Vinyl Pyrrolidinone (Nvp) Based Hydrogels. *J. European Polymer*. 41(6): 1272-1279.
- Erizal. 2010. Sintesis Hidrogel Superabsorben Poli (Akrilamida-Ko-Kalium Akrilat) Dengan Teknik Radiasi Dan Karakterisasinya. *J. Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*. 6(2): 105-116.
- Gunawan, M. And N. Lestari. 2020. Pembuatan Hidrogel Berbasis Mikrokrystal Selulosa Daun Nanas (Ananas Comosus L. Merr) Dengan Variasi Volume Glutaraldehid. *J. Indah Sains Dan Klinis*. 1(1): 12-17.
- Gooch, J. W. 2010. *Emulsification And Polymerization Of Alkyd Resins*. Georgia Institute Of Technology, Atlanta Georgia.
- Hijrah. 2021. Pembuatan hidrogel Dari Kulit Singkong (Manihot Esculenta C) Dan Sekam Padi (Oryza Sativa L) Sebagai Absorben Logam Berat Cu. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Istiqomah, N. 2012. Pembuatan Hidrogel Kitosan – Glutaraldehid Untuk Aplikasi Penutup Luka Secara In Vivo. Universitas Airlangga.
- Katili, S., B. T. Harsunu, And S. Irawan. 2013. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol Dan Komposisi KITOSAN Dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Film Dari KITOSAN. *J. Teknologi*. 6(1): 29-38.
- Krochta, J. M. And A. Gennadios. 1994. Edible Coatings And Films. 201.
- Kurniady, A., Y. Putra, And I. Faryun. 2014. Studi Analisis Pengaruh Suhu, Tekanan Dan Ukuran Pori Grapheneterhadap Dinamika Molekuler Adsorpsi Hidrogen. *J. Prisma Fisika*. 2(3).
- Kurniady, P., Sugita, A. Sjachriza, And S. Indah Lestari. 2006. Sintesis Dan Optimalisasi Gel Kitosan-Gom Guar. *J. Natur Indonesia*. 9(1): 32–36.
- Lestari, C. 2018. Pembuatan Hidrogel Semi Jaringan Polimer Interpenetrasi dari Larutan Pati Singkong Dan Asam Akrilat Menggunakan Pengikatsilang Metilen Bisakrilamida. Universitas Sumatera Utara.
- Madjid, A., M. Nitsae, dan Atikah. 2015. Pengaruh Penambahan Tripolyfosfat Pada Kitosan Beads Untuk Adsorpsi Methyl Orange Adr. *J. Mipa*. 38(2): 144–149.
- Mashuri, A. Marini, And Sudirman. 2005. Pengaruh Anti Oksidan Terhadap Kestabilan Sifat Fisis Bahan Polipaduan Polipropilena-Karet Alam: I. Studi Morfologi Dan Sifat Mekanik. *J. Fisika Dan Aplikasinya*. 1(2): 050-203.
- Nahir, N. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Biji Asam (Tamarindus Indica L.). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Nasution, P. S., M. A. Hamimdal, G. Syahbirin, And B. Arifin. 2019. Optimalisasi Sifat Reologi Hidrogel Kitosan-Hialuronat Yang Ditaot-Silang Dengan Glutaraldehida. *J. Penelitian Kimia*. 15(1): 24.
- Nurfilah, E. 2013. Studi Awal Hidrogel Poliakrilamida-Co-Kitosan Sebagai Penyerap Ion Logam. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Park, N. Y. C. 2001. Preparation And Its Application For Wound Dressing Of Gelatin Hydrogel And Pvp/Gelatin Hydrogel By Radiation Crosslinking. *J. Korean Industrial And Engineering Chemistry*. 12(7): 718–723.

- Rahman, E., D. Izak, And Jan Ady. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Madu Terhadap Karakteristik Hidrogel Kitosan, Madu Dan Gelatin Untuk Aplikasi Occlusive Dressing. *J. Fisika Dan Terapannya*. 3(1): 1-13.
- Res, P. S., N. Wivanius, dan E. Budianto. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Superabsorben Kitosan Poli(N-Vinilkaprolaktam) (Pnvcl) Dengan Metode Full Ipn (Interpenetrating Polymer Network). *J. Pharmaceutical Sciences And Research*. 2(3): 5.
- Rhim. 1999. *Physical Characteristics Of A Composite Film Of Soy Protein Isolate And Propyleneglycol Alginate*. *J. Food Science*. 64(1): 149–152.
- Rizky, P. 2019. Pembuatan Hidrogel Semi Interpenetrating Polymer Network Dari Selulosa Bakteri Dan Asam Akrilat Menggunakan Pengikat Silang N,N'-Metilenbis Akrilamida. Universitas Sumatra Utara.
- Rudyardjo, D. I. 2014. Pengaruh Penambahan Plasticier Gliserol Terhadap Karakteristik Hidrogel Kitosan-Glutaraldehyd Untuk Aplikasi Penutup Luka. *J. Ilmiah Sains*. 14(1): 18-28.
- Sartika, D., D. R. Izak, dan J. Ady. 2014. Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Hidrogel Kitosan-Glutaraldehyd Untuk Aplikasi Penutup Luka. *J. Ilm Sains*. 14(1): 18-28.
- Sembiring, Y. P. 2019. Pembuatan Hidrogel Dari Cmc Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dan Asam Sitrat Dengan Metode Ikat Silang. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Sugita, P., A. Sjachriza, dan D. Wahyono. 2007. Sintesis Dan Optimalisasi Gel Kitosan-Alginat. *J. Sains Dan Teknologi Indonesia*. 9(1).
- Weaver, C. 1996. *The Food Chemistry Laboratory*. Boca Roton.