

Pengaruh Penambahan Mikroalga (*Spirulina platensis*) pada Edible Coating Kitosan untuk Meningkatkan Daya Simpan Udang (*Penaeus vannamei*)

Wahyu Laurentius Pria Utomo, Gunawan Widi Santoso*, Ali Ridlo

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Corresponding author, e-mail: gunawan.ws60@gmail.com

ABSTRAK: Udang *Penaeus vannamei* adalah komoditas unggulan di Indonesia, namun udang mengalami penurunan kualitas yang cukup signifikan selama penyimpanan. Menyebabkan daya simpannya cukup singkat yaitu kurang dari 10 hari pada penyimpanan di suhu 0-4°C. Penurunan kualitas tetap berlangsung selama proses penyimpanan dibawah suhu rendah, oleh karena itu dibutuhkan edible coating untuk membantu menjaga kualitas udang. Penelitian dilakukan guna mengetahui pengaruh penambahan Spirulina pada edible coating kitosan untuk menambah daya simpan udang Vaname. Dilakukan uji susut bobot udang, uji organoleptik, dan analisis mikrobiologi. Hasil susut bobot udang pada hari ke-8 paling kecil diperoleh udang dengan pelapis kitosan + Spirulina 2% yaitu sebesar 2,5%, sedangkan paling besar adalah udang kontrol yaitu 10,7%. Udang dengan pelapis kitosan mengalami susut bobot sebesar 5,3%. Nilai organoleptik udang tanpa pelapis mendapatkan hasil paling kecil pada penyimpanan hari ke-8 yaitu sebesar 6, sedangkan udang lainnya mendapatkan nilai sebesar 7,4 untuk pelapis Spirulina dan 7,2 pada udang dengan pelapis kitosan. Peningkatan hasil TPC ada pada udang tanpa pelapis dan udang dengan pelapis kitosan. Terjadi penurunan jumlah TPC pada hari ke-8 penyimpanan untuk udang dengan pelapis Spirulina. Hasil untuk pengujian terhadap *E. coli* dan *S. aureus* masih di ambang batas yaitu <3 APM/g. Kesimpulannya didapatkan bahwa penambahan Spirulina pada pelapis kitosan berpengaruh untuk menambah umur simpan udang Vaname pada $p < 0,05$. Edible coating dengan penambahan Spirulina 1,5% mampu menekan susut bobot udang sebesar 3,47% pada hari ke-8 penyimpanan, menekan pertumbuhan mikroorganisme sebesar 7.100 koloni/g, namun secara organoleptis dari kenampakannya kurang menarik dibandingkan dengan edible coating kitosan dan secara ekonomi mengeluarkan biaya produksi cukup mahal.

Kata kunci: Edible Coating; *Spirulina platensis*; Daya Simpan; *Penaeus vannamei*

Effect Of Adding Microalgae (*Spirulina platensis*) To Edible Coating Chitosan To Increase The Storage Power Of Shrimp (*Penaeus vannamei*)

ABSTRACT: *Penaeus vannamei* shrimp is a leading commodity in Indonesia, but shrimp experience a significant decline in quality during storage. This causes its shelf life to be quite short, namely less than ten days when stored at a temperature of 0-4°C. The decline in quality continues during the storage process at low temperatures. Therefore, edible coating is needed to help maintain the quality of shrimp. The research was carried out to determine the effect of adding Spirulina to chitosan edible coating to increase the shelf life of Vaname shrimp. Shrimp weight loss tests, organoleptic tests, and microbiological analysis were carried out. Shrimp obtained the smallest result of shrimp weight loss on the 8th day with 2% chitosan + Spirulina coating, namely 2.5%, while control shrimp, namely 10.7%, obtained the largest. Shrimp with chitosan coating experienced a weight loss of 5.3%. Organoleptic results showed that the value of shrimp without coating was the lowest on the 8th day of storage, namely 6. In contrast, other shrimp received a value of 7.4 for Spirulina coating and 7.2 for shrimp with chitosan coating. The TPC yield increased in shrimp without coating and in shrimp with chitosan coating. There was a decrease in TPC on the 8th day of storage for shrimp with Spirulina coating. The results for testing against *E. coli* and *S. aureus* are still at the threshold, namely <3 APM/g. In conclusion, it was found that the addition of Spirulina to the chitosan coating affected increasing the shelf life of Vaname shrimp at $p < 0.05$.

Edible coating with the addition of 1.5% Spirulina was able to reduce shrimp weight loss by 3.47% on the 8th day of storage, suppressing the growth of microorganisms by 7,100 colonies/g, but organoleptically the appearance was less attractive compared to chitosan edible coating and economically production costs are quite expensive.

