

## ***THE CHARACTERISTIC OF CHITOSAN HYDROGEL ON NANOCELLULOSE VARIATION***

### **KARAKTERISTIK HIDROGEL KITOSAN PADA VARIASI NANOSELULOSA**

**Marchela Milenia Rindany, I W. Arnata\*, I M. Mahaputra Wijaya**

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 8 Desember 2023 / Disetujui 8 Januari 2024

#### **ABSTRACT**

*This research purpose to acknowledge the characteristic of chitosan hydrogel on the variation of nanocellulose' concentration and determine the best concentration to yield optimum chitosan hydrogel characteristic. Factorial randomized block design was applied in this research, with single variable which was varying nanocellulose concentrations (0, 1, 2, 3, and 4%), with three grouping. The variable observed were thickness, tensile strength, Young's modulus, elongation at break, water adsorption, and scanning electron microscopy (SEM). The result shows that the variation of nanocellulose concentration has significant effect on thickness, tensile strength, Young's modulus, water adsorption, and elongation at break of chitosan hydrogel. Based on the research result, the best variable for this research is nanocellulose 4% w/v with the value  $0.52 \pm 0.09$  mm thickness,  $4.02 \pm 0.17$  MPa tensile strength,  $3.93 \pm 0.01\%$  elongation at break,  $106.51 \pm 26.80$  MPa Young modulus, and  $238 \pm 0.23\%$  water adsorption. The SEM result of the chitosan hydrogel with nanocellulose 4% w/v presumed has more bonding compared to without nanocellulose.*

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

#### **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik hidrogel kitosan pada variasi konsentrasi nanoselulosa dan menentukan konsentrasi nanoselulosa yang tepat pada karakteristik hidrogel kitosan terbaik. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan satu variabel yaitu variasi konsentrasi nanoselulosa (0, 1, 2, 3, dan 4%) dengan tiga kelompok percobaan. Variabel yang diamati adalah ketebalan, kuat tarik, modulus Young, adsorpsi air, elongasi dan *scanning electron microscopy* (SEM). Variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata terhadap ketebalan, kuat tarik, modulus Young, elongasi, dan adsorpsi air hidrogel kitosan. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan terbaik yaitu konsentrasi nanoselulosa 4% b/v dengan nilai ketebalan  $0,52 \pm 0,09$  mm, kuat tarik  $4,02 \pm 0,17$  MPa, elongasi  $3,93 \pm 0,01\%$ , modulus Young  $106,51 \pm 26,80$  MPa, dan adsorpsi  $238 \pm 0,23\%$ . Hasil analisis SEM pada hidrogel kitosan dengan konsentrasi nanoselulosa 4% diduga memiliki ikatan lebih banyak daripada tanpa nanoselulosa.

**Kata kunci :** Hidrogel, Kitosan, Nanoselulosa, Glutaraldehyd, Gliserol.

---

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

## PENDAHULUAN

Hidrogel merupakan jaringan polimer tiga dimensi dengan kemampuan menyerap air pada ruang antar molekul tanpa merubah struktur polimer tersebut (Wivanius & Budianto, 2015). Bahan hidrogel dapat berasal dari polimer alam, sintetik atau kombinasi keduanya yang disintesis melalui reaksi *cross-linking*. Hidrogel sintetik banyak diaplikasikan pada bidang farmasi, pertanian, lingkungan, dan kedokteran. Namun hidrogel sintetik memiliki sifat toksik, karsinogenik, tetragenik, mutagenik, dan tidak ramah lingkungan (Nikolić et al., 2019; Bashir et al., 2020). Sifat toksik tersebut karena agen *cross-linking* berada dalam konsentrasi tinggi dan jumlah yang besar pada hidrogel sintetik (Huang-Chien et al., 2004; Sungchu et al., 2015). Hal tersebut disebabkan karena beberapa gugus fungsi yang terdapat pada agen *cross-linking* dan polimer sintetik seperti aldehid dan epoksi memiliki tingkat toksisitas tinggi sehingga mempengaruhi sifat hidrogel (Special Chem, 2022). Akibatnya, penggunaan hidrogel sintetik dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan, seperti iritasi, kegagalan fungsi organ tubuh, dan limbah padatan yang tidak dapat diuraikan oleh alam dihasilkan. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan yang memiliki karakteristik ramah lingkungan dan tidak menimbulkan efek kesehatan. Salah satunya menggunakan kitosan (Bashir et al., 2020).

Kitosan merupakan biopolimer jenis glukosamin ( $C_6H_{11}NO_4$ )<sub>n</sub> yang diperoleh dari deasetilasi kitin (Purwatiningsih et al., 2009). Polimer rantai panjang ini memiliki karakteristik biokompatibel, biodegradable, tidak beracun, dan bersifat anti-bakteri (Jia et al., 2017). Oleh karena itu, kitosan banyak digunakan sebagai bahan pembuatan hidrogel. Salah satu aplikasinya yaitu penggunaan hidrogel kitosan sebagai bahan penghantar obat-obatan dalam tubuh (Peers et al., 2020). Namun, karakteristik kitosan yang larut dalam media asam ( $pH < 6,5$ ) (Giri et al., 2012). menyebabkan kekuatan mekanik kitosan menjadi lemah dan bersifat tidak stabil (Catoira et al., 2019). Permasalahan ini dapat diatasi salah satunya dengan membuat hidrogel melalui reaksi *cross-linking* secara kimia menggunakan agen *cross-linking*, seperti glutaraldehid (Wahba, 2020).

