



Aplikasi *Edible Coating* dari Limbah Kulit Udang dengan Aditif Asap Cair untuk Kemasan Sosis Sapi Antibakteri Ramah Lingkungan

Application of Edible Coating from Shrimp Shell Waste with Liquid Smoke Additives for Environmentally Friendly Antibacterial Beef Sausage Packaging

Hanif Ardhiansyah^{*}, Radenrara Dewi Artanti Putri, Catur Rini Widyastuti, Widi Astuti, Gusti Maulana Negoro, Monatalia Lamtama Situmorang, Delvani Putri Faradilla Hamid

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 50229, Indonesia

*Email: hanif.ardhi@mail.unnes.ac.id

Article history:

Diterima : 22 Januari 2024
Direvisi : 13 Februari 2024
Disetujui : 9 Maret 2024
Mulai online : 23 Maret 2024

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Hanif Ardhiansyah, Radenrara Dewi Artanti Putri, Catur Rini Widyastuti, Widi Astuti, Gusti Maulana Negoro, Monatalia Lamtama Situmorang, Delvani Putri Faradilla Hamid. (2024). Aplikasi *Edible Coating* dari Limbah Kulit Udang dengan Aditif Asap Cair untuk Kemasan Sosis Sapi Antibakteri Ramah Lingkungan. Jurnal Teknik Kimia USU, 13(1), 9-16.

ABSTRAK

Edible coating adalah teknik pengawetan makanan dengan pelapisan menggunakan zat antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *edible coating* dari limbah kulit udang dengan aditif asap cair sebagai kemasan antibakteri pada pengolahan sosis sapi. Pembuatan kitosan dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Sosis sapi yang dilapisi oleh *edible coating* diuji menggunakan uji organoleptik dan antibakteri. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa derajat deasetilasi dari kitosan yang paling tinggi terdapat pada variabel konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) 55% dengan nilai derajat deasetilasi sebesar 93,59%. Kadar air dan protein dalam sosis sapi yang dilapisi *edible coating* dengan asap cair menunjukkan nilai 52,45% dan 12,65% pada hari ke-7. Hal tersebut sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pelapisan sosis sapi menggunakan *edible coating* dari kitosan 2% dengan pelarut asap cair 8% memiliki sifat antimikroba karena pada pengujian antibakteri muncul adanya zona bening pada sosis sapi yang dilapisi dengan *edible coating*.

Kata kunci: kulit udang, kitosan, asap cair, *edible coating*, antibakteri

ABSTRACT

Edible coating is a food preservation technique by coating using antimicrobial substances which can inhibit the growth of bacteria. This research aims to develop an edible coating from shrimp shell waste with liquid smoke additives as antibacterial packaging for processing beef sausages. Chitosan is made in three stages, namely demineralization, deproteination and deacetylation. Beef sausages coated with edible coating were tested using organoleptic and antibacterial tests. The results of this research showed that the highest degree of deacetylation of chitosan was found in the variable concentration of sodium hydroxide (NaOH) 55% with a degree of deacetylation value of 93.59%. The water and protein content in beef sausages coated with edible coating with liquid smoke showed values of 52.45% and 12.65% on the 7th day. This is in accordance with the Indonesian National Standards (SNI). Coating beef sausages using edible coating from 2% chitosan with 8% liquid smoke solvent has antimicrobial properties because in the antibacterial test a clear zone appeared on the beef sausages coated with edible coating.

Keyword: shrimp shell, chitosan, liquid smoke, *edible coating*, antibacterial



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v13i1.15484>

1. Pendahuluan

Banyaknya budidaya udang di Indonesia menyebabkan banyaknya limbah udang yang dihasilkan. Limbah hasil laut dari industri akuakultur dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang besar apabila tidak didukung dengan kebijakan publik atau tidak dimanfaatkan sebaik mungkin [1]. Limbah kulit udang di Indonesia biasanya digunakan untuk bahan baku pembuatan terasi atau pakan unggas [2], akan tetapi pemanfaatan menjadi kitosan akan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi [3]. Kulit udang memiliki kandungan seperti protein, kalsium karbonat, kitin, pigmen, mineral, dan lainnya [4], sehingga dapat diolah menjadi kitosan. Dari hasil penelitian Musrida et al. (2018), nilai derajat deasetilasi kulit udang sebesar 83,42% lebih besar dari cangkang rajungan sebesar 83,40% dan cangkang bekicot sebesar 83,40%, sehingga kulit udang dipilih sebagai bahan baku pembuatan kitosan [5]. Kitosan adalah senyawa polimer yang berasal dari kitin yang telah kehilangan gugus asetilnya [6]. Kitosan memiliki sifat yang lebih reaktif dibandingkan dengan kitin dan mudah diproduksi dalam bentuk film, pasta, serbuk, dan serat [7]. Selain mudah diproduksi, kitosan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *edible coating*. *Edible coating* adalah teknik pengawetan makanan dengan pelapisan menggunakan zat antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. *Edible coating* terbuat dari bahan yang dapat dimakan, memiliki bentuk lapisan tipis, dan digunakan untuk melapisi makanan yang berfungsi sebagai penghalang terhadap kelembaban, oksigen, dan zat volatil, serta berfungsi sebagai zat aditif yang meningkatkan ketahanan makanan [8].

