

**PEMANFAATAN KITOSAN KULIT UDANG  
DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN KESUM SEBAGAI  
PENGHAMBAT BAKTERI PADA *EDIBLE COATING***

***Utilization of Shrimp Skin Chitosan with Addition of Kesum Leaf Extract as  
Bacterial Inhibitor on Edible Coating***

Retno Budi Lestari<sup>1\*</sup>, Achmad Mulyadi Sirojul Munir<sup>2</sup>, Yuli Arif Tribudi<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Peternakan – Fakultas Pertanian – Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi – Pontianak – Kalimantan Barat 78124

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan – Fakultas Pertanian – Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi – Pontianak – Kalimantan Barat 78124

\*Penulis Korespondensi: email retno\_bl@yahoo.com

Disubmit: 24 Agustus 2018 Direvisi: 13 November 2018 Diterima: 27 Desember 2018

**ABSTRAK**

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya hambat *edible coating* kitosan – pati biji durian dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi ekstrak daun kesum  $K_0=0.00\%$ ;  $K_1=0.20\%$ ;  $K_2=0.40\%$ ;  $K_3=0.60\%$ ;  $K_4=0.80\%$ ;  $K_5=1.00\%$ ;  $K_6=1.20\%$ , dan  $K_7=1.40\%$ . *Edible coating* dibuat dengan formula dasar pati biji durian 3.00%; kitosan 0.80%; gliserol 0.60%. Parameter yang diamati adalah daya hambat menggunakan metode *paper disk*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya hambat *edible coating* pati biji durian – kitosan dengan penambahan ekstrak daun kesum berpengaruh sangat nyata ( $p<0.01$ ) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli*. Nilai daya hambat *edible coating* dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* antara 3.432 – 4.344 mm, sedangkan bakteri *Escherichia coli* antara 2.233–3.596 mm. Daya hambat terhadap bakteri yang tertinggi adalah ekstrak daun kesum 1.40% sebesar 4.344 mm (*Staphylococcus aureus*) dan 3.596 mm (*Escherichia coli*). Semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun kesum, terbukti bahwa semakin tinggi daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Kata kunci: Daya Hambat; Daun Kesum; *Escherichia coli*; Kitosan; *Staphylococcus aureus*

**ABSTRACT**

The aim of this research is to determine the inhibitory effect of edible coating chitosan from durian seed starch by the addition of Kesum leaf extract toward the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. This experimental design used is a Completely Randomized Design (CRD) treated by concentration of Kesum leaf extract (K):  $K_0=0.00\%$ ,  $K_1=0.20\%$ ,  $K_2=0.40\%$ ,  $K_3=0.60\%$ ,  $K_4=0.80\%$ ,  $K_5=1.00\%$ ,  $K_6=1.20\%$ , and  $K_7=1.40\%$ . The formulation of edible coating consist of 3.00% durian seed starch; 0.80% chitosan and 0.60% gliserol. The observed parameter is inhibitory effect using paper disk method. The result showed that the inhibition of edible coating chitosan from durian seed starch treated with the addition of Kesum leaf extract has significantly effect ( $p<0.01$ ) on inhibition the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The inhibitory effect of edible coating by adding Kesum leaf extract to *S. aureus* growth ranged 3.432–4.344 mm, while in *Escherichia coli* ranged 2.233–3.596 mm. The highest of inhibitory effect on bacteria was 1.40% Kesum leaf extract; 4.344 mm in *Staphylococcus aureus* and 3.596 mm in *Escherichia coli*. The higher the concentration of Kesum leaf extract, the greater the inhibition of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*

Keywords: Chitosan, *Escherichia coli*; Kesum Leaf; Power Inhibition; *Staphylococcus aureus*

## PENDAHULUAN

*Edible coating* adalah bentuk lain dari *edible packaging*, yaitu lapisan bahan pangan yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan. *Edible coating* termasuk salah satu kemasan ramah lingkungan yang saat ini masih terus dikembangkan, terutama tentang jenis biopolimer yang digunakan sebagai bahan komposit atau campuran. Bahan pembuatan *edible coating* yang potensial adalah berbasis pati, salah satunya adalah pati biji durian. Kombinasi antara pati dengan biopolimer hidrofobik dapat digunakan untuk memperbaiki kekurangan kemasan berbahan pati salah satunya adalah kitosan (Ban *et al.*, 2005).

