

## Efek Penambahan Nano Kitosan terhadap Aktivitas Anti Bakteri dan Ketahanan Warna dari Kain Katun Yang Dichelup Dengan Ekstrak Biji *Bixa Orellana*

Renung Reningtyas<sup>1,2\*</sup> Muhammad Rizki Octavianto<sup>1</sup>, Rida Septiyansi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
Jl. Pajajaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

<sup>2</sup>Program Studi Pasca Sarjana Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No 2, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

\*E-mail: [renungreningtyas@upnyk.ac.id](mailto:renungreningtyas@upnyk.ac.id)

### Abstract

Cotton as a natural textile, especially those dyed with natural dyed are easy to be attacked by microorganism. Chitosan is a biopolymer that has the properties of inhibiting microbial activity. In this study, we aimed to applied nanochitosan as antibacterial agent in cotton fabric dyed with natural dye from *Bixa Orellana* seeds. Nanochitosan were prepared by the gelation method using sodium tripolyphosphate solution. Nanochitosan coating on cotton fabric studies have been carried out with various chitosan concentration (0.2%; 1%; and 2%) by immersion. The effect of the addition of citric acid solution as a crosslinker between cotton and chitosan and also the effect of sodium periodate as a catalyst in crosslink process were also studied. The functional groups present in the sample were characterized by Fourier Transform Infrared (FTIR). The color strength (K/S) were measured with spectrophotometer. The antibacterial strength were measured using agar plate method.

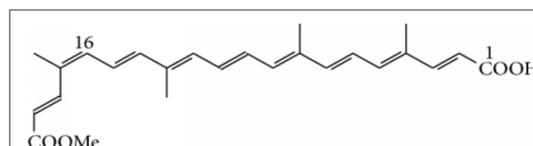
**Keyword** : cotton, chitosan, *Bixa Orellana*, crosslink, anti-bacterial

### Pendahuluan

Kain katun merupakan bahan tekstil dari serat alami yang sangat diminati konsumen. Penggunaan pewarna alam untuk katun mulai marak dikembangkan. Selain kesadaran konsumen terhadap warna alam yang mulai meningkat, produksi batik dengan warna alam juga mendapat perhatian dari pemerintah. Zat warna alam yang sering dipakai pada tekstil diantaranya adalah tingi, jolawe, tegeran, dan indigofera dimana warna yang dihasilkan didominasi oleh warna kuning, coklat dan biru. Untuk itu perlu dicari alternative zat warna alam yang dapat menghasilkan warna cerah lain. *Bixa Orellana* atau biasa disebut dengan kesumba merupakan salah satu tumbuhan yang berpotensi sebagai pewarna alami oranye cerah. Ekstrak biji Bixa yang dapat memberikan warna oranye berasal dari pigmen oranye (bixin, norbixin, dan karotenoid lainnya). Bixin larut dalam lemak dan norbixin dapat larut dalam air. (Pech-



hoil et al., 2017)



**Gambar 1.** *Bixa Orellana* (Kesumba) dan Struktur Bixin (Huza dkk, 2017)

Kain katun dengan pewarna alam, terutama dari ekstrak biji kesumba, masih rentan terhadap serangan bakteri. Kain katun merupakan media yang ideal untuk pertumbuhan bakteri akibat sifat higroskopis dari serat penyusunnya, yaitu selulosa. Infeksi bakteri *Staphylococcus aureus* pada serat kain katun dapat menyebabkan bau, kerusakan pada





## Metodologi

Bahan utama pada penelitian ini adalah kitosan (*technical food grade*), biji *Bixa Orellana* (Kesumba), kain katun (Primisima). Kemudian bahan pembantu yang digunakan adalah natrium tripolifosfat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), natrium periodat ( $\text{NaIO}_4$ ), asam sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ , *technical food grade*), *Turkey Red Oil* (TRO), asam asetat, dan aquadest.

### Proses Pencucian Kain Katun

Kain katun ditimbang kemudian direndam dalam larutan TRO 5 gram/L untuk menghilangkan kotoran, dengan perbandingan MLR 1:20 selama 30 menit kemudian dikeringkan. Kemudian dibilas 3 kali dengan perbandingan MLR 1:50 pada suhu kamar selama 15 menit kemudian dikeringkan dengan udara.