Dalam pembuatan *edible coating*, kitosan perlu dilarutkan menggunakan senyawa asam lemah [9]. Salah satu senyawa asam yang dapat melarutkan kitosan adalah *liquid smoke* (asap cair). *Liquid smoke* atau asap cair adalah produk yang berasal dari tanaman maupun kayu yang diproses dengan metode pirolisis menggunakan suhu sekitar 400 °C [10]. Di dalam *liquid smoke*, terdapat senyawa fenol yang memiliki sifat antioksidan dan beberapa senyawa asam yang bersifat antimikroba, sehingga dapat menghambat berbagai pertumbuhan bakteri, virus, dan jamur [11]. *Liquid smoke* juga memiliki pH asam [12], sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pelarut asam dalam pembuatan *edible coating* dengan sifat antibakteri.

Penyimpanan makanan yang dilapisi *edible coating* mempunyai masa simpan yang lebih lama daripada makanan tanpa pelapisan *edible coating* [13 - 15]. *Edible coating* dari campuran kitosan dengan *liquid smoke* menambah masa simpan makanan dibandingkan tanpa campuran *liquid smoke* [16]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutrisno et al. (2018), sosis yang diawetkan menggunakan asap cair bertahan selama 3 hari hingga 12 hari pada suhu 20 °C [17]. Pada penelitian yang dilakukan Hanafiah et al. (2018), daging yang dilapisi *edible coating* kitosan termodifikasi asap cair dapat bertahan hingga 7 hari [16]. Keterbaruan dari penelitian ini adalah membuat *edible coating* ramah lingkungan dari kitosan kulit udang termodifikasi *liquid smoke* pada sosis sapi. Berdasarkan SNI 01-3820-1995, sosis adalah makanan yang dimasukkan ke dalam selubung sosis dan berasal dari daging halus (tidak kurang dari 75%) dengan tambahan tepung atau pati yang tanpa ataupun ditambahkan bumbu yang diaduk dengan merata [18]. Masalah pada produk sosis terletak pada masa simpan yang cukup pendek. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi umur simpan pada produk sosis diantaranya adalah kelembaban lingkungan, kadar air, dan ketersediaan nutrisi yang memudahkan adanya pertumbuhan mikroba [19]. Berdasarkan penelitian tersebut, pembuatan *edible coating* dengan mencampurkan *liquid smoke* dan kitosan dapat menghambat terbentuknya bakteri pada makanan dan bisa dijadikan sebagai bahan pengawet alami, terlebih menjaga keawetan makanan yang mudah membusuk atau mengalami kerusakan seperti daging. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui konsentrasi optimum dari *liquid smoke* pada penggunaan *edible coating* dari kulit udang dengan sifat antimikroba terbaik dan mengetahui pengaruh penggunaan *edible coating* dengan penambahan asap cair terhadap masa simpan sosis sapi. Penggunaan *edible coating* dari kitosan kulit udang dengan tambahan *liquid smoke* yang memiliki senyawa antibakteri berpotensi besar dapat memperpanjang masa simpan sosis secara alami. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif cara mengolah limbah kulit udang untuk perkembangan teknologi pangan dan sebagai kajian lanjutan mengenai penggunaan asap cair pada *edible coating* dari kitosan.

2. Metode

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit udang yang diperoleh dari pemilik usaha pengupasan kulit udang di Jalan Purwosasi Gang 1, Kaligawe, Semarang, Jawa Tengah. Asap cair *grade 1* dibeli pada toko Aruzy, Indramayu, Jawa Barat. Natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), dan asam sulfat (H₂SO₄) yang digunakan adalah merek Merck.

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Mini Coffee Machine* merek Mollar Profesional tipe MLR-ECG-100 daya 100 W, oven merek MEMMERT tipe Universal Laboratory Oven UN30, *incubator*

merek binder BD 240 E2, *hot plate magnetic stirrer* DLAB MS-H280-Pro, timbangan analitik ohaus tipe pioneer, ayakan endecotts ASTM E11 *Stainless steel* 1,18 mm ukuran 18 mesh, rangkaian alat destilasi, termometer, pH meter digital – Resolution : 0.1 pH – Akurasi: + 0.2 pH (+ 0.1 pH pada suhu 20 °C).

