

MODIFIKASI KAIN AKTIF ANTIBAKTERI BERBASIS KOMPLEK Mn(II) BASA SCHIFF KITOSAN–SALISILALDEHID

(MODIFICATION OF ANTIBACTERIAL FABRIC FROM Mn(II) SCHIFF BASE CHITOSAN - SALICYLALDEHYDE COMPLEX)

**Ismiyarto, Sesika Novari, Ngadiwiyan, Purbowatiningrum Ria Sarjono,
dan Noor Basid Adiwibawa Prasetya**

Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto SH., Tembalang, Semarang 50275
email: ismiyarto@live.undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kompleks Mn(II)-basa Schiff kitosan-salisilaldehid dan menguji aktivitasnya sebagai bahan aktif kain antibakteri. Metode penelitian dilakukan melalui tiga tahapan. Pada tahap *pertama* dilakukan sintesis basa Schiff kitosan–salisilaldehid dengan mereaksikan kitosan dengan variasi mol salisilaldehid menggunakan campuran pelarut asam asetat dan etanol, diaduk pada suhu 50°C selama 6 jam. Pada tahap *kedua*, basa Schiff kitosan–salisilaldehid dijadikan kompleks dengan MnCl₂.2H₂O menggunakan campuran pelarut asam asetat 2% dan etanol, diaduk pada suhu 60°C selama 12 jam. Pada tahap *ketiga* dilakukan pelapisan kompleks pada kain katun menggunakan metode *spray* dan selanjutnya dilakukan uji antibakteri terhadap *E. coli* (G-) dan *S. aureus* (G+) menggunakan metode difusi cakram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa basa Schiff kitosan–salisilaldehid dengan rasio substitusi paling besar (0,122) diperoleh ketika disintesis menggunakan salisilaldehid 0,00227 mol. Senyawa kompleks Mn(II)-basa Schiff kitosan–salisilaldehid yang terbentuk berupa serbuk berwarna hitam dengan rendemen 66%. Kain katun yang telah dilapisi kompleks Mn(II)-basa Schiff kitosan–salisilaldehid efektif menghambat pertumbuhan bakteri dengan persen daya hambat sebesar 16,02% terhadap bakteri *E. coli* (G-) dan 14,02% terhadap bakteri *S. aureus* (G+).

Kata kunci: *kitosan, kompleks basa Schiff, rasio substitusi, antibakteri*

Abstract

This study was aimed at obtaining the complex of Mn(II)-Schiff base chitosan-salicylaldehyde and evaluating the activity of antibacterial agent on cotton fabric. The study was conducted through three treatment steps. In the *first* step, chitosan-salicylaldehyde Schiff base was synthesized by reacting chitosan with mole variations of salicylaldehyde and combined with a mixture of acetic acid and ethanol as the solvent which was then stirred at 50°C for 6 hours. In the *second* step, preparation complexes Mn(II)- Schiff base chitosan-salicylaldehyde was conducted by mixing chitosan-salicylaldehyde Schiff base and MnCl₂.2H₂O using acetic acid 2% -ethanol as a solvent at 60°C for 12 h. In the *third* step, the complex was coated onto fabric using spray method and the *E. coli* (G-) dan *S. aureus* (G+) antibacterial test was done to the coated fabric using disk diffusion method. The results showed that 0.00227 mole salicylaldehyde lead to the highest substitution ratio of Schiff base chitosan-salicylaldehyde of 0.122. The Mn(II)-Schiff base chitosan-salicylaldehyde complex was obtained as black powder with a yield of 66%. Cotton fabric that has been coated with the complex, effectively inhibits bacterial growth with a percent inhibition against *E. coli* (G-) and *S. aureus* (G+) bacteria of 16.02% and 14.02%, respectively.

Keywords: *chitosan, Schiff base complex, substitution ratio, antibacterial*

PENDAHULUAN

Tekstil adalah suatu material yang sangat penting karena material tersebut merupakan bahan yang digunakan untuk pembuatan salah satu kebutuhan pokok manusia yaitu pakaian. Berbagai macam tekstil diproduksi sesuai kebutuhan konsumen salah satunya yaitu tekstil antibakteri atau *antibacterial cloth*. Senyawa yang digunakan pada tekstil yaitu triklosan (2,4,4'-trikloro-2'-hidroksidifenil eter), namun penggunaannya saat ini sudah dilarang dikarenakan apabila terkena sinar matahari dapat terurai membentuk senyawa dioksin yang bersifat toksik. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti triklosan yaitu kitosan. Selain memiliki sifat sebagai antibakteri, kitosan juga memiliki sifat menarik seperti biokompatibilitas, biodegradabilitas dan produk degradasinya adalah nontoksik, non-immunogenik dan non-karsinogenik (Al-Issa, Abbas, & Matty, 2017). Kitosan terdiri dari unit *N*-asetilglukosamin dan glukosamin yang dihubungkan melalui ikatan β -(1,4) glikosida, adanya gugus amin dan hidroksi bertindak sebagai sisi aktif untuk modifikasi kimia. Modifikasi kimia kitosan salah satunya dibuat menjadi senyawa basa *schiff* (Verlee, Mincke, & Stevens, 2017).