### Proses Pembuatan Larutan Nanokitosan

Proses awal yang dilakukan adalah menyiapkan larutan kitosan dengan berbagai konsentrasi (0,2%;1%;2%) (b/v) dalam larutan asam asetat 1% (v/v) diaduk dengan menggunakan *magnetic stir* selama 2 jam, kemudian larutan natrium tripolifosfat (0,84 gram/L) ditambahkan ke larutan kitosan dengan rasio 5:2 (v/v) (kitosan : natrium tripolifosfat) diaduk dengan menggunakan *magnetic stir* selama 1 jam.

### Proses Pelapisan Nanokitosan pada Kain Katun

Pelapisan nanokitosan pada kain katun dilakukan menggunakan metode pencelupan dengan Teknik *pad-dry-cure*. Kain katun direndam pada larutan nanokitosan dan larutan *crosslinker* asam sitrat 5% (b/v) dengan natrium periodat (50 mg/100 ml). Perbandingan larutan nanokitosan : larutan asam sitrat adalah 1:1, direndam pada temperatur 50°C selama 30 menit menggunakan *water bath* dengan MLR 1:20. Kemudian dikeringkan pada temperatur 80°C selama 5 menit dan dikeringkan kembali pada temperatur 120°C selama 2 menit.

### Proses Pewarnaan Pada Kain Katun

Biji *Bixa Orellana* diekstraksi dengan air dengan perbandingan 1: 6 kg biji / L air. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 60° C selama 2 jam. Hasil ekstraksi kemudian disaring untuk memisahkan ekstrak dan residu. Kain katun direndam dengan ekstrak biji *Bixa Orellana* selama 5 menit lalu dikeringkan selama 15 menit, lalu dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

### Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Pengujian FTIR dilakukan menggunakan alat FTIR merek Shimadzu Prestige untuk menganalisa gugus fungsi kain katun dan kitosan.

### Pengujian Tahan Luntur Warna

Pengujian tahan luntur warna dilakukan dengan uji cuci. Uji cuci dilakukan menurut ISO 105-C06: 1994 (2010). Pengujian dilakukan dengan mengaduk kain sampel dalam larutan sabun selama 30 menit pada suhu 40-50°C, lalu dibilas dua kali dengan air suling yang dingin kemudian dibilas dengan air dingin yang mengalir selama 10 menit. Kemudian sampel kain dinilai dengan *grey schale* terhadap perubahan warnanya

### Penentuan Kekuatan Warna

Pengukuran kekuatan warna dinyatakan sebagai K/S dan dilakukan dengan menggunakan persamaan *Kubelka-Munk*.

$$K/S = (1 - R)^2/2R \quad (1)$$

di mana K adalah koefisien absorpsi, R adalah pantulan dari sampel yang dicelup, dan S adalah koefisien hamburan. Pantulan kain yang diwarnai diukur dengan spektrofotometer (Shimadzu, UV-2401-PC, instruksi manual ISR-2200).

### Uji antibakteri

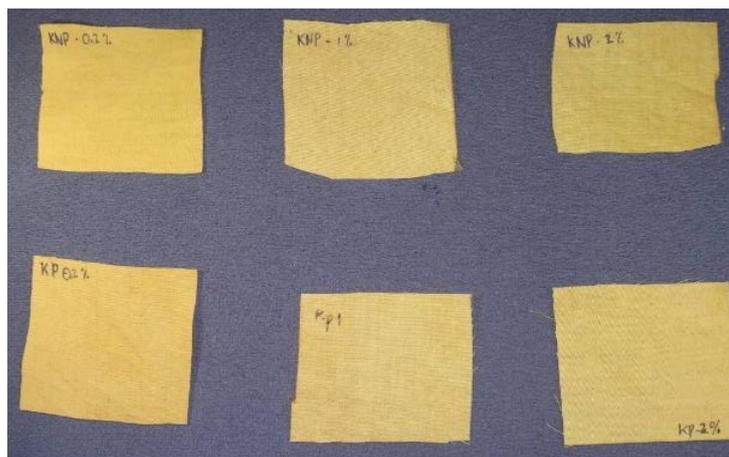
Uji antibakteri dilakukan di Pusat Studi Bioteknologi Gajah Mada. Metode yang digunakan adalah metode agar plate test, difusi cakram kertas. Cakram kertas diletakkan di atas media padat yang telah diinokulasi dengan bakteri. Setelah diinkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk melihat ada tidaknya daerah hambatan disekeliling cakram.