Penelitian Nautilius et al., (2022) menunjukkan glutaraldehid dan gliserol berpengaruh sangat nyata terhadap nilai adsorpsi, ketebalan, elongasi, dan kuat tarik. Namun, nilai kuat tarik hidrogel glutaraldehid – gliserol masih lebih rendah dibandingkan dengan penelitian menggunakan hidrogel pektin (Sari, 2021) dan pemlastis yang sama (Rudyardjo, 2014). Disisi lain, seiring penambahan *agen cross-linking* menyebabkan struktur menjadi rapuh. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan bahan penguat untuk meningkatkan sifat mekanik hidrogel. Salah satunya yaitu nanoselulosa pada bahan komposit polimer yang menyebabkan karakteristik nanokomposit menjadi lebih kuat (Agustina et al., 2019).

Beberapa penelitian yang menggunakan nanoselulosa sebagai bahan penguat telah dilakukan. Penambahan 3% (b/b) nanoselulosa dari daun nanas pada larutan kitosan 2% (b/v) dengan variasi glutaraldehid 0%;0,5%1%;2%;3% (b/b) menunjukkan 1% glutaraldehid merupakan hasil terbaik dengan kuat tarik 35,16 MPa, sedangkan kemampuan elongasi terbaik diperoleh pada konsentrasi 0% (Agustina et al., 2019). Sementara itu, 5% gliserol pada larutan kitosan-asam asetat dengan perlakuan 1%;2%;3%;4%;5% nanokristalin selulosa menunjukkan peningkatan kuat tarik hidrogel sebesar 87% dan kekuatan *layer* sebesar 16,5% pada konsentrasi nanokristalin selulosa 5% (Fardioui et al., 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui pengaruh konsentrasi nanoselulosa terhadap karakteristik hidrogel kitosan sangat bervariasi dan belum diketahui kondisi optimumnya. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik hidrogel kitosan pada variasi

konsentrasi nanoselulosa dan menentukan konsentrasi nanoselulosa yang tepat pada karakteristik hidrogel kitosan terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Penelitian ini membutuhkan bahan sebagai berikut; kitosan dengan derajat deasetilasi 75-85% (Nitrokimia Bantul), asam asetat 1%, gliserol (Saba Kimia), glutaraldehid (Merck), nanoselulosa, dan akuades (Laboratorium Rekayasa Industri Teknologi Industri Pertanian Unud).

Alat-alat yang digunakan adalah gelas ukur 10 mL (Iwaki), oven (Blue M), cawan petri (Anumbra), neraca digital (Fujitsu FSR-B2200), gelas beaker 100 dan 2000 mL (Iwaki), spatula, mikrometer sekrup, pengaduk, pipet tetes, *hand-mixer*, kompor, termometer (GEA), texture analyzer (TA XT Plus), penggaris, dan *cutter*.

### Rancangan Penelitian

Rancangan acak kelompok (RAK) dengan variabel konsentrasi nanoselulosa diterapkan pada penelitian ini. Lima taraf, yaitu: 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% (b/v) nanoselulosa dibuat menjadi tiga kelompok berdasarkan waktu pengerjaan sehingga diperoleh 15 sampel. Uji ANOVA dilakukan setelah analisis. Jika berpengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda Duncan.

### Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian berdasarkan Nautilus et al., (2022) yang dimodifikasi. Prosedur pembuatan hidrogel sebagai berikut Nanoselulosa (0;1;2;3;4%) b/v dan 1 gram kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 1%, lalu diaduk sampai homogen. Tahapan berikutnya yaitu pengadukan dilakukan selama 60 menit pada suhu 50°C untuk menghasilkan larutan 1% (b/v). Glutaraldehid 3% ditambahkan pada larutan hidrogel dan diaduk hingga homogen, selanjutnya ditambahkan gliserol 1%. Pengadukan kembali dilakukan selama 60 menit pada temperatur ruang sampai viskositasnya meningkat. Larutan yang telah terbentuk tersebut kemudian dituang pada cawan petri dengan bobot 70 gram. Larutan yang telah dibuat dikeringkan dengan oven selama 8 jam pada suhu 50°C.