Senyawa basa *schiff* adalah senyawa dengan gugus fungsi $-\text{CH}=\text{N}-$ yang dihasilkan dari reaksi kondensasi antara aldehid dan amina (Rachmawati, Ngadiwiyana,

& Ismiyanto, 2017). Senyawa basa *schiff* merupakan struktur penting yang dibutuhkan untuk aktivitas biologi termasuk antibakteri, antijamur, antimalaria, antioksidan dan aktivitas antitumor sehingga dapat meningkatkan aktivitas kitosan (Barbosa *et al.*, 2017). Sintesis senyawa basa *schiff* dari berbagai senyawa telah dilakukan dan diaplikasikan di bidang medis dan farmasi. Salah satu sintesis senyawa basa *schiff* dari kitosan adalah sebagai antibakteri. Namun, dalam perkembangannya aktivitas antibakteri dari senyawa basa *schiff* yang didapat kurang tinggi. Hal tersebut dapat diatasi dengan pembentukan kompleks senyawa basa *schiff* melalui ikatan koordinasi. Senyawa tersebut bertindak sebagai ligan dengan menyumbangkan elektron bebasnya untuk ion logam pusat sehingga didapatkan senyawa basa *schiff* yang lebih stabil dan aktivitas antibakterinya lebih tinggi. Hal ini dapat digunakan sebagai bahan aktif kain antibakteri.

Penelitian Pervaiz *et al.* (2019) melaporkan sintesis senyawa kompleks basa *schiff* Mn(II) dari leusin dan salisaldehid memiliki aktivitas antibakteri yang cukup tinggi. Penelitian mengenai sintesis senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan-salisaldehid dari kitosan dan salisaldehid sebagai bahan aktif kain antibakteri belum pernah dilaporkan. Dalam penelitian ini dilakukan sintesis basa *schiff* kitosan-

salisilaldehid dari kitosan dengan tujuh variasi mol salisilaldehid yaitu 0,0004; 0,00068; 0,00121; 0,00174; 0,00227; 0,0028; 0,00333 mol. Produk yang memiliki rasio substitusi paling tinggi selanjutnya dibuat kompleks dengan ion logam Mn menghasilkan kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid untuk kemudian diuji aktivitas antibakterinya.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat gelas standar penelitian, viskometer Ubbelohde, satu set alat refluks, neraca analitik, *Laminar Air Flow*, inkubator Memmert IN55, orbital *shaker*, autoklaf, mikro pipet 10 100 μ L, jarum ose, cawan petri, *spreader*, pinset, Shimadzu UV-1280 UV-Vis (*Ultra Violet- Visible*) spectrophotometer, Perkin Elmer 96681 *Frontier Fourier Transform Infrared* (FTIR) *spectrophotometer*, dan SEM-EDX.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah salisilaldehid p.a (*Merck*), kitosan (DD= 68,42% ,BM= 124926,47 g/mol), asam asetat glasial p.a (*Merck*), NaOH (*Merck*), $MnCl_2 \cdot H_2O$ (*Merck*), etanol teknis, akuades, *nutrient agar* (*Merck*), pepton (*Merck*), ekstrak ragi (*Merck*), kain katun, kertas saring Whatmann No. 42, pH indikator universal, amoksilin, dan alkohol 70%.

Sintesis Senyawa Basa Schiff Kitosan–

salisilaldehid. Tujuh variasi mol salisilaldehid 0,0004; 0,00068; 0,00121; 0,00174; 0,00227; 0,0028; 0,00333 mol masing-masing dilarutkan dalam 10 mL etanol, kemudian ditambahkan tetes demi tetes ke dalam 1 g kitosan (0,0028 mol) yang telah dilarutkan dengan 50 mL larutan asam asetat 2% (v/v). Campuran larutan distirer dan dipanaskan selama 6 jam pada suhu 50°C. Produk yang dihasilkan diendapkan dengan NaOH 5% (w/v) sampai endapan tidak terbentuk lagi. Endapan yang diperoleh kemudian disaring dan dicuci dengan akuades serta etanol, setelah itu dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C.

Sintesis Senyawa Kompleks Mn(II) Basa Schiff Kitosan–salisilaldehid. Senyawa kitosan–salisilaldehid hasil sintesis sebanyak 0,2 g dilarutkan dalam 10 mL pelarut asam asetat 2% dan 0,15 g $MnCl_2$ dalam pelarut etanol ditambahkan perlahan-lahan ke dalam larutan kitosan–salisilaldehid. Campuran distirer dan dipanaskan selama 12 jam pada suhu 60°C. produk yang dihasilkan diendapkan menggunakan NaOH 5% kemudian disaring. Hasil penyaringan dicuci dengan akuades dan etanol untuk selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven.