## Hasil dan Pembahasan

### Ketahanan Warna Terhadap Pencucian Dan Kekuatan Warna

Penambahan nano kitosan pada kain katun diharapkan dapat meningkatkan ketahanan warna. Kitosan dapat menambah gugus OH pada kain sehingga pada saat pencelupan, bixin yang juga memiliki gugus OH akan lebih terjerap dengan adanya ikatan hidrogen. Ketahanan warna dianalisis dengan UV spektrofotometer, dimana K/S dihitung dari persen reflectance nya dengan persamaan 1. Hasil dari uji pencucian dan uji ketahanan warna disajikan pada tabel 1 dan secara visual tampak pada Gambar 4.





**Gambar 4.** Hasil kain yang telah diberi pewarna (atas kitosan non periodat, bawah kitosan plus periodat)

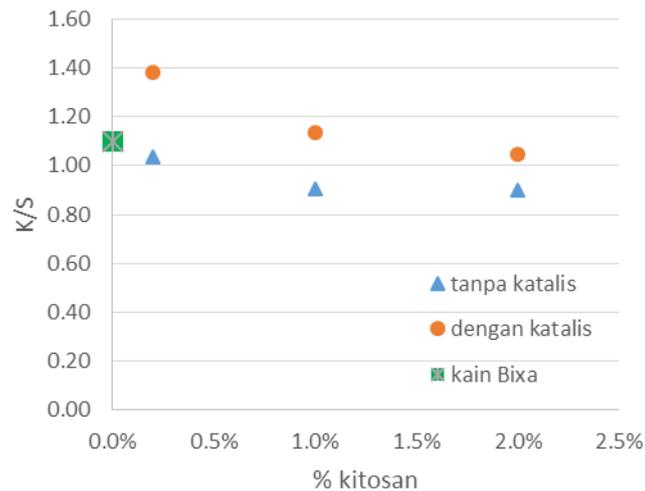
**Tabel 1.** Nilai uji tahan cuci, %R, dan Kekuatan Warna (K/S)

Sampel		Nilai Uji Ketahanan Terhadap Pencucian Sabun (Grey Schale)*	(%R)	Kekuatan warna (K/S)
Konsentrasi Kitosan				
<b>Kain Putih (Blanko)</b>		-	99.4	1.81E-01
<b>Kain Bixa</b>		4	25.36	1.0984
<b>Kain Bixa Tanpa katalis periodat</b>	0.2%	3	26.22	1.0380
	1%	3	28.37	0.9043
	2%	3-4	28.45	0.8997
		Rata-rata	27.68	0.9473
<b>Kain Bixa dengan katalis periodat</b>	0.2%	3	22.04	1.3788
	1%	3	24.85	1.1363
	2%	3-4	26.08	1.0476
		Rata-rata	24.32	1.1876

\*Skala uji ketahanan 1-5 dengan 5 menunjukkan ketahanan pencucian yang sangat baik.

Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa kain katun tanpa kitosan memiliki ketahanan pencucian yang paling baik (skala 4 : baik) dibanding seluruh sample kain dengan penambahan kitosan. Ada dua hal yang mungkin terjadi, pertama, pelapisan kitosan pada kain yang belum terlalu baik sehingga kitosan beserta zat warna yang menempel pada kitosan ikut terlarut pada saat pencucian. Kemungkinan kedua adalah ikatan antara zat warna dengan kitosan lebih lemah dibanding dengan ikatan antara zat warna dengan kain, sehingga sample kain dengan kitosan justru lebih mudah luntur. Meskipun demikian, untuk kain yang ditreatmen dengan kitosan, penambahan konsentrasi kitosan pada kain sebanyak 2% dapat meningkatkan ketahanan warna pada kain katun saat uji pencucian dari skala 3 menjadi 3-4. Kain yang dilapisi nanokitosan dengan konsentrasi 2%, baik dengan adanya katalis periodat maupun tanpa periodat memiliki skala ketahanan yang paling tinggi yaitu 3-4 (cukup baik).

Nilai kekuatan warna dianalisis menggunakan UV *spectrophotometer* sehingga diperoleh nilai persen reflektansi. Nilai persen reflektansi kemudian diubah dalam nilai K/S sesuai dengan persamaan 1. Warna kain yang lebih pekat memiliki nilai persen reflektansi yang rendah sehingga K/S nya meningkat, sebaliknya kain dengan warna yang cerah memiliki % reflektansi yang besar sehingga K/S nya kecil, seperti pada kain tanpa warna (blanko) yang memiliki persen reflektansi 99,4% memiliki nilai K/S yang sangat kecil.