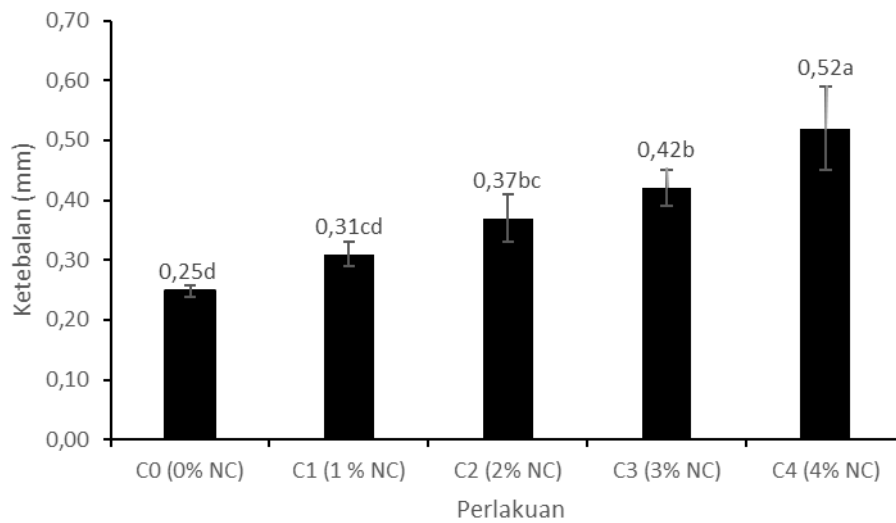
### Variabel yang Diamati

Variabel pengujian sampel yaitu uji analisis ketebalan (Rudyardjo, 2014) kuat tarik (ASTM D882), elongasi (ASTM D882), modulus Young (ASTM D882), adsorpsi air (Istiqomah, 2012), dan *scanning electron microscopy* (SEM). Perlakuan terbaik diperoleh dari hasil nilai kuat tarik tertinggi sesuai dengan penelitian (Chamidah & Rohmawati, 2022) dan permasalahan penelitian sebelumnya yaitu nilai kuat tarik rendah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ketebalan

Hasil analisis keragaman menunjukkan variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap ketebalan hidrogel kitosan. Nilai rata-rata ketebalan hidrogel kitosan berkisar antara  $0,25 \pm 0,01$  -  $0,52 \pm 0,09$  mm. Hasil analisis ketebalan hidrogel kitosan dengan konsentrasi variasi nanoselulosa dapat dilihat pada Gambar 1.



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

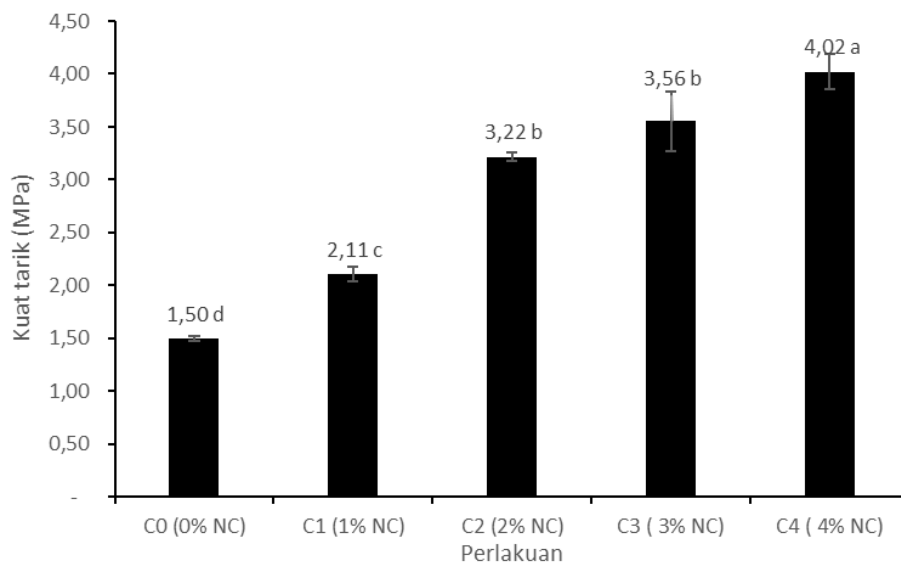
Gambar 1. Nilai rata-rata ketebalan hidrogel kitosan pada variasi konsentrasi nanoselulosa

Gambar 1 menunjukkan bahwa ketebalan hidrogel kitosan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi nanoselulosa. Hasil hidrogel kitosan dengan ketebalan tertinggi diperoleh pada konsentrasi nanoselulosa 4% b/v, sebesar  $0,52 \pm 0,09$  mm yang secara signifikan berbeda dari perlakuan lainnya. Di sisi lain, hidrogel kitosan dengan ketebalan terendah, sebesar  $0,25 \pm 0,01$  mm. Hasil ini tidak secara signifikan berbeda dengan 1% b/v nanoselulosa. Nilai ketebalan dalam penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Zhao et al., 2020) dengan hasil tertinggi untuk konsentrasi nanoselulosa sebesar 3%, yaitu  $0,378 \pm 0,03$  mm. Perbedaan nilai diperoleh antara penelitian ini dan Zhao et al., (2020) disebabkan oleh dua faktor utama. Pertama, nanoselulosa fiber yang digunakan dalam penelitian Zhao et al., (2020) berasal dari alginat, sementara penelitian ini menggunakan selulosa. Kedua, dalam penelitian ini, agen cross-linking yang digunakan adalah glutaraldehid, sedangkan Zhao et al., (2020) tidak menggunakan agen cross-linking. Peningkatan ketebalan dalam penelitian ini dipengaruhi oleh massa kitosan yang bereaksi dengan nanoselulosa (Hisbiyah et al., 2023). Peningkatan massa kitosan-nanoselulosa disebabkan oleh dispersi nanoselulosa (diameter 5-50 nm) ke dalam ruang antar sel kitosan (diameter 10-500 nm) (Bakhori, 2017). Peningkatan viskositas juga berdampak pada ketebalan hidrogel kitosan. Hal ini terjadi karena viskositas mempengaruhi proses gelasi dengan memperlambat difusi molekul dan mendorong pembentukan jaringan polimer. Akibatnya, hidrogel memerlukan waktu yang lebih lama untuk mengeras, menyebabkan akumulasi material dan penebalan. Keadaan ini sesuai dengan penelitian Patel et al. (2022), yang menunjukkan bahwa semakin banyak nanoselulosa ditambahkan, semakin tinggi viskositasnya, sehingga ketebalan hidrogel komposit semakin bertambah.