Pengujian Aktivitas Antibakteri. Sebanyak 1 g *nutrient agar* dilarutkan dalam 50 mL akuades yang telah berisi 0,025 g ekstrak ragi dan 0,125 g pepton. Campuran diaduk kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan

autoklaf selama 1 jam bersama dengan jarum ose dan tabung reaksi. Penanaman bakteri dilakukan dalam *Laminar Air Flow*. Media agar dimasukan ke dalam tabung reaksi dan diletakan dengan kemiringan $\pm 30^\circ$. Koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ditanam ke dalam media agar miring dalam tabung reaksi dengan cara digores menggunakan jarum ose. Hasil penanaman bakteri diinkubasi selama 18-24 jam.

Pembuatan Inokulum Bakteri. Sebanyak 0,05 g ekstrak ragi dan 0,25 g pepton dilarutkan dalam 100 mL akuades. Campuran diaduk dan dimasukan ke dalam tiga buah erlenmeyer kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf selama 1 jam bersama jarum ose. Stok bakteri yang telah diinkubasi selama 24 jam disuspensikan ke dalam media nutrien broth. Suspensi bakteri diinkubasi selama 2 jam dalam inkubator *shaker*. Pengukuran absorbansi dilakukan setiap 2 jam sekali pada panjang gelombang 600 nm untuk mendapatkan kekeruhan suspensi bakteri yang sama dengan kekeruhan larutan standar skala 0,5 *McFarland*.

Preparasi Larutan Senyawa Uji. Larutan uji dibuat dengan melarutkan 10 mg tujuh sampel senyawa basa *schiff* kitosan-salisilaldehid, kitosan dan senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan-salisilaldehid dalam 10 mL larutan asam asetat 1% untuk memberikan konsentrasi 1000 $\mu\text{g/ml}$. Asam

asetat 1% digunakan sebagai kontrol negatif dan amoksilin digunakan sebagai kontrol positif.

Pembuatan Media Uji. Sebanyak 0,05 g ekstrak ragi dan 0,25 g pepton serta 2 g nutrient agar dilarutkan dalam 100 mL akuades. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf selama 1 jam bersama cawan petri. Sebanyak 20 mL media nutrien agar dituang ke dalam cawan petri lalu dibiarkan media nutrien agar memadat.

Uji Aktivitas Antibakteri. Suspensi bakteri yang telah memenuhi kekeruhan larutan standar konsentrasi 0,5 *McFarland* diinokulasikan ke media *nutrient agar* yang telah memadat sebanyak 75 μL . Sebanyak 10 μL larutan uji diteteskan pada kertas cakram hingga larutan uji terdifusi sempurna. Kertas cakram kemudian diletakkan pada permukaan media *nutrient agar* sebagai media uji untuk selanjutnya diinkubasi selama 24 jam. Dalam penelitian ini, larutan amoksilin digunakan sebagai kontrol positif dan larutan asam asetat digunakan sebagai kontrol negatif. Zona bening yang terlihat diukur diameternya dalam satuan milimeter.

Pelapisan Kain dengan Metode Spray. Pelapisan senyawa antibakteri pada kain katun dilakukan dengan metode *spray*. Kain katun berukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$ terlebih dahulu dicuci dan dibilas menggunakan akuades, kemudian dengan oven pada suhu 60°C selama 30

menit. Kain yang telah kering ditautkan pada plat kaca untuk disemprot dengan larutan sampel kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid ±4 mL menggunakan *Air brush* dengan jarak penyemprotan 10 cm, selanjutnya kain dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 30 menit dan dimantapkan pada suhu 150°C selama 3 menit.

Uji Aktivitas Kain Antibakteri. Uji aktivitas kain antibakteri dilakukan dengan metode turbidimetri. Kain tanpa pelapisan, kain yang dilapisi asam asetat 1% dan kain yang dilapisi senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid berukuran 3×3 cm² masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 25 mL media cair kemudian disterilisasi selama 1 jam menggunakan autoklaf. Bakteri uji yaitu *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* masing-masing sebanyak 1 mL yang telah di-*shaker* selama 24 jam dimasukkan ke dalam media yang telah berisi sampel kemudian diinkubasi pada suhu 37°C untuk selanjutnya diukur absorbansinya pada jam ke 0, 6, 8 dan 12 menggunakan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 600 nm. Data absorbansi tersebut digunakan untuk menghitung persen daya hambat kain antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri uji.

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{(A_0 - A_t) - (B_0 - B_t)}{(A_0 - A_t)} \times 100\%$$

Keterangan:

A₀ = jumlah bakteri kontrol jam ke-0

A_t = jumlah bakteri kontrol jam ke-t

B₀ = jumlah bakteri sampel jam ke-0

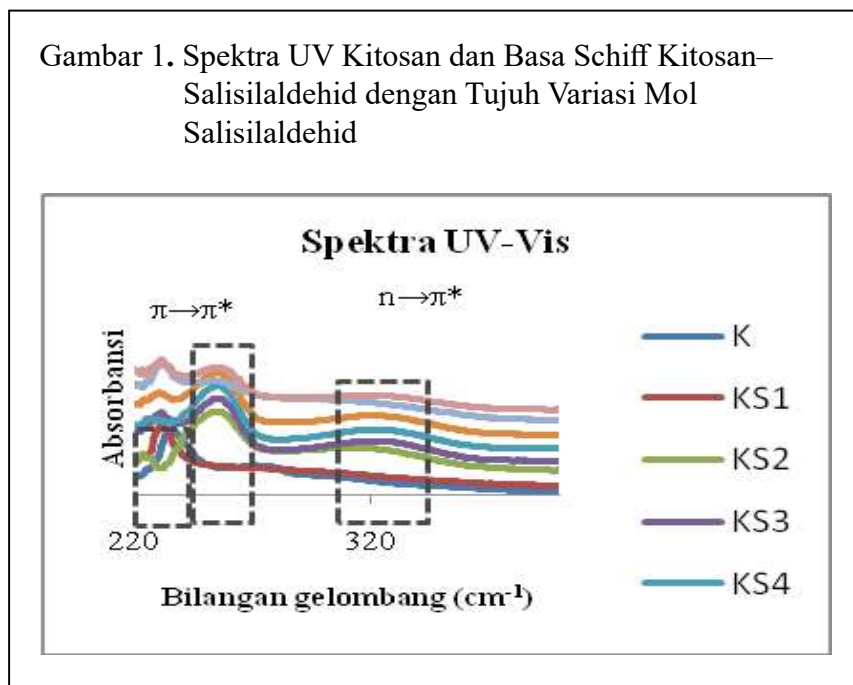
B_t = jumlah bakteri sampel jam ke-t

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk reaksi kondensasi dari salisilaldehid dan kitosan menghasilkan padatan berwarna kuning pucat yang dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-*Vis*. Spektrum UV-*Vis* kitosan dan produk reaksi kondensasi dari kitosan dan salisilaldehid dengan tujuh variasi mol salisilaldehid ditunjukkan oleh Gambar 1.

Senyawa kitosan menghasilkan dua pita serapan pada daerah 235 nm (pita I) yang merupakan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ gugus karbonil (>C=O-) dan 271 nm (pita II) yang merupakan transisi $n \rightarrow \pi^*$ gugus hidroksi (OH) terisolasi. Pada senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan tujuh variasi mol salisilaldehid menghasilkan dua pita serapan pada daerah 254-255 nm (pita I) yang merupakan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ gugus imina (>C=N-) dan konjugasi cincin benzena tersubstitusi gugus hidroksi (OH) dan 292-323 nm (pita II) yang merupakan transisi $n \rightarrow \pi^*$ gugus imina (>C=N-) dan konjugasi cincin benzena tersubstitusi gugus hidroksi (OH). Data serapan panjang gelombang senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan tujuh variasi mol salisilaldehid ditunjukkan pada Tabel 1.

Gambar 1. Spektra UV Kitosan dan Basa Schiff Kitosan–Salisilaldehid dengan Tujuh Variasi Mol Salisilaldehid



Tabel 1
Data Serapan Panjang Gelombang Kitosan dan Basa Schiff Kitosan-Salisilaldehid

Sampel	Variasi mol salisilaldehid	Panjang Gelombang (nm)	
		Pita I	Pita II
K		235	271
KS1	0,0004	232	291
KS2	0,00068	255	313
KS3	0,00121	255	321
KS4	0,00174	255	322
KS5	0,00227	255	322
KS6	0,0028	254	292
KS7	0,00333	255	319

Keterangan:

K = kitosan.

KS1, KS2, KS3, KS4, KS5, KS6, KS7= senyawa basa schiff kitosan–salisilaldehid dengan tujuh variasi mol salisilaldehid 0,0004; 0,00068; 0,00121; 0,00174; 0,00227; 0,0028; 0,00333 mol.

Karakterisasi lebih lanjut dilakukan menggunakan alat spektrofotometer infra-merah untuk mengkonfirmasi perubahan

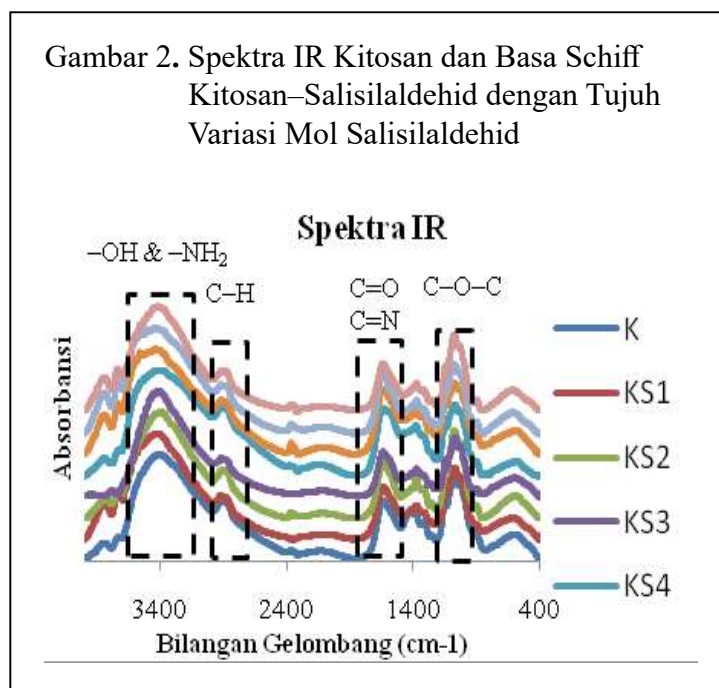
gugus karbonil ($>C=O-$) pada kitosan menjadi gugus imina ($>C=N-$) berdasarkan serapan gelombangnya. Spektrum inframerah