Kitosan merupakan biopolimer dari D-glukosamin yang disintesis dari proses deasetilasi kitin dengan menggunakan basa kuat (Lee *et al.*, 2001). Kitosan adalah biopolimer yang bersifat hidrofobik, sehingga kitosan sangat cocok jika digunakan sebagai bahan komposit pembentuk lapisan tipis (film) bersama dengan pati yang bersifat hidrofilik. Kitosan juga merupakan salah satu bahan pengawet alami yang dapat disintesa dari kulit udang, karena mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu *edible coating* dengan bahan baku komposit pati dan kitosan akan meningkatkan fungsinya sebagai pengemas, selain melindungi bahan pangan juga mengandung bahan pengawet (Hardjito, 2006; Costa *et al.*, 2018; Hajji *et al.*, 2018; Chakravarthula *et al.*, 2019).

*Edible coating* komposit kitosan dan pati biji durian selain sebagai bahan pembentuk lapisan tipis/film, juga dapat diperkaya dengan bahan alami lain yang mempunyai aktivitas antioksidan dan antimikroba untuk meningkatkan kemampuannya sebagai pengemas. Daya hambat kitosan dapat pula ditingkatkan dengan cara mengkombinasikan dengan bahan lainnya yang diketahui juga memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Pada dasarnya *edible coating* juga dapat berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) aditif makanan, seperti agen anti pencoklatan, antimikroba, pewarna, penambah flavor, nutrisi, dan bumbu (Rojas-Grau *et al.*, 2009).

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Chi *et al.* (2006) yaitu menggunakan bahan alami oregano oil yang ditambahkan ke dalam larutan bahan pembuatan film kitosan ternyata mampu meningkatkan

penghambatan kitosan terhadap bakteri patogen pada produk daging. Demikian juga Maizura *et al.* (2008) telah menambahkan minyak atsiri daun serai sebesar 0.40% pada *edible film* pati sagu sebagai bahan antimikroba mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella enteritidis*. Beberapa bahan alami yang telah digunakan sebagai *edible packaging* sosis antara lain oleoresin daun jeruk purut (*Citrus hystrix* DC.) (Pudil *et al.*, 1998; Utami *et al.*, 2015).

Salah satu bahan alami yang dapat dimanfaatkan sebagai antimikroba pada *edible coating* adalah daun kesum. Daun kesum (*Polygonum minus* Huds) adalah tanaman endemik Kalimantan Barat, yang mempunyai rasa dan aroma khas. Tanaman ini dikenal oleh masyarakat lokal sebagai bumbu "Bubur Padas" yang merupakan makanan khas Kalimantan Barat. Senyawa aktif yang terdapat dalam daun kesum bersifat sebagai antimikroba. Wibowo (2009) telah melakukan skrining fitokimia ekstrak daun kesum menggunakan fraksi metanol mengandung komponen senyawa golongan fenolik, terpenoid-steroid, flavonoid dan alkaloid (Wibowo, 2009). Berdasarkan penelitian Fitriana *et al.* (2014) bahwa senyawa mayor yang terdapat dalam minyak atsiri daun kesum adalah n-dodekanal 31.00%, n-dekanal 16.88%, n-dodekanol 6, 12.00%, 8-bromo tetrametil naftalen 4.63%, Trans-( $\beta$ )-caryopilen 3.37%.

Dekanal dan dodekanal merupakan senyawa turunan aldehida, yang memberikan karakteristik rasa dan aroma khas kesum. Wibowo (2009) telah meneliti bioaktivitas antimikroba minyak atsiri kesum yang diperoleh dari fraksi metanol dan dietil eter dari ekstrak metanol daun kesum mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Basilus subtilis*. Penggunaan ekstrak daun kesum sebagai senyawa antimikroba pada *edible coating* diharapkan dapat menghambat pertumbuhan bakteri beberapa jenis mikrobia patogen, antara lain bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, sehingga diharapkan akan dapat meningkatkan fungsinya sebagai pengemas pangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya hambat *edible coating* kitosan-pati biji durian dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

## METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Pontianak, pada bulan Mei – November 2017. Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik, erlenmeyer, gelas ukur, *hot plate stirrer*, batang pengaduk, tabung reaksi, cawan petri, gelas piala, autoklaf, kompor, kawat ose, lampu bunsen, kapas, korek api, alu dan mortar, mikro pipet, *laminar airflow* (B-One), inkubator (Memmert), evaporator (Buchi R-205), pinset, lemari pendingin, penggaris, jangka sorong, sarung tangan, dan kamera.