### Kuat Tarik

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap nilai kuat tarik hidrogel kitosan. Kuat tarik hidrogel kitosan dengan

variasi konsentrasi nanoselulosa memiliki nilai antara  $1,50 \pm 0,03$  MPa –  $4,02 \pm 0,17$  MPa dan disajikan pada Gambar 2.



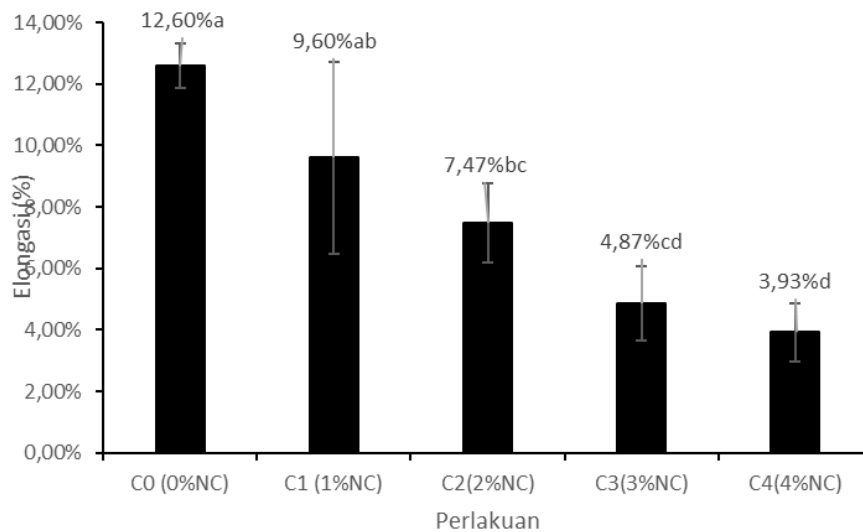
Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf kesalahan 5%.

Gambar 2. Nilai kuat tarik hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa.

Berdasarkan Gambar 2, variasi konsentrasi nanoselulosa pada hidrogel kitosan menyebabkan kenaikan nilai kuat tarik, semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa maka semakin tinggi nilai kuat tarik pada hidrogel kitosan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi dari hidrogel kitosan tercapai pada konsentrasi nanoselulosa 4% b/v, sebesar  $4,02 \pm 0,17$  MPa yang secara signifikan berbeda dari perlakuan lainnya. Sebaliknya, konsentrasi 0% b/v menunjukkan hasil kuat tarik terendah, sebesar  $1,50 \pm 0,03$  MPa. Tren menurun yang ditunjukkan pada Gambar 2 memiliki tren yang sama dengan publikasi sebelumnya (Li et al., 2009), menunjukkan variasi konsentrasi nanoselulosa 0-30% menyebabkan kenaikan nilai kuat tarik dari 85 MPa menjadi 120 MPa. Hal ini mengindikasikan keberadaan nanoselulosa pada matriks hidrogel menghasilkan interaksi antara nanoselulosa (bahan pengisi) dengan matriks hidrogel sehingga menghambat pergerakan matriks. Pergerakan yang terbatas dari matriks hidrogel mengindikasikan kekakuan yang bertambah (Khalil et al., 2016) sehingga dibutuhkan gaya (N yang lebih besar untuk menarik komposit hingga putus. Rudyardjo & Wijayanto (2017) menyatakan bahwa semakin banyak unsur karbon dalam satu rantai, semakin banyak pula gugus hidroksil yang akan bereaksi sehingga mempengaruhi hasil uji kuat tarik. Dalam penelitian ini, unsur C tidak hanya berasal dari kitosan tetapi juga dari nanoselulosa yang termasuk polimer rantai panjang yang dapat bereaksi dengan unsur lainnya.

### Elongasi

Analisis Elongasi dilakukan menurut ASTM D882, dimana hasil menunjukkan bahwa variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap nilai elongasi hidrogel kitosan. Elongasi hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa memiliki nilai antara  $3,93 \pm 0,01\%$  –  $12,60 \pm 0,01\%$  dan disajikan pada Gambar 3.