Keywords: *Edible Coating; Spirulina platensis; Storage Power; Penaeus vannamei*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan potensi hasil laut yang besar, hal ini didukung dengan luasnya lautan sebesar 3.257.483 km² (Wahyu, 2017). Komoditas utama dari hasil laut Indonesia salah satunya adalah udang, produksi udang di tahun 2018 mencapai 1.164.314 ton (KKP, 2021). Nilai ekspor untuk udang berdasarkan data BPS (2020) pada tahun 2019 mencapai 6.073 ton, hal ini membuktikan bahwa udang menjadi primadona dari hasil laut. Udang Vaname atau *Penaeus vannamei* merupakan udang yang banyak dibudidayakan dikarenakan beberapa keunggulannya seperti, resisten terhadap penyakit dan perubahan kondisi lingkungan, memiliki pasar besar, serta mudah dikembangbiakan (Rakhfid *et al.*, 2017; Rohmin *et al.*, 2017).

Udang memiliki daya simpan rendah yaitu kurang dari 10 hari pada suhu 0-4°C (Khodanazary, 2019). Bahan pangan tersebut akhirnya sampai ke tangan konsumen dengan kualitas yang tidak maksimal, oleh karena itu diperlukan suatu metode pengawetan untuk menambah waktu simpannya. Metode pengawetan pascapanen diungkapkan oleh Andrada (2014) menjadi bagian terpenting, didasari oleh permintaan konsumen terhadap hasil perikanan agar tetap segar dengan tampilan yang menarik, bebas dari kontaminan, dan tidak mudah busuk selama penyimpanan. Pengawetan pascapanen udang yang paling familiar digunakan adalah menggunakan es atau pembekuan (Zhang *et al.*, 2015; Sidqy *et al.*, 2020; Lin *et al.*, 2022).

Penelitian Rani dan Kalsum (2016), menyatakan bahwa kualitas bahan makanan berkurang secara fisik, kimia, dan biologi yang dipengaruhi oleh aktivitas oksidasi, kelembaban, mikroorganisme, dan adanya komponen dari lingkungan yang terserap. Salah satu inovasi guna memperpanjang waktu simpan udang yaitu pengawetan dengan melapisi udang ini, diharapkan dapat mengurangi resiko pascapanen. *Edible coating* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pengemasan secara konvensional. Pernyataan tersebut didukung Rani dan Kalsum (2016), dimana kemasan yang sulit untuk diuraikan serta tidak dapat dimakan akan menimbulkan masalah baru, sehingga perlunya penggunaan *edible coating*.

Edible coating dengan bahan dasar kitosan sangat familiar digunakan oleh masyarakat, dikarenakan kitosan mudah untuk didapatkan dan penggunaannya cukup mudah. *Edible coating* kitosan tidak menyebabkan perubahan secara rasa dan aroma, serta aman untuk dikonsumsi. Beberapa penelitian juga telah menunjukkan kemampuan kitosan untuk menambah masa simpan bahan pangan, mulai dari ikan (Morachis-Valdez *et al.*, 2017), buah-buahan dan sayur (Duan *et al.*, 2019), serta masih banyak lagi. *Edible coating* kitosan memiliki kelemahan yaitu tidak bisa melindungi bahan pangan dari *E. coli* karena tidak dapat menghentikan pertumbuhannya (Apriliyani *et al.*, 2021). Kitosan juga tidak menghasilkan antioksidan secara maksimal pula, sehingga membutuhkan bahan tambahan untuk menyempurnakan *edible coating* tersebut.

Spirulina platensis merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan aditif untuk pelapis pangan. *Spirulina* juga memiliki potensi sebagai antimikroba (Badr *et al.*, 2017), antifungi dengan menghambat perkembangan enzim jamur karena adanya metabolit sekunder (Pugazhendhi *et al.*, 2015), dan antivirus (Gabr *et al.*, 2020) yang penting untuk menjaga udang agar tidak rusak akibat mikroba. *Spirulina* nantinya dapat menekan replikasi DNA dan akan menghambat kolonisasi sel inang oleh virus, sehingga virus akan sulit untuk berkembang (Perez *et al.*, 2017). *Spirulina* juga merupakan salah satu mikroalga yang mudah dicari, sehingga mudah untuk memanfaatkannya menjadi bahan tambahan *edible coating*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai bahan tambahan *edible coating* kitosan. Diharapkan kedepannya *edible coating* ini dapat membantu memecahkan permasalahan pasca

panen udang di Indonesia. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu mengetahui efektivitas *Spirulina platensis* yang digunakan sebagai bahan tambahan *edible coating* kitosan pada udang Vaname guna menambah daya simpan udang tersebut.