Variabel Penelitian

Variabel konsentrasi campuran yang akan digunakan adalah *aquadest* ditambah 2% kitosan ditambah asap cair yang bervariasi 2% untuk sampel pertama, 4% untuk sampel kedua, 6% untuk sampel ketiga dan 8% untuk sampel keempat.

Proses Pembuatan Kitosan

Pembuatan kitosan dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu proses demineralisasi serbuk kulit udang, deproteinasi kitin hasil demineralisasi, dan deasetilasi kitin menjadi kitosan. Kulit udang dicuci lalu dikeringkan hingga berat konstan, kemudian kulit udang kering dihaluskan menjadi serbuk kulit udang. Serbuk kulit udang dicampur dengan asam klorida (HCl) 1,5 N dan diaduk selama 1 jam tanpa pemanasan dan menjadi kitin demineralisasi basah. Kitin basah dicuci dengan natrium hidroksida (NaOH) encer hingga pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 70 °C selama 6 jam. Produk pada tahapan ini adalah serbuk kitin demineralisasi. Tahapan selanjutnya adalah serbuk kitin demineralisasi dicampur dengan NaOH 4% dan diaduk selama 2 jam dengan suhu 65 °C menjadi kitin deproteinasi basah. Selanjutnya, kitin yang dihasilkan dicuci dengan HCl encer hingga pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 80 °C selama 6 jam, sehingga dihasilkan serbuk kitin deproteinasi. Selanjutnya, kitin hasil deproteinasi dibagi menjadi tiga bagian sesuai dengan variasi NaOH yang digunakan untuk proses deasetilasi. Pada penelitian ini, digunakan tiga variasi NaOH, yaitu 35%, 45%, dan 55%. Kitin deproteinasi dicampur dengan NaOH dan diaduk selama 1 jam dengan suhu 100 °C dan menghasilkan kitin deasetilasi basah. Selanjutnya, kitin dicuci dengan HCl encer hingga pH netral, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 80 °C selama 6 jam dan menghasilkan serbuk kitosan.

Proses Pembuatan *Edible Coating* dan Pelapisan *Edible Coating*

Tahapan berikutnya adalah pembuatan *edible coating* dan pelapisan *edible coating* dengan aditif asap cair sebagai antimikroba. *Aquadest*, asap cair sesuai dengan variasi yang diterapkan, dan 2% kitosan dihomogenkan selama 30 menit dengan suhu 50 °C. Konsentrasi asap cair yang digunakan pada penelitian ini adalah 2% - 8%. Pada tahapan ini, akan dihasilkan adonan *edible coating* yang siap dicetak dan dilapiskan pada bahan makanan. Pada penelitian ini, sosis daging digunakan sebagai sampel bahan makanan yang akan dilapisi oleh *edible coating* dengan merendam dalam cairan adonan *edible coating* selama 15 menit dan disimpan pada suhu ruang selama waktu yang ditentukan.

Uji *Tensile Strength* dan Elongasi

Uji daya tarik/*tensile strength* digunakan untuk menguji kemampuan *edible coating* untuk menahan agar tidak pecah saat dilakukan uji daya tarik. Uji elongasi adalah uji yang digunakan untuk melihat pertambahan panjang *edible coating* sebelum dia mengalami pecah saat dilakukan uji daya tarik. Uji elongasi dan *tensile strength* dapat dinyatakan memenuhi *Japanese Industrial Standard (JIS)* [20].

Uji Kadar Air

Uji kadar air dilakukan menggunakan metode yang ada pada panduan SNI 3820.2015, kandungan air maksimal pada makanan 67%. Uji kadar air digunakan untuk mengetahui kandungan air yang ada pada sosis sapi setelah penyimpanan selama 7 hari dengan pelapisan dan tanpa pelapisan *edible film*.

Penentuan Derajat Deasetilasi (DD)

Penentuan derajat deasetilasi pada kitosan dilakukan menggunakan metode *baseline* dengan menggunakan persamaan Baxter. Rumus untuk perhitungan *baseline* dapat dilihat pada Persamaan 1 sebagai berikut:

$$DD = 100 - \left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times \frac{100}{1,33} \right) \quad (1)$$

Keterangan: DD adalah derajat deasetilasi, A₁₆₅₅ adalah absorbansi pada bilangan gelombang 1655 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan karbonil dari amida. A₃₄₅₀ merupakan absorbansi bilangan gelombang 3450 cm⁻¹ yang

menunjukkan serapan hidroksil dan digunakan sebagai standar internal. Faktor 1,33 merupakan nilai perbandingan ($\frac{A_{1655}}{A_{3450}}$) untuk kitosan yang terdeasetilasi 100% [21].