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

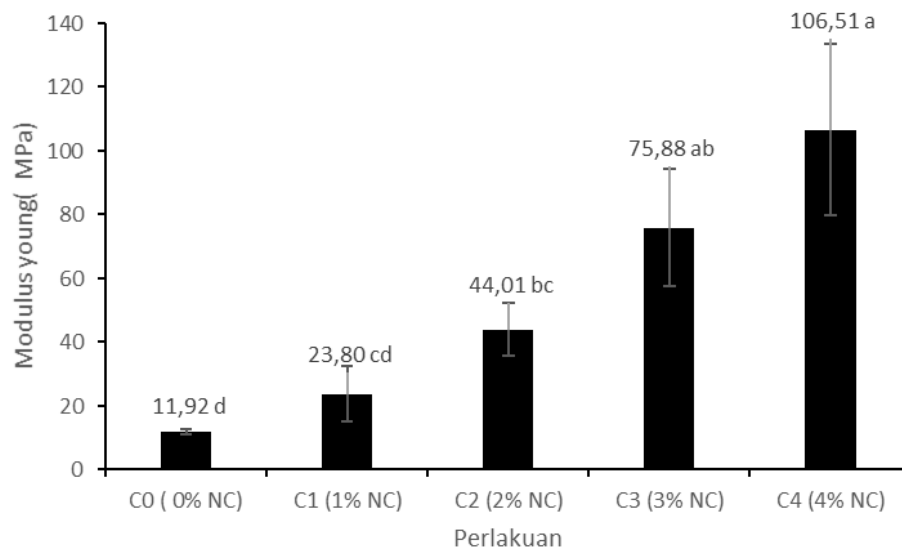
Gambar 3. Nilai elongasi hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa.

Nilai elongasi menunjukkan sifat elastis pada hidrogel kitosan (Rudyardjo & Wijayanto, 2017). Gambar 3 menunjukkan nilai elongasi lima perlakuan variasi konsentrasi nanoselulosa pada hidrogel kitosan mengalami penurunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai elongasi tertinggi pada hidrogel kitosan terjadi pada konsentrasi nanoselulosa 0% b/v, sebesar  $12,60 \pm 0,01\%$  dan hasil ini tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan 1% b/v nanoselulosa. Disisi lain, nilai elongasi terendah terjadi pada perlakuan 4% b/v nanoselulosa, sebesar  $3,93 \pm 0,01\%$  yang tidak berbeda signifikan dengan perlakuan 3% b/v nanoselulosa. Tren penurunan nilai elongasi ini sejalan dengan temuan penelitian yang dilaporkan oleh Falamarzpour et al., (2017). Penurunan elongasi disebabkan oleh nanoselulosa pada hidrogel dapat meningkatkan kekakuan material (Agustina et al., 2019).

Nanoselulosa sebagai bahan pengisi yang memiliki serat-serat halus, cenderung memberikan struktur yang lebih padat dan kurang elastis pada hidrogel. Hal ini dapat menghambat kemampuan hidrogel untuk meregang secara signifikan, mengakibatkan nilai elongasi yang lebih rendah. Sementara itu, pembentukan multi-interaksi seperti ikatan hidrogen dan ikatan kovalen (Shi-Neng et al., 2018) pada setiap komposisi hidrogel juga mempengaruhi penurunan nilai elongasi. Nanoselulosa (gugus hidroksil) dan kitosan (gugus amina) berinteraksi membentuk ikatan hidrogen (Kumar et al., 2013). Oleh karena multi-interaksi tersebut kemampuan hidrogel kitosan dengan konsentrasi nanoselulosa untuk meregang menjadi berkurang.

### Modulus Young

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap nilai modulus Young hidrogel kitosan. Modulus Young pada hidrogel kitosan memiliki nilai antara  $11,92 \pm 0,75$  Mpa –  $106,51 \pm 26,80$  Mpa dan disajikan ada Gambar 4.



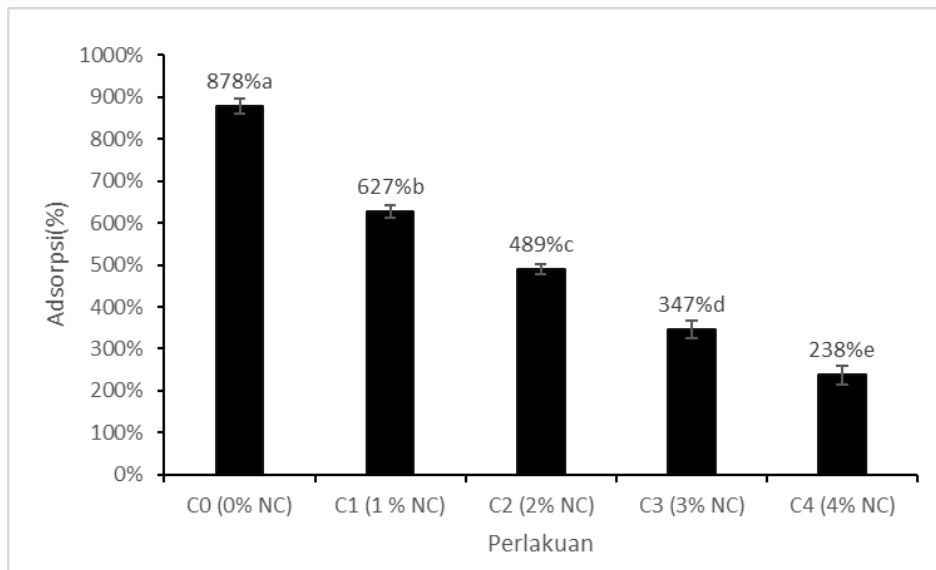
Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf kesalahan 5%.