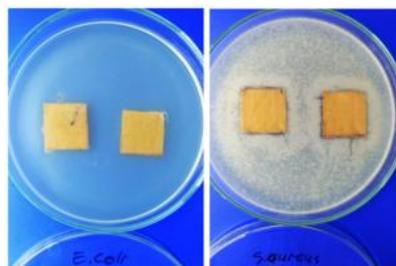


**Gambar 5.** Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap kekuatan warna kain

Dari Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan warna pada kain dengan penggunaan katalis periodat lebih tinggi daripada tanpa katalis. Kain yang hanya diwarnai dengan ekstrak biji kesumba tanpa adanya penambahan kitosan memiliki nilai K/S lebih tinggi dari kain dengan kitosan namun tanpa katalis periodat. Hal tersebut menandakan katalis periodat berperan dalam crosslink selulosa-kitosan melalui asam sitrat sehingga dapat meningkatkan kekuatan warna. Dari grafik tersebut juga tampak bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan, maka kekuatan warna semakin menurun, baik tanpa maupun dengan penggunaan katalis periodat. Kemungkinan yang terjadi adalah pada sample tanpa katalis, kitosan tidak terdistribusi merata pada kain sehingga warna tidak optimal terserap. Konsentrasi kitosan yang efektif untuk meningkatkan kekuatan warna berada pada kisaran konsentrasi kurang dari 1% dengan penggunaan katalis periodat. Penambahan kitosan di atas 1% justru menurunkan kekuatan warna kain. Kemungkinan yang terjadi adalah pada konsentrasi kitosan yang tinggi (lebih dari 1%), jumlah katalis yang digunakan tidak mencukupi sehingga crosslink tidak terjadi optimal yang mengakibatkan warna tidak optimal terserap. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai jumlah katalis dan asam sitrat yang perlu digunakan dalam pelapisan kain katun dengan kitosan. Selain itu perlu dilakukan studi lanjut dan karakterisasi kain, misal dengan SEM untuk melihat apakah nano kitosan menempel dengan baik dan merata pada kain.