kitosan menunjukkan adanya serapan gugus karbonil ($>C=O-$) pada bilangan gelombang $1644,32\text{ cm}^{-1}$ sedangkan pada senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan tujuh variasi mol salisilaldehid terjadi pergeseran serapan menuju bilangan gelombang lebih rendah yaitu $1640,08$; $1643,15$; $1639,14$; $1638,39$; $1640,83$; $1641,69$; $1641,86\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya serapan gugus imina ($>C=N-$). Adanya pergeseran tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa basa *schiff* telah terbentuk. Analisis dengan spektrofotometer inframerah memberikan spektra yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Sintesis senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid diperoleh dengan mereaksikan senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan larutan $MnCl_2 \cdot 2H_2O$. Kompleks basa *schiff* dapat terbentuk karena

adanya ikatan koordinasi yang terjadi antara gugus C=N dan gugus OH pada basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan logam Mn. Pasangan elektron bebas yang terdapat pada atom N gugus C=N dan atom O pada gugus OH menyebabkan basa *schiff* bertindak sebagai ligan dengan mendonorkan pasangan elektron bebasnya kepada ion Mn yang bertindak sebagai ion logam pusat. Produk reaksi merupakan padatan berwarna hitam yang diperoleh dari proses pengendapan oleh larutan NaOH disertai pencucian dengan pelarut akuades serta etanol dan pengeringan dengan oven. Massa produk yang diperoleh sebesar $0,2294\text{ g}$.

Pembentukan senyawa kompleks menyebabkan munculnya *peak* baru pada daerah di sekitar 400 nm yang menunjukkan adanya transisi orbital $d \rightarrow d$ yang terjadi



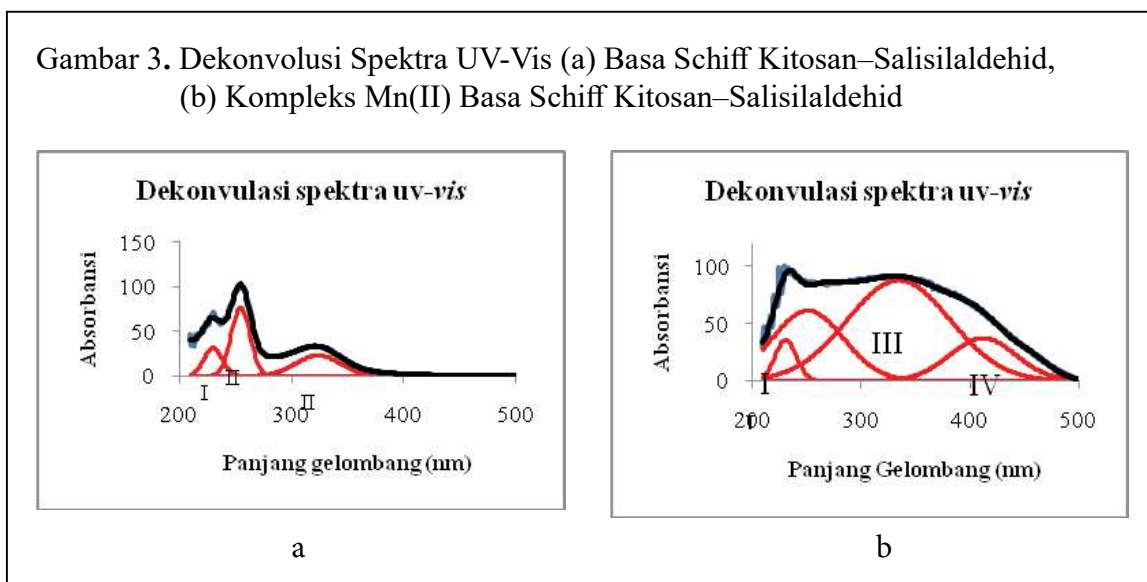
pada logam pusat, namun hasil spektra *uv-vis* tidak menghasilkan *peak* pada daerah tersebut sehingga dilakukan dekonvolusi untuk mengetahui adanya transisi orbital $d \rightarrow d$.