Bahan-bahan yang digunakan adalah kulit udang, pati biji durian, daun kesum, gliserol, etanol, aquades, media NA (Nutrient Agar), isolate bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang diperoleh dari Program studi Farmasi Universitas Tanjungpura, paper disk, kertas saring, garam fisiologis, aluminium foil, kertas label, kertas cakram 10 mm, dan *silica gel*.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 8 perlakuan yaitu konsentrasi ekstrak daun kesum dengan taraf 0.00% ( $K_0$ ) sebagai kontrol; 0.20% ( $K_1$ ); 0.40% ( $K_2$ ); 0.60% ( $K_3$ ); 0.80% ( $K_4$ ); 1.00% ( $K_5$ ); 1.20% ( $K_6$ ); dan 1.40% ( $K_7$ ), masing-masing dengan 3 ulangan. Variabel penelitian yang diamati adalah daya hambat *edible coating* dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Pembuatan kitosan menggunakan metode Rahayu dan Purnavita (2004) melalui 3 tahap yaitu deproteinasi (menggunakan NaOH 2 N), demineralisasi (menggunakan HCl 1.50 N) sampai dengan terbentuk kitin. Setelah itu kitin di deasetilasi (menggunakan NaOH 50.00%) sampai diperoleh padatan kering kitosan.

Pembuatan pati biji durian menggunakan metode pengeringan dan ekstraksi pati biji durian (Amid dan Mirhosseini, 2012; Ho *et al.*, 2015). Ekstraksi daun kesum dibuat dengan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol. Daun kesum rajang segar ( $\pm 0.50$  cm) dan ditimbang, selanjutnya dimaserasi (direndam) dengan pelarut etanol 96.00% (E-Merck) pada suhu ruang selama 24 jam. Perbandingan bahan dengan pelarut sebesar 1:50. Penyaringan filtrat dari ampas, kemudian dimaserasi kembali dengan etanol

selama 24 jam lagi. Hal ini dilakukan secara terus-menerus sampai 4 x 24 jam. Pemisahan pelarut dari filtrat hasil ekstraksi dilakukan menggunakan rotary vacuum evaporator dengan suhu 80 °C dan kecepatan 100 rpm dan proses ini dihentikan setelah pelarut etanol teruapkan seluruhnya dengan indikasi etanol tidak menetes lagi, serta didapatkan ekstrak.

Formula dasar larutan *edible coating* dibuat sesuai dengan metode yang mengacu pada Lestari dan Maherawati (2014) dengan modifikasi, yaitu 0.80% kitosan:3.00% pati biji durian 0.60% gliserol dari 120 ml aquades. Semua bahan dilarutkan dan dipanaskan pada suhu 70 °C hingga tergelatinisasi. Setelah larutan dingin, dilakukan penambahan ekstrak daun kesum sesuai dengan perlakuan dan diaduk rata menggunakan *hot plate magnetic stirrer*.

Pengujian aktivitas antimikrobia larutan *edible coating* kitosan-pati biji durian dengan penambahan ekstrak daun kesum dilakukan dengan menggunakan metode cakram atau *paper disk* (Permatasari *et al.*, 2013), yaitu dengan mengamati zona hambat berupa diameter zona bening yang terbentuk. Inokulum dari masing-masing bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* diambil secara aseptik sebanyak 1 ml dari medium NB (*Nutrient Broth*) dan dituangkan ke cawan petri yang sudah berisikan medium NA (*Nutrien Agar*). Setelah itu kertas cakram yang berukuran  $\pm 10$  mm dicelupkan ke dalam larutan *edible coating* yang sudah ditambahkan ekstrak daun kesum dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0.00% (tanpa ekstrak daun kesum), 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80%, 1.00%, 1.20%, dan 1.40%. Setelah itu, kertas cakram diletakkan di atas cawan petri yang masing-masing sudah berisi medium yang mengandung bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, dengan menggunakan pinset. Setelah itu diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37 °C, lalu diamati dan diukur diameter zona bening yang merupakan zona hambatannya sampai hari kedua.