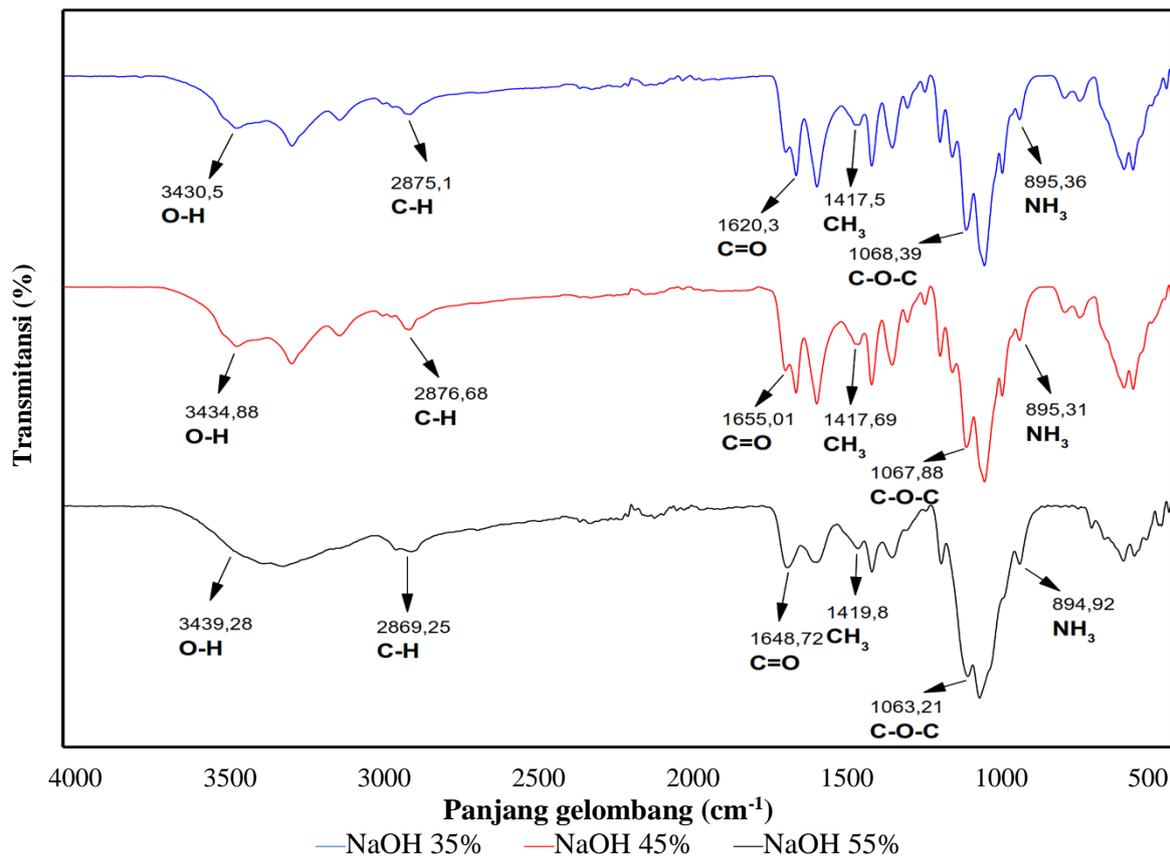
Uji Antibakterial

Uji antibakteri dilakukan menggunakan uji laboratorium di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Uji kandungan bakteri merupakan indikator penting untuk mengetahui apakah *edible coating* dapat menjaga kualitas dan kelayakan sosis sapi. Bakteri yang akan diuji untuk mengidentifikasi kekuatan antibakteri pada *edible coating* yang dibuat adalah bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Uji dilakukan dengan menggunakan parameter zona bening dengan metode *paper disk*.

3. Hasil

Karakterisasi Kitosan menggunakan Spektrometri FTIR

Kitosan yang telah berhasil disintesis dari kulit udang selanjutnya diuji menggunakan alat spektrometri FTIR pada panjang gelombang 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} untuk mengetahui gugus fungsi dan besarnya derajat deasetilasi pada kitosan [22]. Pada Gambar 1, spektrum FTIR pada ketiga variasi konsentrasi NaOH menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang $3430,5\text{ cm}^{-1}$; $3434,88\text{ cm}^{-1}$ dan $3439,28\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan daerah vibrasi ulur N-H dan O-H dari kitosan. Pita serapan untuk vibrasi ulur R-CH muncul pada serapan $2875,1\text{ cm}^{-1}$ untuk konsentrasi NaOH 35%, sedangkan untuk konsentrasi NaOH 45% dan 55% berada pada serapan $2876,68\text{ cm}^{-1}$ dan $2869,25\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 1. Hasil spektrum FTIR kitosan