### Aktifitas Antibakteri

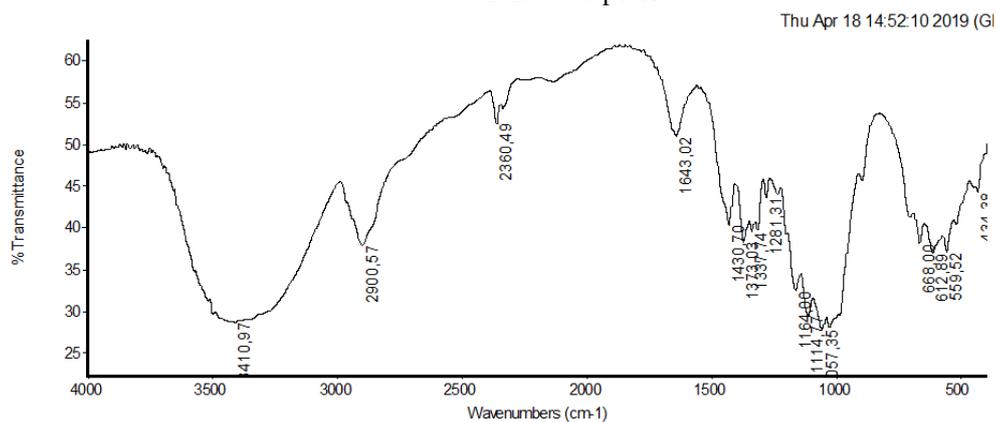
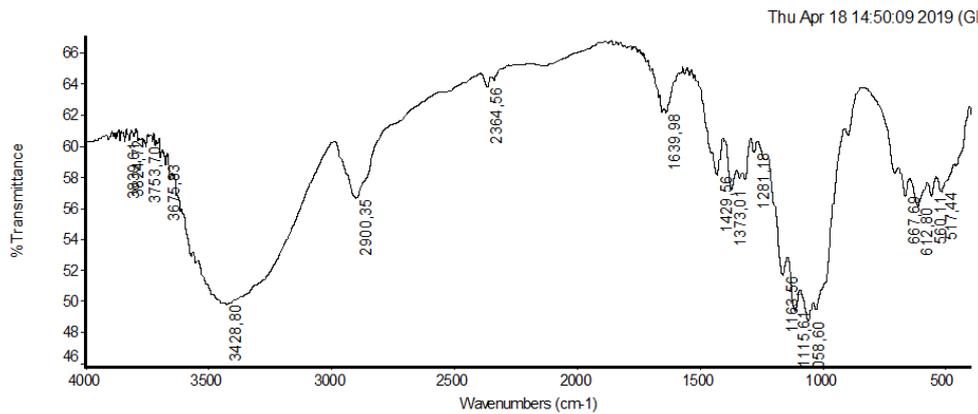
Uji anti bakteri dilakukan dengan metode difusi cakram kertas. Sample yang dipilih adalah sample dengan nilai ketahanan pencucian yang paling baik, yaitu sample kain dengan pelapisan nanokitosan konsentrasi 2% dengan katalis natrium periodat. Mikroba yang dipilih adalah *S. aureus* dan *E. coli*. Dari Gambar 6, tampak bahwa setelah diinkubasi, bakteri tumbuh di sekeliling kain. Tidak tampak adanya zona hambat bakteri di sekeliling kain. Hal itu menandakan bahwa kain dengan perlakuan nanokitosan 2% belum memiliki sifat antibakteri. Dimungkinkan konsentrasi kitosan sebagai agen antibakteri kurang besar. Selain itu perlu diteliti lebih lanjut apakah penggunaan metode difusi cakram pada sample kain adalah metode yang tepat untuk uji antibakteri. Hal ini dikarenakan zat antibakteri (dalam hal ini kitosan) hanya menempel pada kain dan tidak mendifusi pada sekeliling kain, sehingga bakteri tetap dapat tumbuh di sekeliling kain tersebut. Pada penelitian lanjutan, akan dicoba metode uji antibakteri yang lain seperti *flask shake turbidity* yang membandingkan jumlah koloni bakteri dari larutan hasil leaching kain. Uji antibakteri pada larutan kitosan langsung juga diperlukan.