Besarnya zona hambat dari masing-masing perlakuan yang diperoleh ditabulasi dan dianalisis menggunakan analisis ragam ANOVA. Apabila ada perbedaan pengaruh antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan's.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian *edible coating* pati biji durian-kitosan yang ditambahkan berbagai konsentrasi ekstrak daun kesum menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap daya hambat baik terhadap pertumbuhan bakteri *E. coli* maupun *S. aureus*. Data hasil pengujian daya hambat *edible coating* pati biji durian-kitosan yang ditambahkan ekstrak daun kesum pada konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus* disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa daya hambat *edible coating* dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap bakteri *S. aureus* berkisar antara 3.432–4.344 mm, sedangkan daya hambat terhadap bakteri *E. coli* berkisar antara 2.233–3.596 mm. Daya hambat *edible coating* terhadap bakteri *S. aureus* lebih besar dibandingkan dengan daya hambat terhadap bakteri *E. coli*, hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun kesum mengandung senyawa aktif yang lebih sesuai dengan bakteri gram positif dibandingkan dengan bakteri gram negatif. Sesuai dengan pernyataan Saroinsong *et al.* (2014) bahwa ekstrak *Haliclona* sp. lebih besar menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dibandingkan bakteri *E. coli*, hal itu menunjukkan bahwa ekstrak *Haliclona* sp. mengandung senyawa aktif yang lebih sesuai dengan bakteri gram positif dibandingkan dengan bakteri gram negatif.

Selain itu, bakteri *S. aureus* merupakan bakteri gram positif, sehingga lebih sensitif dibandingkan dengan gram negatif. Hal ini kemungkinan terjadi karena adanya perbedaan tingkat ketebalan struktur dinding sel dari masing-masing bakteri *E. Coli* merupakan bakteri gram negatif yang struktur dinding selnya terdiri dari tiga lapis, sedangkan bakteri *S. aureus* adalah bakteri gram positif yang ber dinding sel berlapis tunggal (Pelczar dan Chan, 1988). Struktur dinding sel bakteri *S. aureus* yang berlapis tunggal dan relatif sederhana akan memudahkan masuknya zat-zat yang dapat merusak sel bakteri, sedangkan bakteri *E. Coli* struktur dinding selnya berlapis tiga (Dewi dan Fawzuya, 2006; Villanueva, 2018; Yang *et al.*, 2018).

Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan diameter zona hambat mulai dari *edible coating* dengan penambahan ekstrak daun kesum terendah (0%) hingga tertinggi (1.4%). Perlakuan 0% (kontrol) *ed-*

*ible coating* tanpa penambahan senyawa aktif ekstrak daun kesum juga memiliki daya hambat, hal itu disebabkan karena adanya kitosan dalam bahan komposit *edible coating*. Pernyataan Danggi (2008) menyatakan bahwa kitosan mempunyai sifat antimikroba, yang disebabkan karena adanya muatan positif pada gugus amino yang dapat berikatan dengan muatan negatif membran sel.

Kitosan yang berfungsi sebagai antibakteri memiliki sifat mekanisme penghambatan, dimana kitosan akan berikatan dengan protein membran sel, yaitu glutamat yang merupakan komponen membran sel. Selain berikatan dengan protein membran sel, kitosan juga berikatan dengan fosfolipid membran, terutama fosfatidil kolin, sehingga meningkatkan permeabilitas inner membran. Naiknya permeabilitas inner membrane akan mempermudah keluarnya cairan sel. Pada *Escherichia coli*, setelah 60 menit komponen enzim  $\beta$  galaktosidase akan terlepas. Hal ini menunjukkan bahwa sitoplasma dapat keluar sambil membawa metabolit lainnya, atau dengan kata lain mengalami lisis, yang akan menghambat pembelahan sel (regenerasi) dan akan menyebabkan kematian sel (Hargono dan Djaeni, 2010; Micali *et al.*, 2018; Scepanovic dan Fernandez-Gonzalez, 2018).

Hasil penelitian Coma *et al.*, (2002) menunjukkan bahwa kitosan kulit udang dapat menghambat pertumbuhan *Listeria monocytogenes*, sedangkan Damayanti *et al.* (2016) menyatakan bahwa kitosan mempunyai daya hambat yang lebih tinggi pada *Escherichia coli* (bakteri gram negatif) dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis* (bakteri gram positif). Devlieghere *et al.* (2004) juga menyebutkan bahwa kitosan lebih efektif menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dibandingkan bakteri gram positif.