Ketiga variasi menunjukkan masih adanya serapan C=O yang ditandai dengan serapan peregangan lemah pada $1620,3\text{ cm}^{-1}$; $1655,01\text{ cm}^{-1}$; dan $1648,72\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita serapan gugus amida sekunder. Salah satu karakteristik pada kitosan adalah adanya peregangan lemah pada bilangan gelombang 1650 cm^{-1} . Spektrum tersebut menandakan adanya gugus C=O pada ikatan R-NHCOCH₃. Perbedaan yang terjadi setelah dilakukannya tahap deasetilasi adalah tidak munculnya gugus C=O pada daerah gelombang 1680 cm^{-1} - 1660 cm^{-1} . Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi pemutusan gugus C=O pada saat proses deasetilasi, namun masih belum sempurna. Pita serapan untuk vibrasi -CH₃ muncul pada serapan $1417,5\text{ cm}^{-1}$ untuk konsentrasi NaOH 35%, sedangkan untuk konsentrasi NaOH 45% dan 55% berada pada serapan $1417,69\text{ cm}^{-1}$ dan $1419,8\text{ cm}^{-1}$.

Vibrasi C-O-C untuk konsentrasi NaOH 35% muncul pada serapan $1068,39\text{ cm}^{-1}$, sedangkan untuk konsentrasi NaOH 45% dan 55% berada pada serapan $1067,88\text{ cm}^{-1}$ dan $1063,21\text{ cm}^{-1}$. Ketiga variasi muncul pada bilangan gelombang $896,7\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan sudah terbentuk gugus NH_2 . Hal ini disebabkan terjadi pemutusan gugus asetil pada amida yang terdapat dalam kitin saat proses deasetilasi yang kemudian menghasilkan gugus NH_2 .

Penentuan derajat deasetilasi pada kitosan dilakukan menggunakan metode *baseline* dengan menggunakan persamaan Baxter. Tabel 1 menampilkan hasil derajat deasetilasi pada masing-masing kitosan untuk deasetilasi dengan konsentrasi NaOH 35%, 45% dan 55% berturut-turut, yaitu 49,23%; 61,79% dan 93,59%. Hal ini sesuai dengan penelitian Khairi et al, 2019 yang menunjukkan semakin banyak konsentrasi NaOH yang digunakan, maka derajat deasetilasi yang didapatkan akan semakin tinggi [23].

Tabel 1. Karakteristik kitosan

Parameter	NaOH 35%	NaOH 45%	NaOH 55%	SNI 7949:2013
Derajat deasetilasi	49,23%	61,79%	93,59%	75%
Bentuk partikel	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk
Warna	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan	Coklat muda hingga putih

Penggunaan konsentrasi NaOH yang tinggi dapat mempermudah polimer kitin untuk terdeasetilasi karena NaOH mampu merenggangkan formasi kitin yang rapat. Namun, penggunaan NaOH oleh peneliti terdahulu biasanya hanya digunakan hingga konsentrasi 70% karena dengan tingkat konsentrasi tersebut saja dapat menghasilkan derajat deasetilasi yang tinggi seperti pada penelitian Khairi et al, 2019 dan Sari, 2021 [24]. Penggunaan NaOH yang lebih banyak untuk menghasilkan derajat deasetilasi yang lebih baik tidak disarankan karena berkaitan dengan efisiensi bahan.

Karakteristik *Edible Coating*

Tabel 2 menunjukkan karakteristik *edible film* pada berbagai variabel, terlihat bahwa semakin banyak asap cair yang digunakan untuk melarutkan kitosan, menyebabkan meningkatnya ketebalan *edible film*. Sampel 1 dan 2 tergolong baik karena masih dibawah angka maksimal *Japanese Industrial Standard*, yaitu 0,25 mm, sedangkan untuk sampel 3 dan 4 tebalnya melebihi nilai maksimal [25]. Hal tersebut terjadi karena ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh konsentrasi asap cair sebagai pelarut kitosan karena semakin banyak konsentrasi pelarut yang digunakan, kitosan yang terlarutkan akan semakin banyak dan membuat larutan *edible* semakin kental dan membuat *film* yang dihasilkan menjadi tebal. Pada uji *tensile strength*, semua variasi sampel memenuhi *Japanese Industrial Standard*, namun untuk sampel 4, nilai *tensile strength* yang paling tinggi dari nilai JIS yaitu $> 0,3\text{ MPa}$. Semakin banyak asap cair yang ditambahkan untuk membuat *edible film*, maka semakin banyak kitosan yang terlarut, sehingga *edible film* yang dihasilkan kuat dan kaku, maka dibutuhkan gaya tarik lebih besar untuk memutuskan *edible film* [20].