MATERI DAN METODE

Materi yang akan dipakai adalah *edible coating* kitosan, bubuk (*powder*) mikroalga *S. platensis*, dan diujikan kepada udang Vaname. Kitosan diperoleh dari CV. ChiMultiguna Cirebon dengan nilai analisisnya disajikan pada lampiran. Bubuk *Spirulina* diperoleh dari produk Spiruganik yang diproduksi oleh Polaris di Tangerang, Indonesia, dan untuk udang diambil dari Depot Ikan dan Udang Segar Pak Gofur Semarang, aquades dan asam asetat 1% didapatkan dari CV. Indrasari Semarang. Sampel udang yang digunakan mempunyai spesifikasi organ tubuh utuh, bening bersih, dan sesuai dengan SNI 01-2346-2006. Udang Vaname yang digunakan dengan berat 30-40 g.

Udang disimpan di dalam *coolbox* yang sudah berisi es, dengan komposisi sebesar 2:1 udang. Suhu di dalam *coolbox* dijaga (0-4°C) dengan mengukurnya menggunakan thermometer dan es diganti setiap harinya (Sipahutar *et al.*, 2020). *Powder S. platensis* ditimbang masing-masing sebesar 10 g, 15 g, serta 20 g, dan menimbang kitosan sebesar 30 g sebanyak 4 buah.

Pembuatan *edible coating* dimulai dengan melarutkan 30 gram serbuk kitosan komersial (76,58%) pada larutan asam asetat 1% sebanyak 500 mL (Baehaki *et al.*, 2015; Alhuur *et al.*, 2020). Kitosan dilarutkan menggunakan pengaduk hingga teksturnya berubah menjadi kental, setelah itu diencerkan hingga mencapai 1000 mL. Larutan *edible coating* ini selanjutnya ditambahkan *powder S. platensis* dengan konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2%, setelah itu dihomogenkan kembali menggunakan pengaduk hingga tercampur rata (Sipahutar *et al.*, 2020).

Udang Vaname yang telah disortir lalu dibersihkan dengan air dan dikeringkan menggunakan tisu, kemudian udang Vaname dicelupkan pada larutan *edible coating* yang telah dibuat selama 2 menit (Lin *et al.*, 2018), setelah itu udang disimpan pada wadah plastik ukuran 650 mL yang tertutup dan kering, kemudian disimpan dalam *cool box* selama 8 hari di suhu 0-4°C (Sipahutar *et al.*, 2020).

Udang Vaname diberikan 5 perlakuan yang berbeda, yaitu udang yang tidak diberikan pelapis sama sekali (kontrol), udang dengan *edible coating* dari bahan kitosan, serta udang yang diberi pelapis kitosan dengan penambahan *Spirulina* sebesar 1%; 1,5% dan 2%. Udang Vaname disimpan selama 8 hari pada *cool box*, pada hari ke-0, 2, 4, 6, dan 8 dihitung berat massanya dengan neraca digital dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Selain itu dilakukan penilaian uji organoleptik oleh panelis pada hari ke-0, 2, 4, 6, dan 8. Hari ke-0 dan ke-8 dilakukan pengujian mikroorganisme, dengan menyerahkan sampel sebesar 450 g untuk setiap perlakuan kepada Laboratorium Balai Pengujian dan Penerapan Mutu Hasil Perikanan Semarang.

Udang Vaname ditimbang massanya menggunakan timbangan digital pada hari ke-0, 2, 4, 6, dan 8. Hasilnya dicatat dan dianalisis susut massanya menggunakan rumus berikut (Maghfiroh *et al.*, 2018):

$$\% \text{ susut massa} = \frac{(\text{massa awal} - \text{massa akhir})}{\text{massa awal}} \times 100\%$$

Analisis uji organoleptik dilakukan dengan menilai mutu produk menggunakan indera manusia dan menuliskan skornya di lembar penilaian (Maghfiroh *et al.*, 2018). Pengujian organoleptik ini mengikuti standar pengujian organoleptik dari SNI 01-2346-2006, dimana akan dilaksanakan penilaian oleh 15 orang panelis tidak terlatih. Penilaian mencakup kenampakan, tekstur, bau, dan kondisi melanosis pada udang.

Sampel udang yang sudah disimpan kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis mikrobiologi. Analisis yang dilakukan meliputi *Total Plate Count* (TPC) menurut standar SNI 2332.3.2015, uji *Escherichia coli* dengan standar SNI 2332.1-2015, serta pengujian