Dekonvolusi senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid menghasilkan empat *peak* (Gambar 3b) sedangkan dekonvolusi senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid menghasilkan tiga *peak* (Gambar 3a). Dekonvolusi senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid menghasilkan tiga *peak*. Masing-masing *peak* merupakan transisi dari $\pi \rightarrow \pi^*$ gugus karbonil ($>C=O-$), $\pi \rightarrow \pi^*$ gugus imina ($>C=N-$) dan konjugasi cincin benzena tersubstitusi gugus hidroksi (OH) dan $n \rightarrow \pi^*$ gugus imina ($>C=N-$) dan konjugasi cincin benzena tersubstitusi gugus hidroksi (OH). Adanya *peak* baru yang muncul

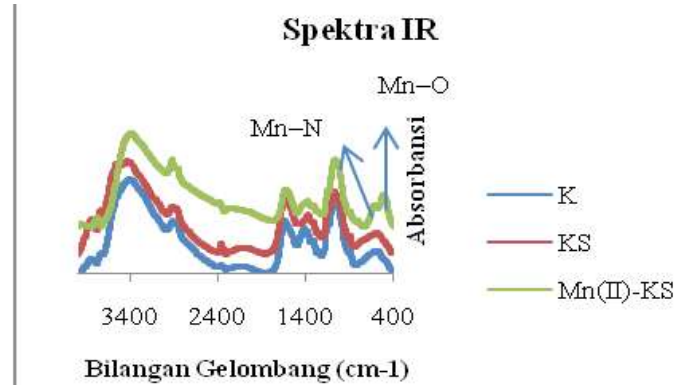
pada daerah 412 nm merupakan transisi dari orbital $d \rightarrow d$ pada logam Mn yang merupakan atom pusat.

Karakterisasi lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer inframerah untuk mengonfirmasi terbentuknya senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid. Analisis dengan spektrofotometer inframerah memberikan spektra yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Spektrum inframerah senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid menunjukkan pergeseran serapan gugus imina ($>C=N-$) menuju bilangan gelombang yang lebih rendah yaitu $1630,69 \text{ cm}^{-1}$ yang menandakan koordinasi basa *schiff* dengan ion logam pusat. Puncak khas senyawa kompleks terlihat pada daerah gugus fungsi yaitu adanya serapan pada bilangan gelombang $612,92 \text{ cm}^{-1}$ yang



Gambar 4. Spektra IR Kitosan, Basa Schiff Kitosan–Salisilaldehid, Kompleks Mn(II) Basa Schiff Kitosan–Salisilaldehid



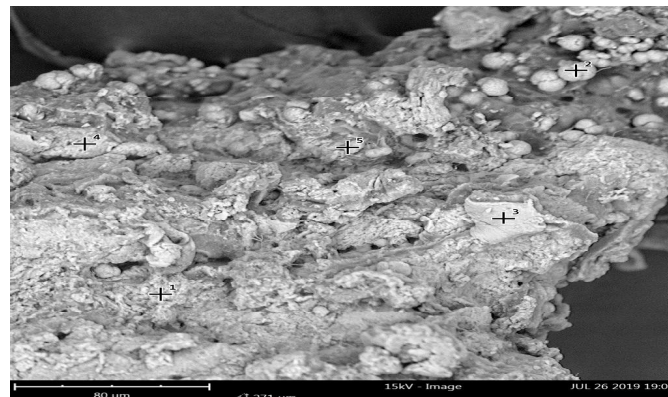
menandakan vibrasi ikatan Mn–N dan 516,08 cm⁻¹ yang menandakan vibrasi ikatan Mn–O.

Karakterisasi dilakukan dengan SEM-EDX untuk mengetahui persen komposisi unsur yang ada pada kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid. Analisis SEM-EDX kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–

salisilaldehid diambil dari lima titik berbeda ditunjukkan oleh Gambar 5.

Komposisi unsur yang terdapat pada senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa unsur mangan (Mn) paling dominan pada titik 2,3

Gambar 5. Hasil SEM Senyawa Kompleks Mn(II) Basa Schiff Kitosan–Salisilaldehid pada Lima Titik Berbeda



Tabel 2
Hasil Analisis EDX Senyawa Kompleks Mn(II) Basa Schiff
Kitosan–Salisilaldehid

Unsur	Berat (%)				
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5
Mn	29,4	48,1	54,1	55,1	24,9
O	49,2	36,3	29,7	28,5	55,3
C	11,6	10,3	10,2	10,1	12,6
N	9,8	5,3	6	6,2	7,2

dan 4 masing-masing sebesar 48,1%, 54,1% dan 55,3%. Adanya unsur Mn dalam analisis EDX menunjukkan bahwa kompleks sudah terbentuk.

Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa sampel kitosan, kitosan–salisilaldehid, kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid menghasilkan zona bening yang lebih besar terhadap bakteri *Escherichia coli* (G⁻) dibanding bakteri *Staphylococcus aureus* (G⁺), sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel memiliki sensitifitas lebih tinggi terhadap bakteri *Escherichia coli* (G⁻) dibanding bakteri *Staphylococcus aureus* (G⁺). Perbedaan sensitifitas tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan struktur membran sel masing-masing bakteri (Lopez-Romero, González-Ríos, Borges, & Simões, 2015).