Gambar 4. Nilai modulus Young hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa.

Gambar 4 menunjukkan bahwa modulus Young hidrogel kitosan mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsentrasi nanoselulosa. Hasil analisis menunjukkan bahwa modulus Young tertinggi terjadi pada konsentrasi 4% b/v nanoselulosa, sebesar  $106,51 \pm 26,80$  MPa dan tidak berbeda secara signifikan dengan konsentrasi 3% b/v nanoselulosa. Disisi lain, nilai terendah terdapat pada konsentrasi 0% b/v nanoselulosa, sebesar  $11,92 \pm 0,75$  MPa yang tidak berbeda secara signifikan dengan konsentrasi 1% b/v nanoselulosa. Peningkatan modulus Young disebabkan interaksi antarmolekul dari ikatan hidroksil (-OH) dan  $-NH_2$  pada kitosan dan nanoselulosa (Hamidreza et al., 2021). Nanoselulosa yang terbentuk dari serat panjang dengan jaringan perkolasi dan interaksi antarmolekul meningkatkan modulus mekanik hidrogel. Semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa, semakin banyak ikatan yang terbentuk, yang pada gilirannya menghasilkan peningkatan modulus Young. Nilai modulus Young didapatkan dari perbandingan kuat tarik dan elongasi. Hasil dari perbandingan tersebut berbanding lurus dengan nilai kuat tarik (Aleksi et al., 2018). Tren tersebut juga terjadi pada penelitian Fernandes et al., 2010, dimana variasi kitosan nanoselulosa (0-20%) pada hidrogel kitosan menghasilkan kenaikan modulus Young dua kali lipat. Oleh karena itu semakin tinggi nilai kuat tarik maka semakin tinggi pula nilai modulus Young.

### Adsorpsi air

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap adsorpsi air padahidrogel kitosan. Nilai adsorpsi air hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa antara  $238 \pm 0,23\%$  -  $878 \pm 0,19\%$  dan disajikan pada Gambar 5.



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

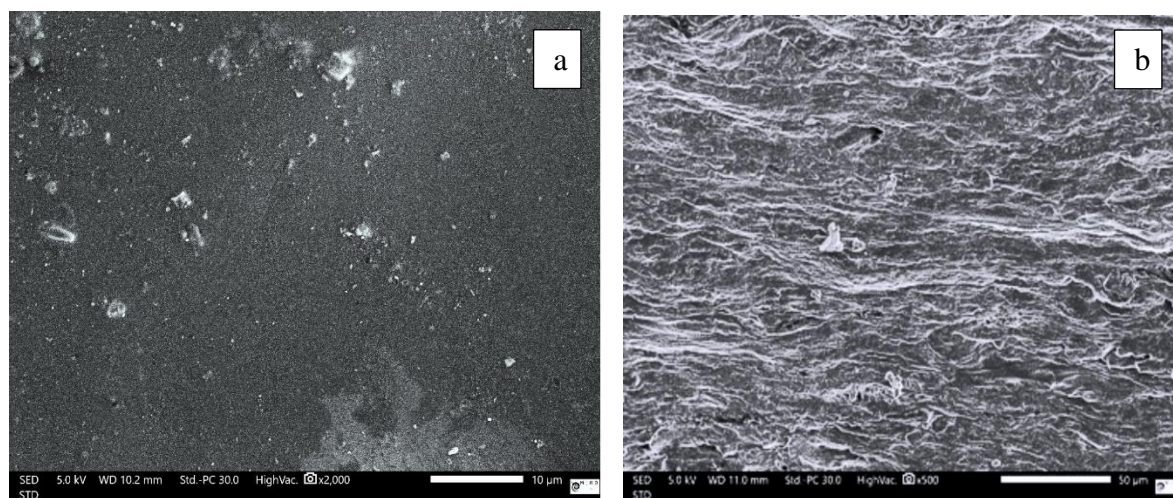
Gambar 5. Nilai adsorpsi hidrogel kitosan dengan variasi konsentrasi nanoselulosa.

Gambar 5 menunjukkan variasi konsentrasi nanoselulosa pada hidrogel kitosan menyebabkan penurunan kemampuan adsorpsi air. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai adsorpsi air tertinggi dimiliki pada hidrogel kitosan dengan 0% b/v nanoselulosa, sebesar  $878 \pm 0,19\%$  dan nilai tersebut berbeda secara signifikan dengan perlakuan lainnya. Disisi lain, nilai adsorpsi air terendah terdapat pada konsentrasi 4% b/v nanoselulosa, sebesar  $238 \pm 0,23\%$ . Hasil penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian Wang *et al* (2022), dimana terdapat kenaikan nilai adsorpsi air pada hidrogel kitosan dengan konsentrasi nanoselulosa 0-2% sebesar 10-1000 ppm. Adsorpsi air pada hidrogel kitosan dipengaruhi oleh luas permukaan dan struktur berpori hidrogel kitosan. Keduanya berpengaruh terhadap mobilitas dan difusi membran (Yu et al., 2021). Ikatan hidrogen yang terbentuk antara nanoselulosa dan kitosan memadatkan jaringan membran sehingga menghalangi molekul air untuk masuk ke matriks (Bangar & Whiteside, 2021). Penyebab lainnya dapat dikarenakan proses hidrolisis asam pada pembuatan nanoselulosa menyebabkan sejumlah struktur amorf pada nanoselulosa berkurang sehingga menyisakan bagian kristalin dengan kemampuan adsorpsi air lebih rendah (George & Siddaramaiah, 2012).

### Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

Analisis scanning electron microscope (SEM) dilakukan untuk mengetahui karakteristik permukaan hidrogel kitosan. Instrumen yang digunakan yaitu *scanning electron microscope* (SEM) tipe JSM -IT200 JEOL. Sampel uji berupa lembaran padatan kering berukuran  $1 \times 1$  mm yang diujikan dengan metode *high vacuum*.





Gambar 5: Gambar hasil SEM perbesaran 2000×; a) Perlakuan 0% b/v nanoselulosa perbesaran 2000 ×; b) Perlakuan 4% b/v perbesaran 2000 ×.

Gambar (5a) menunjukkan morfologi permukaan hidrogel kitosan yang halus dengan sedikit retakan, diduga menunjukkan homogenitas hidrogel kitosan dengan nanoselulosa 0% b/v dalam medium air (Ahmed, 2017). Sebaliknya, Gambar (5b) menunjukkan permukaan yang kasar dan tidak beraturan, kemungkinan mencerminkan serat pada hidrogel kitosan (Aleksi et al., 2018) dan dispersi yang baik (Trache et al., 2020). Selain itu, Gambar (5b), memiliki struktur yang berlapis-lapis (Aleksi et al., 2018) dengan serat-serat putih yang terhubung diperkirakan karena terdapat ikatan antar molekul komponen pada hidrogel. Dari perbandingan kedua Gambar tersebut, dapat diketahui pada perlakuan konsentrasi nanoselulosa 4% b/v pada hidrogel kitosan diduga memiliki lebih banyak ikatan antar komponen hidrogel kemungkinan dapat menurunkan kemampuan adsorpsi air.

### Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik dari karakteristik hidrogel kitosan ditentukan berdasarkan nilai kuat tarik tertinggi (Chamidah & Rohmawati, 2022) dan permasalahan penelitian sebelumnya yaitu nilai kuat tarik rendah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlakuan terbaik penelitian yaitu hidrogel kitosan dengan konsentrasi 4% b/v nanoselulosa dengan nilai ketebalan  $0,52 \pm 0,09$  mm, kuat tarik  $4,02 \pm 0,17$  MPa, elongasi  $3,93 \pm 0,01\%$ , modulus Young  $106,51 \pm 26,80$  MPa, dan adsorpsi  $238 \pm 0,23\%$ .

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan variasi konsentrasi nanoselulosa berpengaruh sangat nyata terhadap ketebalan, kuat tarik, elongasi, modulus Young, dan adsorpsi air hidrogel kitosan. Nilai hidrogel kitosan terbaik yaitu pada konsentrasi nanoselulosa 4% b/v dengan nilai ketebalan  $0,52 \pm 0,09$  mm, kuat tarik  $4,02 \pm 0,17$  MPa, elongasi  $3,93 \pm 0,01\%$ , modulus Young  $106,51 \pm 26,80$  MPa, dan adsorpsi air  $238 \pm 0,23\%$ . Hasil analisis SEM pada perlakuan terbaik menunjukkan bahwa morfologi permukaan hidrogel kitosan dengan konsentrasi

nanoselulosa 4% diduga memiliki ikatan lebih banyak dibandingkan tanpa nanoselulosa.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan pengaruh nanoselulosa terhadap kemampuan adsorpsi sehingga hidrogel kitosan yang kuat dan fleksibel.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Cahyaningtyas, Amalia, B., Pudjiastuti, W., Melanie, S., Fauzia, V., and Imawan, C. 2019. Effect of glutaraldehyde to the mechanical properties of chitosan/nanocellulose. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 1-15.
- Aleksi, H., Essi, S., Inari, L., Timo, S., Minna, K., dan Sampo, T. 2018. Nanocellulose and chitosan based films as low cost, green piezoelectric materials. *Carbohydrate Polymers*, 202(1), 418–424.
- Bakhori, A. 2017. Tinjauan aspek korosi pada makanan dalam kemasan kaleng. *PISTON (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU)*, 2(1),1-5.
- Bangar, S. P., and Whiteside, W. S. 2021. Nano-cellulose reinforced starch bio composite films- A review on green composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 185(1), 849–860.
- Catoira, M. C., Fusaro, L., Di Francesco, D., Ramella, M., and Boccafoschi, F. 2019. Overview of natural hydrogels for regenerative medicine applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 30(10), 1-30.
- Chamidah, N., dan Rohmawati, L. 2022. Pengaruh konsentrasi ekstrakdaun sirih hijau dan madu terhadap sifat antibakteri plester luka hidrogel PVA/kitosan. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia 11(1)*, 1–8.
- Falamarzpour, P., Behzad, T., and Zamani, A. 2017. Preparation of nanocellulose reinforced chitosan films, cross-linked by adipic acid. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(2), 1–12.
- Fardioui, M., Mekhzoum, M. E. M., Qaiss, A. el K., and Bouhfid, R. 2016. Bionanocomposite materials based on chitosan reinforced with nanocrystalline cellulose and organo-modified montmorillonite. *Engineering Materials*, 167–194.
- Fernandes, S., Freire, C. M., Silvestre, C. S. R., Neto, A. J. D., Gandini, C., Pascoal, A., Berglund, L. A., and Salmén, L. 2010. Transparent chitosan films reinforced with a high content of nanofibrillated cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 81(2), 394–401.
- George, J., and Siddaramaiah. 2012. High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2031–2037.
- Giri, T. K., Thakur, A., Alexander, A., Ajazuddin, Badwaik, H., and Tripathi, D. K. 2012. Modified chitosan hydrogels as drug delivery and tissue engineering systems: present status and applications. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2(5), 439–449.
- Hamidreza, T., Famarz, A. G., and Alireza, A. 2021. The effect of nanocellulose on mechanical and physical properties of chitosan-based biocomposites. *Journal of Elastomers and Plastics*, 54(1),1-15.
- Hisbiyah, A., Nurfadlilah, L., and Nisyak, K. 2023. The nanocellulose addition's effect on chitosan composites mechanical properties and antibacterial activity against *S. aureus*. *AIP Proceedings*, 2554(1), 1-16.
- Istiqomah, N. 2012. Pembuatan hidrogel kitosan-glutaraldehyd untuk aplikasi penutup luka secara in vivo. *Universitas Airlangga*.1(1),1-30.