Adanya zona hambat yang secara berangsur-angsur lebih tinggi mulai dari 0.20–1.40% dibandingkan dengan 0%, hal itu karena terdapat kombinasi 2 jenis bahan aktif kitosan dan ekstrak daun kesum yang sama-sama mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan mikroba. Penambahan ekstrak daun kesum jelas terlihat mempengaruhi aktivitas antimikroba dari kitosan, semakin tinggi penambahan ekstrak daun kesum, makin tinggi daya hambat. Sesuai dengan pernyataan Danggi (2008) bahwa penambahan bahan alami lain yang diketahui memiliki daya hambat mikroba secara

tunggal berpotensi digunakan untuk meningkatkan kemampuan antimikroba kitosan. Pada penambahan ekstrak daun kesum 1.40% menghasilkan zona hambat yang paling besar karena mengandung senyawa aktif paling tinggi.

Senyawa aktif ekstrak daun kesum yang diketahui memiliki daya hambat mikrobial adalah senyawa golongan fenolik, terpenoid-steroid, flavonoid dan alkaloid (Wibowo, 2009) yang berfungsi sebagai antibakteri. Senyawa mayor minyak atsiri daun kesum menurut Fitriana *et al.* (2014) terdiri dari n-dodekanal 31%, n-dekanal 16.88%, n-dodekanol 6.12%, 8-bromo tetrametil naltalen 4.63 %, Trans-(β)-caryopilen 3.37%. Flavonoid mengakibatkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom sebagai hasil interaksi antara flavonoid dengan DNA bakteri, sedangkan alkaloid memiliki kemampuan sebagai anti-

bakteri. Mekanisme yang diduga adalah dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan mengakibatkan kematian sel (Dewi dan Fawzya, 2006; Alcorlo *et al.*, 2017; Neelay *et al.*, 2017; Bougault *et al.*, 2018; Caveney *et al.*, 2018).

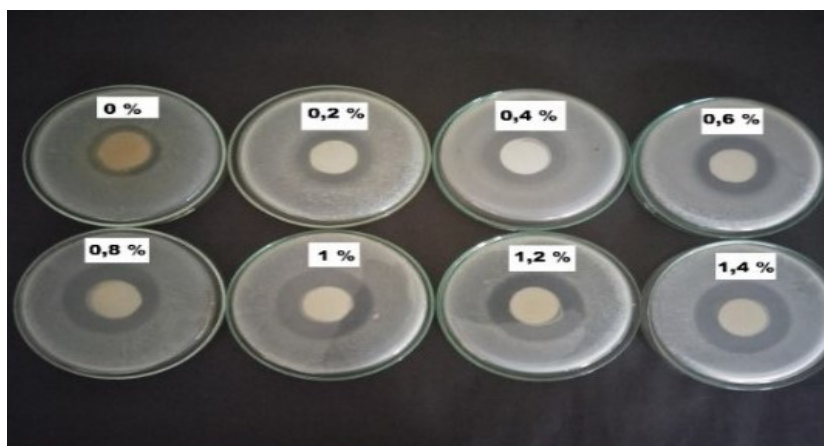
## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan ekstrak daun kesum pada *edible coating* pati biji durian-kitosan berpengaruh sangat nyata terhadap daya hambat bakteri *Escherichia coli* dan *S. aureus*. Daya hambat ekstrak daun kesum terhadap *S. aureus* antara 3.432–4.344 mm dan terhadap bakteri *E coli* antara 2.233–3.596 mm.

Tabel 1. Rata-rata daya hambat *edible coating* yang ditambahkan ekstrak daun kesum dengan konsentrasi yang berbeda