Perbedaan struktur membran sel bakteri dapat dilihat dari komponen penyusun membran sel luar dan dinding selnya. Bakteri gram positif dikelilingi oleh dinding sel yang terdiri dari beberapa lapisan peptidoglikan

yang membentuk struktur tebal dan kaku. Oleh karena itu, sel menjadi sulit ditembus (Silhavy, Kahne, & Walker, 2010). Bakteri gram negatif dikelilingi oleh dinding sel yang terdiri dari lapisan peptidoglikan yang tipis (Miller & Salama, 2018). Membran luar bakteri gram negatif tersusun dari fosfolipid dan lipopolisakarida yang memiliki bagian hidrofilik dan hidrofobik. Bagian hidrofilik tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa basa *schiff* yang memiliki gugus imina sehingga menembus lapisan lipopolisakarida (Joseyphus & Nair, 2008).

Senyawa basa *schiff* memiliki aktivitas antibakteri lebih besar dibanding kitosan. Hal tersebut dikarenakan adanya gugus imina yang terdapat pada senyawa basa *schiff* memiliki elektron bebas pada atom nitrogennya sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen dengan pusat aktif sel yang akan mengganggu proses normal sel. Adanya substituen –OH pada kerangka basa *schiff* juga dapat meningkatkan aktivitas antibakterinya (Matar, Talib, Mustafa, Mubarak, & AlDamen, 2015).

Aktivitas antibakteri senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid disebabkan oleh meningkatnya kepadatan muatan positif senyawa kompleks yang menyebabkan interaksi antara senyawa dengan muatan negatif bakteri meningkat. Khelat yang terbentuk dari ion logam Mn dan ligan basa *schiff* kitosan–salisilaldehid akan berinteraksi dengan permukaan sel bakteri sehingga pertumbuhan sel bakteri terganggu. Hasil uji aktivitas antibakteri ditunjukkan pada Tabel 3.

Hasil analisis permukaan kain sebelum *coating* maupun setelah *coating* menggunakan mikroskop pada perbesaran 4x maupun perbesaran 10x tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Artinya, serat kain katun yang telah dilapisi senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–

salisilaldehid tidak mengalami kerusakan. Hasil analisis dengan mikroskop ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada uji antibakteri digunakan bakteri uji *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* karena kedua bakteri tersebut banyak ditemukan pada pakaian pasien yang dirawat di rumah sakit (Callewaert *et al.*, 2014). Hasil persen daya hambat kain antibakteri ditunjukkan pada Gambar 7. Grafik tersebut menunjukkan bahwa persen daya hambat kain antibakteri terhadap bakteri *Eschericia coli* (G⁻) lebih tinggi dibandingkan bakteri *Staphylococcus aureus* (G⁺). Hal ini dikarenakan dinding sel bakteri *Eschericia coli* (G⁻) yang merupakan bakteri gram negatif terdiri dari lapisan peptidoglikan yang tipis. Selain itu, membran luar sel bakteri gram negatif tersusun dari fosfolipid

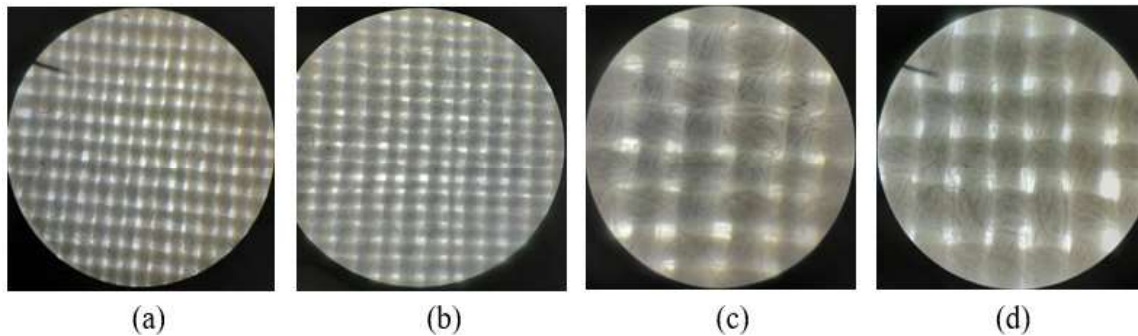
Tabel 3
Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Kompleks Mn(II)
Basa Schiff Kitosan–Salisilaldehid

Sampel	C (mg/mL)	Zona Hambat (mm)	
		<i>E. coli</i>	<i>S.aureus</i>
Kitosan	1	5	4
KS5	1	6	5
Mn-KS	1	8	7
(+)	0,01	6	3
(-)	10	4	4

Keterangan:

- C : Konsentrasi, (+) : amoksilin, (-) : asam asetat
 KS5 : senyawa basa *schiff* kitosan–salisilaldehid variasi 0,00227 mol salisilaldehid
 Mn-KS : senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid dengan variasi 0,00227 mol salisilaldehid

Gambar 6. Mikroskop Kain Antibakteri ((a) *Noncoating* Perbesaran 4x, (b) *Coating* Perbesaran 4x, (c) *Noncoating* Perbesaran 10x, (d) *Coating* Perbesaran 10x)