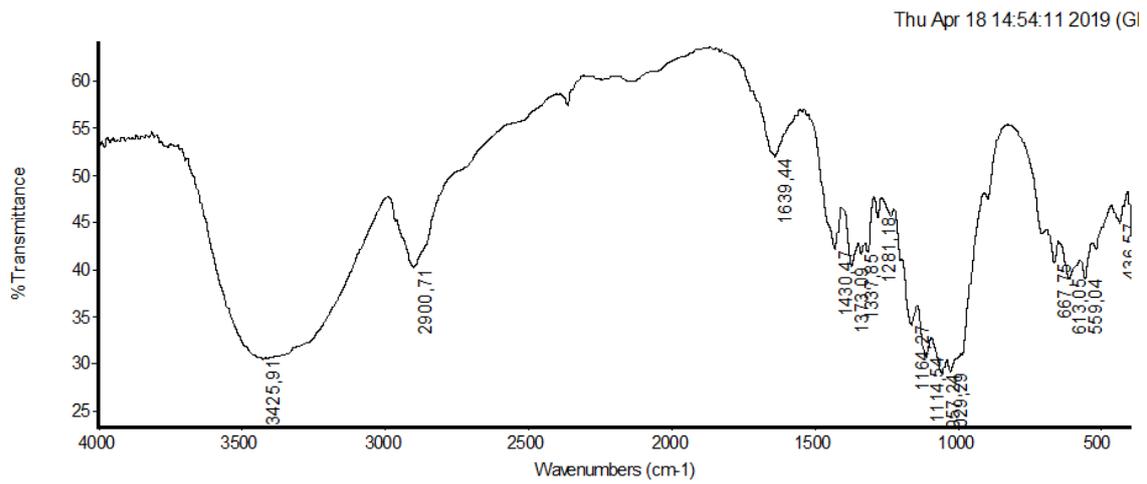


**Gambar 6.** Uji antibakteri (kiri adalah *E. coli* dan kanan *S. aureus*)

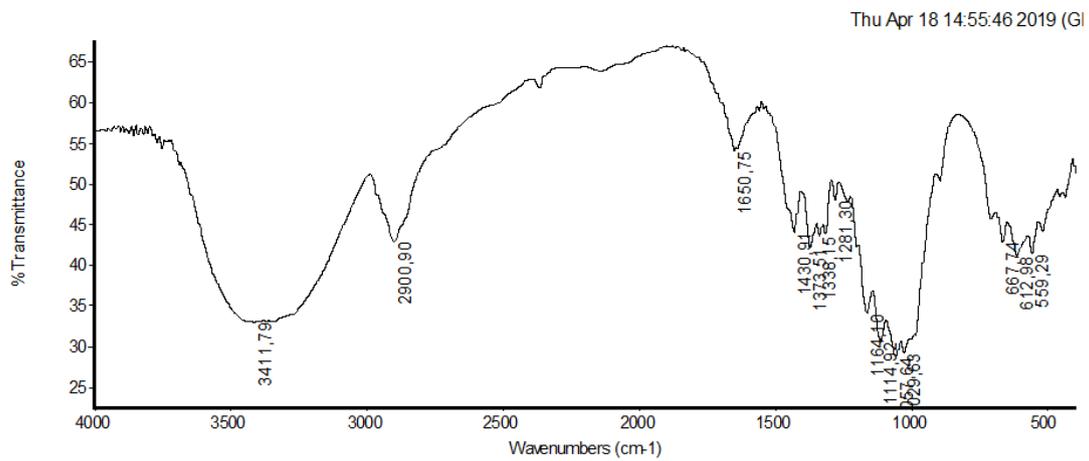
### Uji Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan kimia antara selulosa/katun dengan kitosan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Pengujian FTIR dilakukan terhadap kain katun polos, kain katun dengan pewarna bixa, kain katun yang dilapisi nanokitosan tanpa periodat lalu diwarnai bixa, dan kain katun yang dilapisi nanokitosan dengan periodat lalu diwarnai dengan bixa. Analisis spektra FTIR dari semua sampel menunjukkan puncak yang berbeda pada  $3420\text{ cm}^{-1}$ ,  $2900\text{ cm}^{-1}$ ,  $1650\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1160\text{ cm}^{-1}$ . Untuk kain katun polos, pita penyerapan yang jelas sekitar  $3420\text{ cm}^{-1}$  dan  $2900\text{ cm}^{-1}$  masing-masing dikaitkan dengan peregangan ikatan O-H dan C-H pada struktur selulosa. Puncak sekitar  $1640\text{ cm}^{-1}$  adalah struktur -OH. Pada kain polos tanpa warna, hal ini menunjukkan adanya molekul air yang teradsorpsi. Sedangkan pada kain terwarnai bixa, lembah tampak lebih curam menandakan adanya struktur -OH dari bixin. Pita absorpsi sekitar  $1430\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1160\text{ cm}^{-1}$  masing-masing dikaitkan dengan ikatan C-H<sub>2</sub>, ikatan C-H, dan peregangan jembatan antimetris dari ikatan C-O-C pada kain katun yang diwarnai bixa (Hao et al., 2017). Pita serapan yang luas dan lemah dari  $3600\text{ cm}^{-1}$  hingga  $3000\text{ cm}^{-1}$  disebabkan oleh penyerapan gabungan oleh kelompok N-H dan O-H pada kain katun yang dilapisi nanokitosan (Wijesena et al., 2015). Pada sample kain dengan kitosan, pita serapan tersebut tampak sedikit lebih luas dibanding dengan kain tanpa kitosan yang menandakan adanya kitosan pada kain.