Tabel 2. Karakteristik *edible film*

No. sampel	Variasi <i>edible film</i>	Ketebalan (mm)	<i>Tensile strength</i> (MPa)	Elongasi (%)
1	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 2% asap cair	0,15	0,54	11,3
2	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 4% asap cair	0,23	0,70	18
3	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 6% asap cair	0,29	0,48	26,8
4	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 8% asap cair	0,29	0,72	21,5

Semua sampel *edible film* untuk uji elongasi memenuhi nilai JIS. Nilai persentase elongasi pada konsentrasi asap cair 8% lebih rendah dari pada konsentrasi asap cair 6%. Penurunan perpanjangan tersebut dikarenakan semakin banyak penambahan, semakin banyak kitosan yang terlarut, sehingga menghasilkan *edible film* yang kaku namun rapuh dan membuat *edible film* kurang elastis [26].

Tabel 3 menunjukkan karakteristik daya serap air dari empat sampel untuk hasil uji daya serap air. Semakin banyak kandungan asap cair, semakin tinggi daya serap airnya. *Film* yang memiliki daya serap air paling besar adalah *film* yang baik untuk dijadikan pelapis makanan. *Film* dengan daya serap air rendah tidak mudah hancur saat dimakan, sedangkan *film* yang memiliki daya serap air paling banyak akan mudah hancur apabila terkena air liur, sehingga dapat disimpulkan bahwa *edible film* yang memiliki *physical properties* yang terbaik adalah sampel 4 (*aquadest* + 2% kitosan + 8% asap cair). Hal tersebut karena *edible film* yang telah diuji *tensile*

strength, elongasi, dan daya serap air merupakan hasil yang paling sesuai dan mendekati dengan syarat karakter fisik yang harus dipenuhi untuk *edible film* [27].

Tabel 3. Karakteristik daya serap air

No. sampel	Variabel sampel	Daya serap air (%)
1	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 2% asap cair	58,71
2	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 4% asap cair	62,16
3	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 6% asap cair	70,90
4	<i>Aquadest</i> + 2% kitosan + 8% asap cair	77,70

Uji Antibakterial

Pada penelitian ini, uji antibakteri *edible coating* yang telah diaplikasikan pada sosis sapi dilakukan menggunakan parameter zona bening atau zona hambat dengan metode *paper disk*. *Edible coating* dari 2% kitosan dan 8% asap cair, untuk sampel tanpa pelapisan tidak memiliki zona hambat dibandingkan dengan sampel yang dilapisi dengan *edible coating*. Penyebab tidak adanya zona hambat pada variabel kontrol adalah tidak adanya aktivitas antibakteri, sehingga bakteri masih dapat untuk berkembang biak.

Pada Tabel 4, zona hambat bakteri untuk bakteri *Escherichia coli* lebih besar dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus*. Hal tersebut terjadi karena bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif, sedangkan *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif. Menurut Helander et al. (2001), penjelasan aktivitas antibakteri *edible coating* untuk bakteri *Escherichia coli*, muatan positif kitosan (NH_3^+) glukosamin kitosan bereaksi terhadap muatan negatif membran sel mikroba/ bakteri, sehingga membran sel mikroba rusak dan konstituen intraseluler bakteri keluar, sedangkan untuk penjelasan aktivitas antibakteri *edible coating* untuk bakteri *Staphylococcus aureus*, kitosan pada *edible coating* dapat berikatan dengan lipid pada permukaan dinding bakteri [28].

Tabel 4. Kemampuan antibakteri *edible coating* dari kitosan dan asap cair

Bakteri	Hari ke-	Zona hambat tanpa <i>coating</i> (mm)	Zona hambat dengan <i>coating</i> (mm)
<i>Escherichia coli</i>	1	0	6,48 ± 0,31
	4	0	5,44 ± 0,26
	7	0	3,72 ± 0,04
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0	6,53 ± 0,06
	4	0	5,56 ± 0,10
	7	0	3,75 ± 0,11

Bakteri gram positif memiliki kandungan peptidoglikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gram negatif. Tingginya kandungan peptidoglikan akan mengakibatkan kandungan lipid rendah, sehingga kitosan lebih sedikit mengikat lipid. Selain pengaruh dari gram positif dan negatif, kekentalan *edible coating* juga menjadi salah satu pengaruh pertumbuhan bakteri. *Edible coating* dari kitosan dan asap cair dapat menghambat aktivitas bakteri berdasarkan tingkat kekentalan larutan. Tingkat kekentalan larutan dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut asam (asap cair). Hal tersebut disebabkan apabila kekentalan larutan rendah, bakteri masih dapat berkembang biak pada media sosis daging sapi yang belum terlapisi dengan sempurna, sehingga dapat diketahui alasan zona hambat untuk bakteri *Staphylococcus aureus* lebih kecil dari pada *Escherichia coli* adalah pada jenis bakteri gram positif dan negatif. Bakteri gram negatif (*Escherichia coli*) memiliki kemampuan penyerapan muatan kitosan lebih baik dari pada bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*), sehingga kandungan antibakteri dari kitosan dan asap cair mudah untuk merusak dinding sel bakteri gram negatif. Karena dinding sel yang mudah rusak tersebut, zona hambat untuk *Escherichia coli* lebih besar dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus*. Zona hambat masing-masing bakteri menurun selama waktu simpan. Penurunan zona hambat terjadi karena bakteri telah masuk ke fase kematian yang disebabkan oleh nutrisi dan media yang terbatas.