Konsentrasi Ekstrak Daun Kesum (%)	Daya Hambat <i>Edible Coating</i> dengan Ekstrak Daun Kesum (mm)	
	<i>S. aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
0.00	3.432±0.158 <sup>a</sup>	2.233±0.085 <sup>a</sup>
0.20	3.666±0.164 <sup>ab</sup>	2.557±0.287 <sup>ab</sup>
0.40	3.702±0.332 <sup>abc</sup>	2.777±0.128 <sup>b</sup>
0.60	4.083±0.290 <sup>bcd</sup>	2.746±0.155 <sup>b</sup>
0.80	4.074±0.140 <sup>bcd</sup>	2.796±0.084 <sup>b</sup>
1.00	4.128±0.109 <sup>bcd</sup>	2.802±0.216 <sup>b</sup>
1.20	4.728±0.368 <sup>cd</sup>	2.834±0.094 <sup>b</sup>
1.40	4.344±0.482 <sup>d</sup>	3.596±0.104 <sup>c</sup>

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata



Gambar 1. Zona hambat *edible coating* dengan penambahan ekstrak daun kesum terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Penelitian Produk Terapan Tahun 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alcorlo, -M., Martinez-Caballero, -S., Molina, -R., Hermoso, J, -A., 2017. Carbohydrate recognition and lysis by bacterial peptidoglycan hydrolases. *Current Opinion in Structural Biology*. 44, 87-100. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2017.01.001>
- Amid, B, -T., Mirhosseini, -H., 2012. Optimisation of aqueous extraction of gum from durian (*Durio zibethinus*) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid. *Food Chemistry*. 132(3), 1258-1268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.099>
- Ban, -W., Song, -J., Argyropoulos, D, -S., Lucia, L, -A., 2005. Improving the physical and chemical functionally of starch derived films with biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*. 100(3), 2542-2548. <https://doi.org/10.1002/app.23698>
- Bougault, -C., Ayala, -I., Vollmer, -W., Simorre, J, -P., Schanda, -P., 2018. Studying intact bacterial peptidoglycan by proton-detected NMR spectroscopy at 100 kHz MAS frequency. *Journal of Structural Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2018.07.009>
- Caveney, N, -A., Li, F, -KK., Strynadka, N, -CJ., 2018. Enzyme structures of the bacterial peptidoglycan and wall teichoic acid biogenesis pathways. *Current Opinion in Structural Biology*. 53, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2018.05.002>
- Chakravartula, S, S, -N., Cevoli, -C., Balestra, -F., Fabbri, -A., Rosa, M, -D., 2019. Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*. 240, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.009>
- Chi, -S., Zivanovic, -S., Penfield, M, -P., 2006. Application of chitosan films enriched with oregano essential oil on bologna-active compounds and sensory attributes. *Food Science and Technology International*. 12(2), 111-117. <https://doi.org/10.1177/1082013206063845>
- Costa, -M, -J., Maciel, L, -C., Teixeira, J, -A., Vicente, A, -A., Cerqueira, M, -A., 2018. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*. 107, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.013>
- Coma, -V., Martial-Cros, -A., Garreau, -S., Copinet, -A., Salin, -F., Deschamps, -A., 2002. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal Food Science*. 67(3), 1162-1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09470.x>
- Damayanti, -W., Rochima, -E., Hasan, -Z., 2016. Aplikasi kitosan sebagai antibakteri pada filet patin selama penyimpanan suhu rendah. *JPHPI*. 19(3), 321-328. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.3.321>
- Danggi, E. 2008. Aplikasi Kitosan dengan Penambahan Esensial Oil Kunyit sebagai Pengawet dan *Edible Coating* Produk Tahu. Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor
- Dewi, A, -S., Fawzya, Y, -N., 2006. Kitosan oligosakarida: produksi dan potensinya sebagai antibakteri. *Squalen*. 1(1), 26-33. <http://dx.doi.org/10.15578/squalen.v1i1.75>
- Devlieghere, -F., Vermeulen, -A., Debevere, -J., 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*. 21(6), 703-714. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.02.008>
- Fitriana, N., Rumayati., Sumartini, N., Jayuska, A., Syaiful, Harliya. 2014. Formula serbuk flavour makanan dari minyak atsiri tanaman kesum (*Polygonum minus huds*) sebagai penyedap makanan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 3(1), 12-15. <http://www.jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/37/47>
- Hajji, -S., Younes, -I., Affes, -S., Boufi, -S., Nasri, -M., 2018. Optimization of the