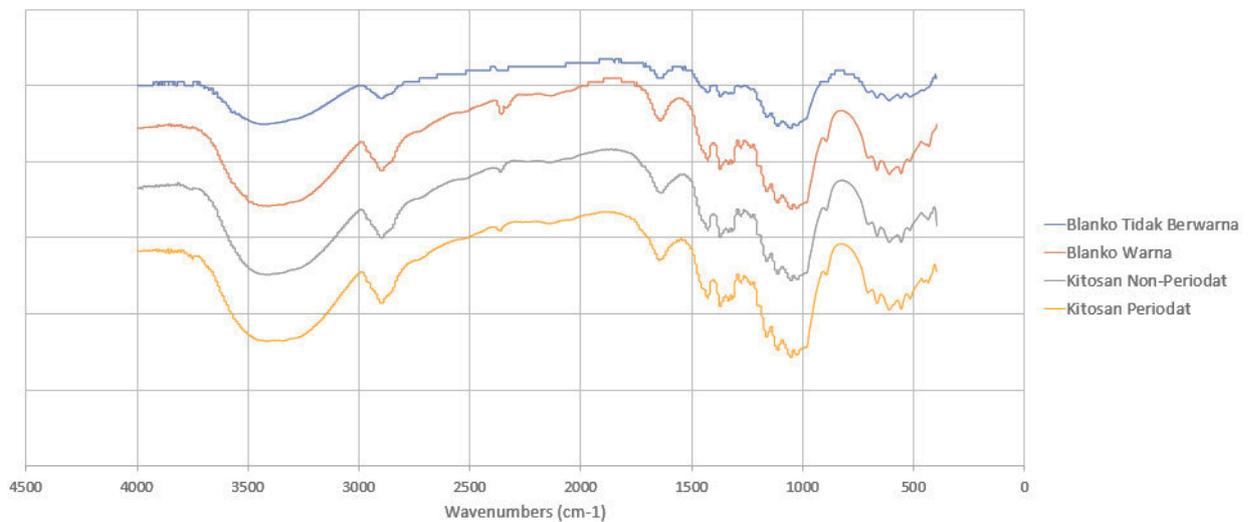




c. Kain katun yang dilapisi nanokitosan tanpa periodat lalu diwarnai bixa



d. Kain katun yang dilapisi nanokitosan dengan periodat lalu diwarnai dengan bixa



e. Semua sampel

**Gambar 7.** FTIR kain katun dalam berbagai sampel (a-d) dan Gabungan seluruh sample (e)

## Kesimpulan Dan Saran

Penelitian ini menunjukkan bahwa kain katun yang dilapisi oleh nanokitosan dengan konsentrasi 2% memiliki ketahanan terhadap proses pencucian yang cukup baik, meskipun masih lebih rendah dibanding dengan kain tanpa pelapisan kitosan. Penambahan katalis natrium periodat dalam proses *crosslinker* dapat meningkatkan kekuatan warna kain dibanding kain tanpa katalis. Konsentrasi kitosan yang optimal untuk meningkatkan kekuatan warna adalah kurang dari 1% dengan penggunaan katalis natrium periodat. Hasil uji antibakteri dengan metode difusi cakram kertas masih belum menunjukkan aktifitas zona hambat bakteri sehingga perlu dicoba konsentrasi kitosan yang lebih tinggi dan juga perlu dicoba metode uji antibakteri yang lain (*shake flash*).

## Daftar Pustaka

- Dengan, K. P., Perendaman, C., Winiati, W., Kasipah, C., Septiani, W., Tekstil, B. B., Jenderal, J., Yani, A., and Bandung, N. (2016): Aplikasi Kitosan Sebagai Zat Anti Bakteri Pada Affixation of Chitosan As an Antibacterial Agent Onto Polyester-Cellulose Fabrics Using Exhaust Method.
- Hao, L., Wang, R., Fang, K., and Cai, Y. (2017): The modification of cotton substrate using chitosan for improving its dyeability towards anionic microencapsulated nano-pigment particles, *Industrial Crops and Products*, **95**, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.043>
- Ibrahim, N. A., Eid, B. M., El-Aziz, E. A., Elmaaty, T. M. A., and Ramadan, S. M. (2017): Loading of chitosan – Nano metal oxide hybrids onto cotton/polyester fabrics to impart permanent and effective multifunctions, *International Journal of Biological Macromolecules*, **105**, 769–776. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.099>
- Ma, Z., Garrido-Maestu, A., and Jeong, K. C. (2017): Application, mode of action, and in vivo activity of chitosan and its micro- and nanoparticles as antimicrobial agents: A review, *Carbohydrate Polymers*, **176**(July), 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.082>
- Pech-hoil, R., Monserrat, M., Aguilar-espinoza, M., Valdez-orejeda, R., Garza-caligaris, L. E., and Rivera-madrid, R. (2017): Scientia Horticulturae Variation in the mating system of *Bixa orellana* L. (achiote) under three different agronomic systems, *Scientia Horticulturae*, **223**(May), 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.031>
- Reningtyas, R., and Priambudi, R. A. (2019): Extract of *Centella asiatica* leaves as a biomordant in cotton dyed with natural dye *Bixa orellana* Extract of *Centella asiatica* Leaves as a Biomordant in Cotton Dyed with Natural Dye *Bixa orellana*, **020074**(March). <https://doi.org/10.1063/1.5095052>
- Setiyani, R., and Maharani, K. (2015): Staphylococcus aureus BACTERIA IN COTTON FABRIC, **4**(2), 88–93.
- Vellingiri, K., Ramachandran, T., and Senthilkumar, M. (2013): Eco-Friendly Application of Nano Chitosan in Antimicrobial Coatings in the Textile Industry, *Nanoscience and Nanotechnology Letters*, **5**(5), 519–529. <https://doi.org/10.1166/nnl.2013.1575>
- Wijesena, R. N., Tissera, N. D., and De Silva, K. M. N. (2015): Coloration of cotton fibers using nano chitosan, *Carbohydrate Polymers*, **134**, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.088>
- Winiati, W., Kasipah, C., Yulina, R., Wahyudi, T., Mulyawan, A. S., Septiani, W., and Tekstil, B. B. (2014): Affixation Chitosan As an Antibacterial Agent To Cotton, *Arena Tekstil*, **29**(6), 25–36.