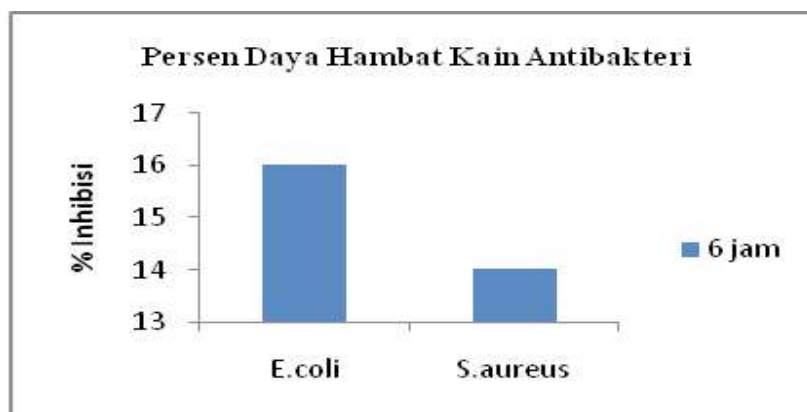


dan lipopolisakarida yang memiliki bagian hidrofilik dan hidrofobik. Bagian hidrofilik tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus imina pada senyawa basa *schiff* sehingga dapat menembus lapisan lipopolisakarida bakteri, sedangkan pada bakteri *Staphylococcus aureus* (G^+) yang merupakan bakteri gram positif dinding selnya mengandung banyak lapisan peptidoglikan yang membentuk struktur

yang tebal dan kaku sehingga lebih sulit ditembus.

Gambar 7 menunjukkan bahwa persen daya hambat kain antibakteri terhadap dua bakteri uji paling tinggi pada pengukuran jam ke-6, sehingga dapat disimpulkan bahwa kemampuan kain antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri efektif pada enam jam pertama, karena setelah jam ke-6 bakteri akan tumbuh kembali.

Gambar 7. Grafik Persen Daya Hambat Kain Antibakteri



SIMPULAN

Aplikasi senyawa kompleks Mn(II) basa *schiff* kitosan–salisilaldehid mampu digunakan sebagai kain antibakteri, dan efektif menghambat pertumbuhan bakteri pada jam ke-6 dengan menghasilkan persen daya hambat sebesar 16,02% terhadap bakteri *Escherichia coli* (G⁻) dan 14,02% terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (G⁺)

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Issa, M. A., Abbas, A. A., & Matty, F. S. (2017). Synthesis and characterization of *schiff* base derived from chitosan and its complexes with (Co⁺ 2, Ni⁺ 2 and Cu⁺ 2). *Ibn AL-Haitham Journal For Pure and Applied Science*, 29(2), 115-129.
- Barbosa, H. F. G., Attjioui, M., Ferreira, A. P. G., Dockal, E. R., El Gueddari, N. E., Moerschbacher, B. M., & Cavalheiro, É. T. G. (2017). Synthesis, characterization and biological activities of biopolymeric *Schiff* bases prepared with chitosan and salicylaldehydes and their Pd (II) and Pt (II) complexes. *Molecules*, 22(11), 1987.
- Callewaert, C., De Maeseneire, E., Kerckhof, F. M., Verliefde, A., Van de Wiele, T., & Boon, N. (2014). Microbial odor profile of polyester and cotton clothes after a fitness session. *Applied and environmental microbiology*, 80(21), 6611-6619.
- Joseyphus, R. S., & Nair, M. S. (2008). Antibacterial and antifungal studies on some schiff base complexes of zinc (II). *Mycobiology*, 36(2), 93-98.
- Lopez-Romero, J. C., González-Ríos, H., Borges, A., & Simões, M. (2015). Antibacterial effects and mode of action of selected essential oils components against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
- Matar, S. A., Talib, W. H., Mustafa, M. S., Mubarak, M. S., & AlDamen, M. A. (2015). Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of Schiff bases derived from benzaldehydes and 3, 3'-diaminodipropylamine. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(6), 850-857.
- Miller, S. I., & Salama, N. R. (2018). The gram-negative bacterial periplasm: Size matters. *PLoS biology*, 16(1), p. e2004935.
- Pervaiz, M., Ahmad, I., Yousaf, M., Kirn, S., Munawar, A., Saeed, Z., ... & Rashid, A. (2019). Synthesis, spectral and antimicrobial studies of amino acid derivative Schiff base metal (Co, Mn, Cu, and Cd) complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 206, 642-649.
- Rachmawati, I. E., Ngadiwiyana, & Ismiyarto. (2017). Sintesis turunan azomethin sebagai zat aktif inhibitor korosi pada logam menggunakan bahan dasar piperonal dan 2-aminopiridin. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(3), 136-139.
- Silhavy, T. J., Kahne, D., & Walker, S. (2010). The bacterial cell envelope. *Cold Spring Harb Perspect Biol.*, 2(5): a000414.
- Verlee, A., Mincke, S., & Stevens, C. V. (2017) Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 164, 268-283.