- formulation of chitosan edible coatings supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life. *Food Hydrocolloids*. 83, 375-392. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.013>
- Hardjito, L., 2006. Aplikasi kitosan sebagai bahan tambahan makanan dan pengawet. Dipresentasikan di Seminar Nasional Kitin Kitosan. IPB, Bogor, p. 1
- Hargono, Djaeni, M., 2010. Pemanfaatan kitosan dari kulit udang sebagai pelarut lemak. Dipresentasikan di Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, IPB, Bogor
- Ho, L., -H., Bhat, -R., 2015. Exploring the potential nutraceutical values of durian (*Durio zibethinus* L.) – An exotic tropical fruit. *Food Chemistry*. 168, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.020>
- Lee, S. -T., Mi, F, -L., Shen, Y, -J., Shyu, S, S., 2001. Equilibrium and kinetic studies of copper(II) ion uptake by chitosan-tripolyphosphate chelating resin. *Polymer*. 42(5), 1879-1892
- Lestari, R, B., Maherawati. 2014. Pembuatan Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Biji Durian-Kitosan serta Aplikasinya sebagai Bahan Pengemas Buah. Laporan Penelitian. Universitas TanjungPura, Kalimantan Barat
- Maizura, -M., Fazilah, -A., Norziah, M, -H., Karim, A, -A., 2008. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemon grass oil. *J. Food Sci*. 72(6), 324-330. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00427.x>
- Micali, -G., Grilli, -J., Marchi, -J., Osella, -M., Lagomarsino, M, -M., 2018. Dissecting the control mechanisms for DNA Replication and cell division in *E. coli*. *Cell Report*. 25(3), 761-771. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2018.09.061>
- Neelay, O, -P., Peterson, C, -A., Snavely, M, -E., Brown, T, -C., TeclerMariam, A, -F., Campbell, J, -A., Blake, A, -M., Schneider, S, -C., Cremeens, M, -E., 2017. Antimicrobial peptides interact with peptidoglycan. *Journal of Molecular Structure*. 1146, 329-336. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.06.018>
- Pelczar, M, J., Chan, E, C, S., 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Universitas Indonesia, Jakarta
- Permatasari, G, A, A, -A., Besung, I, N, -K., Mahatmi, -H. 2013. Daya hambat perasan daun sirsak terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. *Indonesia Medicus Veterinus*. 2(2), 162 - 169. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/imv/article/view/5524>
- Pudil, -F., Wijaya, -H., Janda, -V., Volfova, -J., Valentova, -H., Pokorny, -J., 1998. Changes in Citrus hystrix oil during autooxidation. *Development in Food Science*. 40, 707-718. [https://doi.org/10.1016/S0167-4501\(98\)80091-5](https://doi.org/10.1016/S0167-4501(98)80091-5)
- Rojas-Grau, M, A., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 20(10), 438-447. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002>
- Rahayu, L, -L., Purnavita, -S., 2007. Optimalisasi pembuatan kitosan dari kitin limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk adsorben ion logam merkuri. *Reaktor*. 11(1), 45-49. <https://doi.org/10.14710/reaktor.11.1.45-49>
- Saroinsong, M, S., Kandou, F, E, F., Papu, A., Singkoh, M, F, O., 2014. Uji daya hambat ekstrak metanol beberapa jenis Porifera terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal MIPA*. 3(2), 129-133. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo/article/view/5989>
- Scepanovic, -G., Fernandez-Gonzalez, -R., 2018. Oriented cell division: the pull of the pole. *Development cell*. 47(6), 686-687. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2018.11.040>
- Utami, R., Kawiji, Khasanah, L.U., Narinda, A.H. 2015. Pengaruh oleoresin daun jeruk purut (*Citrus hystrix* DC) pada edible coating terhadap kualitas sosis sapi beku. *Journal of Agroindustrial Technology*. 25(2), 116-124. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/10856>
- Villanueva, -L., 2018. Engineering *E. coli* to Have a Hybrid Archaeal/Bacterial Membrane. *Trends in Microbiology*. 26(7), 559-560. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.05.003>
- Wibowo, M, -A., 2009. Uji anti mikroba fraksi metanol dan dietil eter daun tanaman kesum *polygonum minus huds*. *Jurnal Agripura*. 2(4), 26-31

Yang, -Z., Choi, -H., Weisshaar, J, -C., 2018.  
Melittin-Induced Permeabilization, Re-  
sealing, and Re-permeabilization of *E. coli*

Membranes. *Biophysical Journal*. 114(2),  
368-379. [https://doi.org/10.1016/j.  
bjp.2017.10.046](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2017.10.046)