## Lembar Tanya Jawab

**Moderator : Aspiyanto (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong)**

**Notulen : Indriana Lestari (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Dio Nur Rachman (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apa yang menjadi dasar pemilihan digunakannya kain katun dalam penelitian ini, dan bagaimana jika diaplikasikan pada jenis kain yang lain?  
Jawaban : Dasar pemilihan kain katun sebagai bahan penelitian yaitu kain katun mudah ditemukan dipasaran, harga terjangkau, dan banyak diminati konsumen. Nanokitosan dapat diaplikasikan pada jenis kain lainnya, karena beberapa jurnal penelitian telah menggunakan jenis kain yang lain, namun pada penelitian tersebut lebih meninjau pada ketahanan warna dan uji pencucian (ketahanan warna), bukan sebagai uji antibakteri.
2. Penanya : Rizki Maslakhah (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Mengapa kitosan yang digunakan dibentuk menjadi nano sebelum diaplikasikan pada kain katun?  
Jawaban : Hal ini dikarenakan dengan ukuran nano diharapkan kitosan dapat terjerap dengan kuat dipori-pori kain katun dan distribusinya dapat merata.
3. Penanya : Shafira Rahma Firdausy (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apa tujuan *crosslink* menggunakan asam sitrat dan nanokitosan?  
Jawaban : *Crosslink* dengan menggunakan asam sitrat dan nanokitosan bertujuan untuk meningkatkan ketahanan antibakteri. Ketika kain katun dimodifikasi kovalen dengan pembentukan gugus aldehid pada serat kapas menggunakan oksidator, maka gugus aldehid yang terbentuk akan berikatan dengan gugus amina pada kitosan yang akan menghasilkan fiksasi kitosan pada serat kapas.
4. Penanya : Nur Hidayati (Universitas Muhammadiyah Surakarta)  
Pertanyaan : Bagaimana cara mengukur tingkat kelunturan warna, karena secara umum baju akan sering dicuci?  
Jawaban : Pengujian dilakukan satu kali pencucian dengan sabun dan dilakukan 1 kali ulangan.
5. Penanya : Aspiyanto (LIPI Kimia, Serpong)  
Pertanyaan : Apakah warnanya stabil setelah proses pencucian?  
Jawaban : Berdasarkan hasil pengujian, setelah dilapisi nanokitosan dan dilakukan pewarnaan, dengan konsentrasi nanokitosan yang lebih tinggi, terdapat flok-flok putih di kain. Hal ini diduga akibat uji ketahanan warna dan pencucian yang dilakukan dibagian yang sama, di satu sisi dan belum merata. Sebaiknya pengujian dilakukan 3 atau 4 kali, sehingga dapat diambil nilai rata-ratanya.
6. Penanya : Norma Sofiana (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Mengapa digunakan biji bixa sebagai pewarna dan mengapa terdapat 2 kali pengeringan dengan suhu yang berbeda yaitu 80 dan 120 °C?  
Jawaban : Karena bixa terdapat disekitar kampus UPN. Tujuan dilakukannya 2 kali pemanasan yaitu, pada suhu 80 °C bertujuan untuk menghilangkan kadar air, sedangkan suhu 120 °C untuk proses *curing* agar kitosan dapat lebih merekat pada kain. Adapun pemilihan suhu didasarkan dari studi literatur. Selain itu suhu yang terlalu tinggi dapat merusak bahan dan katalis.