4. Kesimpulan

Hasil terbaik derajat deasetilasi kitosan yang paling tinggi diperoleh pada konsentrasi NaOH 55% dengan nilai 93,59%. Kadar air dan protein dalam sosis sapi yang dilapisi *edible coating* dengan asap cair

menunjukkan nilai 52,45% dan 12,65% pada hari ke-7. Hal tersebut masih sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Konsentrasi asap cair yang digunakan adalah 8% karena konsentrasi tersebut memiliki hasil paling baik untuk uji *physical properties*. Pelapisan sosis sapi dengan menggunakan *edible coating* dari kitosan 2% dengan pelarut asap cair 8% memiliki sifat antimikroba karena pada pengujian antibakteri, muncul adanya zona bening pada sosis sapi yang dilapisi *edible coating*. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi optimum NaOH pada proses deasetilasi kitosan dari kulit udang serta perlu penelitian dan pengujian lebih lanjut mengenai sosis sapi yang dilapisi *edible coating* kitosan-asap cair.

5. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] P. J. G. Henriksson, N. Tran, C. V. Mohan, C. Y. Chan, U. P. Rodriguez, S. Suri, L. D. Mateos, N. B. P. Utomo, S. Hall, and M. J. Phillips, “Indonesian aquaculture futures – Evaluating environmental and socioeconomic potentials and limitations,” *J. Clean. Prod.*, vol. 162, pp. 1482–1490, 2017.
- [2] D. Darnengsih, Z. Sabara, and R. A. Majid, “Pemanfaatan kitosan dari limbah kulit udang sebagai koagulan penjernihan air,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 03, no. 01, pp. 27–32, 2018.
- [3] R. S. Sulistiyoningrum, J. Suprijanto, and A. Sabdono, “Aktivitas anti bakteri kitosan dari cangkang kerang simping pada kondisi lingkungan yang berbeda: Kajian pemanfaatan limbah kerang simping (*Amusium sp.*),” *J. Mar. Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 111–117, 2013.
- [4] I. Sofia and M. Badai, “Pengembangan pembungkus edibel (*edible packaging*) dari kitosan udang windu kajian penggunaan pelarut asam asetat-etanol-air,” In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (Snp2m) 2017*, 2017, vol. 2017, no. 2003, pp. 139–144.
- [5] Mursida, Tasir, and Sahriawati, “Efektifitas larutan alkali pada proses deasetilasi dari berbagai bahan baku kitosan,” *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, vol. 21, no. 2, pp. 356–366, 2018.
- [6] S. Hatma, S. Yani, and A. Suryanto, “Optimalisasi penggunaan kitosan limbah kulit udang vannamei sebagai koagulan dalam perbaikan kualitas air danau,” *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 300–310, 2021.
- [7] B. Suherman, M. Latif, and S. T. R. Dewi, “Potensi kitosan kulit udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Propionibacterium agnes*, dan *Escherichia coli* dengan metode difusi cakram kertas,” *Media Farm.*, vol. XIV, no. 1, pp. 116–127, 2018.
- [8] H. Desvita, M. Faisal, Mahidin, and Suhendrayatna, “Heliyon preservation of meatballs with edible coating of chitosan dissolved in rice hull-based liquid smoke,” *Heliyon*, vol. 6, no. May, p. E05228, 2020.
- [9] M. Morimoto, H. Saimoto, and Y. Shigemasa, “Control of functions of chitin and chitosan by chemical modification,” *Trends Glycosci. Glycotecnol.*, vol. 14, no. 78, pp. 205–222, 2002.
- [10] S. Budijanto, R. Hasbullah, S. Prabawati, Setyadjit, Sukarno, and I. Zuraida, “Identifikasi dan uji keamanan asap cair tempurung kelapa untuk produk pangan,” *J. Pascapanen*, vol. 5, no. 1, pp. 32–40, 2008.
- [11] S. Fitriani, E. Andini, I. P. Dewi, F. Fadhila, Y. Maryana, and A. Rumidatul, “Efektivitas asap cair daun bambu (*Bambusa sp*) sebagai antiseptik secara *in vitro* dan *in vivo*,” *J. Media Anal. Kesehatan*, vol. 13, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [12] E. Jamróz, P. Kulawik, P. Krzyściak, K. Talaga-Ćwiertnia, and L. Juszcak, “Intelligent and active furcellaran-gelatin films containing green or pu-erh tea extracts: Characterization, antioxidant and antimicrobial potential,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 122, pp. 745–757, 2019.
- [13] A. Relis Palungki, N. Auliah, and N. Alfa Cahaya Imani, “Preparasi komposit polimer alami berbasis pektin kulit jeruk bali sebagai edible coating pada tomat,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 11, no. 1, pp. 2022–2030.
- [14] N. F. Dalimunthe, M. T. Al Fath, T. Natasya, and K. A. Pulungan, “Karakteristik dan daya hambat mikroba edible film dengan penambahan filler kulit salak (*Salacca zalacca*) sebagai pengemas makanan,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 12, no. 1, pp. 39–45, 2023.
- [15] M. T. Al Fath, M. Lubis, G. E. Ayu, and N. F. Dalimunthe, “Pengaruh selulosa nanokristal dari serat buah kelapa sawit sebagai pengisi dan kalium klorida sebagai agen pendispersi terhadap sifat fisik bioplastik berbasis pati biji alpukat (*Persea americana*),” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 11, no. 2, pp. 89–94, 2022.
- [16] M. Hanafiah, M. Faisal, and I. Machdar, “Potential utilization of liquid smoke modified chitosan as an