- Jia, Y., Wang, X., Huo, M., Zhai, X., Li, F., and Zhong, C. 2017. Preparation and characterization of a novel bacterial cellulose/chitosan bio-hydrogel. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 7(1), 1–8.
- Khalil, A. H. P. S., Saurabh, C. K., Adnan, A. S., Nurul Fazita, M. R., Syakir, M. I., Davoudpour, Y., Rafatullah, M., Abdullah, C. K., Haafiz, M. K. M., and Dungani, R. 2016. A review on chitosan-cellulose blends and nanocellulose reinforced chitosan biocomposites: Properties and their applications. *Carbohydrate Polymers*, 150(1), 216–226.
- Kumar, P. T. S., Raj, N. M., Praveen, G., Chennazhi, K. P., Nair, S. V., and Jayakumar, R. 2013. In vitro and in vivo evaluation of microporous chitosan hydrogel/nanofibrin composite bandage for skin tissue regeneration. *Tissue Engineering - Part A*, 19(4), 380–392.
- Li, Q., Zhou, J., and Zhang, L. 2009. Structure and properties of the nanocomposite films of chitosan reinforced with cellulose whiskers. *Wiley InterScience*, 47(11), 1–10.
- Nautilus, I. ., Arnata, I. ., dan Wijaya, I. . M. 2022. The effect of variation of additional glutaraldehyde and lycerol on characteristics of chitosan hydrogel. *JRMA.10*(4), 422–431.
- Peers, S., Montembault, A., and Ladavière, C. 2020. Chitosan hydrogels for sustained drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 326, 150–163.
- Purwatiningsih, S., Wukirsari, T., Sjahriza, A., dan Wahyono, D. 2009. Kitosan sumber biomaterial masa depan. IPB Press. Bogor.
- Rudyardjo, D. I. 2014. The effect of addition glycerol as plasticier to the characteristics of chitosan-glutaraldehyde hydrogel for wound dressing application. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1), 18–28.
- Rudyardjo, D. I., and Wijayanto, S. 2017. The synthesis and characterization of hydrogel chitosan-alginate with the addition of plasticizer lauric acid for wound dressing application. *Journal of Physics: Conference Series*, 853(1), 1–15.
- Sari, M. 2021. Karakterisasi komposit penyembuh luka dari kitosan-pektin ekstrak batang pisang kepok ( *Musa paaadisiaca*. Linn) melalui uji invitro dan invivo. *Universitas Sumatra Utara Respiratory*.3(2),1-10.
- Shi-Neng, L., Baoqiang, L., Gong, L.-X., Zhi-Ran, Y., Yujie, F., Dechang, J., Yu, Z., and Long-Cheng, T. 2018. Enhanced mechanical properties of polyacrylamide/chitosan hydrogels by tuning the molecular structure of hyperbranched polysiloxane. *Material Design*, 18(7), 1–14.
- Wahba, M. I. 2020. Enhancement of the mechanical properties of chitosan. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 31(3), 350–375.
- Wivanius, N., dan Budianto, E. 2015. Sintesis dan karakterisasi hidrogel superabsorben kitosan poli(N-vinilkaprolaktam) (Pnvcl) dengan metode full IPN (Interpenetrating Polymer Network). *Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(3), 152–168.
- Yu, F., Yang, P., Yang, Z., Zhang, X., and Ma, J. 2021. Double-network hydrogel adsorbents for environmental applications. *Chemical Engineering Journal*, 9(1), 1–14
- Zhao, K., Wang, W., Teng, A., Zhang, K., Ma, Y., Duan, S., Li, S., and Guo, Y. 2020. Using cellulose nanofibers to reinforce polysaccharide films: blending vs layer-by-layer casting. *Carbohydrate Polymers*, 227(1), 1–9 .