- antimicrobial edible coating for meat preservation,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 7, no. 2, pp. 6–11, 2018.
- [17] A. Dedy Sutrisno, Hasnelly, and H. N. Asri, “Aplikasi asap cair dari tempurung kelapa terhadap umur simpan sosis sapi asep,” *Pas. Food Technol. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [18] Standar Nasional Indonesia, “SNI 01-3820-1995,” 1995.
- [19] Z. N. Rahmawati, R. I. Mulyani, and K. D. Utami, “Pengaruh suhu dan waktu penyimpanan dengan masa simpan sosis ikan gabus (*Channa striata*) dan bayam merah (*Amaranthus sp.*),” *Formosa J. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 6, pp. 663–672, 2022.
- [20] X. Zhou, X. Zong, M. Zhang, Q. Ge, J. Qi, J. Liang, X. Xu, and G. Xiong, “Effect of konjac glucomannan/carrageenan-based edible emulsion coatings with camellia oil on quality and shelf-life of chicken meat,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 183, pp. 331–339, 2021.
- [21] D. Liu, Y. Wei, P. Yao, and L. Jiang, “Determination of the degree of acetylation of chitosan by uv spectrophotometry using dual standards,” *Carbohydr. Res.*, vol. 341, no. 6, pp. 782–785, 2006.
- [22] J. Bonilla, E. Fortunati, L. Atarés, A. Chiralt, and J. M. Kenny, “Physical, structural and antimicrobial properties of poly vinyl alcohol-chitosan biodegradable films,” *Food Hydrocoll.*, vol. 35, pp. 463–470, 2014.
- [23] N. A. N. Mustaffa, N. S. M. Khairi, F. F. Zolkiffli, A. S. Alikasturi, M. R. Anuar, and S. Shaharuddin, “Characterisation of maltodextrin-edible coated purple sweet potato chips: Effect of calcium chloride concentration,” *Mater. Today Proc.*, vol. 19, pp. 1481–1488, 2019.
- [24] M. Sari, Tamrin, J. Kaban, and Z. Alfian, “A novel composite membrane pectin from cyclea barbata miers blend with chitosan for accelerated wound healing,” *Polym. Test.*, vol. 99, p. 107207, 2021.
- [25] W. Warkoyo, M. A. Haris, and V. A. Wahyudi, “The physical, mechanical, barrier characteristics, and application of edible film from yellow sweet potato and aloe vera gel,” *Agritech*, vol. 42, no. 4, p. 390, 2022.
- [26] P. Umaraw, P. E. S. Munekata, A. K. Verma, F. J. Barba, V. P. Singh, P. Kumar, and J. M. Lorenzo, “Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 98, pp. 10–24, 2020.
- [27] D. Hamann, B. M. S. Puton, T. Comin, R. Colet, E. Valduga, J. Zeni, J. Steffens, A. Junges, G. T. Backes, and R. L. Cansian, “Active edible films based on green tea extract and gelatin for coating of fresh sausage,” *Meat Sci.*, vol. 194, p. 108966, 2022.
- [28] I. M. Helander, E. L. Nurmiäho-Lassila, R. Ahvenainen, J. Rhoades, and S. Roller, “Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of gram-negative bacteria,” *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 71, no. 2–3, pp. 235–244, 2001.