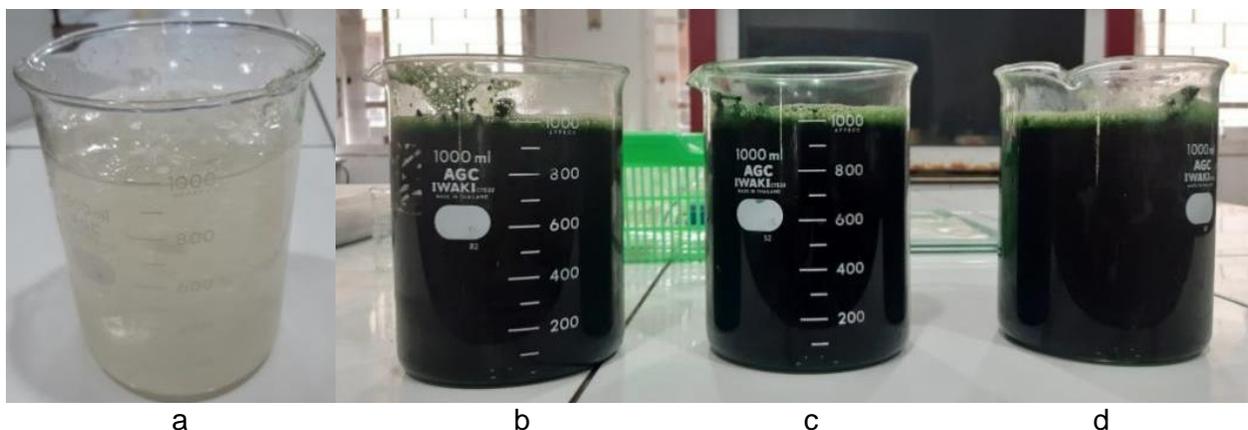
Staphylococcus aureus mengacu pada SNI 2332.9-2015. Data yg telah didapat dari hasil perhitungan menggunakan Microsoft Excel kemudian dicatat, ditabulasi dan ditampilkan ke dalam format tabel serta grafik. Analisis statistik menggunakan Anova satu arah dengan bantuan SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian meliputi persentase usut bobot udang, nilai uji organoleptik, dan besaran cemaran mikrobiologi pada udang. *Edible coating* dari bahan kitosan memiliki warna putih kekuningan dengan tekstur kental seperti agar-agar dan tidak berbau. Penambahan *Spirulina* menyebabkan *edible coating* berubah warna menjadi hijau, selain itu aroma *Spirulina* sangat kuat. Warna dari *edible coating* dipengaruhi oleh konsentrasi *Spirulina* yang ditambahkan, semakin besar konsentrasinya maka akan semakin pekat warnanya.

Karakteristik fisik *edible coating* kitosan adalah bewarna putih dan tidak berbau dengan tekstur seperti agar-agar. *Edible coating* ini cukup mudah untuk diaplikasikan kepada bahan segar seperti hasil perikanan, yaitu dengan dicelupkan beberapa saat maka akan terlapisi dengan baik. Kitosan yang digunakan pada penelitian ini memiliki derajat deasetilasi 76,58%, dimana semakin besar nilainya akan semakin banyak kandungan gugus aminonya dan membuatnya semakin reaktif. Seperti yang didapati oleh Duan *et al.* (2019), derajat deasetilasi menjadi salah satu faktor dari tingkat kelarutan dan aktivitas antimikroba dari kitosan. *Edible coating* dengan penambahan *Spirulina* memiliki warna hijau pekat dan memiliki aroma yang cukup khas. Semakin besar kandungan *Spirulina* yang terdapat pada bahan pelapis, maka warna dari *edible coating* tersebut menjadi semakin gelap. Hasil ini sesuai dengan penelitian Byantara dan Dianursanti (2021), dimana *edible coating* dengan kandungan *Spirulina* paling besar memiliki warna paling gelap. *Edible coating* dengan tambahan *Spirulina* ini merubah warna dari bahan yang diuji, terutama pada bahan dengan warna yang cerah seperti udang Vaname. Selain itu ada sedikit perubahan dari aroma bahan yang dilapisi dengan *edible coating* ini, akan tetapi ketika sudah dicuci dengan air bersih, warna dan aroma yang diakibatkan *Spirulina* menghilang.

Persen susut bobot udang ditampilkan pada Tabel 1, selama penyimpanan bobot udang menyusut seiring berjalannya waktu. Penurunan bobot mulai terjadi mulai pada hari ke-2 penyimpanan dan susut bobot paling besar terjadi di hari ke-8 pada setiap perlakuannya. Penurunan bobot paling besar terjadi pada udang kontrol (tanpa pelapis), dengan susut bobot sebesar 10,7% pada hari ke-8 penyimpanan. Udang dengan *edible coating* kitosan yang ditambahkan *Spirulina* 2% pada hari ke-8 memiliki susut bobot paling kecil sebesar 2.5%. Pada hari ke-8 susut bobot udang Vaname dengan pelapis *Spirulina* 1,5% adalah 3,47%, sedangkan susut bobot udang dengan *edible coating* yang ditambahkan *Spirulina* 1% yaitu 3,9%, dan udang dengan pelapis kitosan susut bobotnya 5,3%.



Gambar 1. a. *Edible coating* kitosan; b) *Edible coating Spirulina* 1%; c) *Edible coating Spirulina* 1,5%; d) *Edible coating Spirulina* 2%

Tabel 1. Persen susut bobot udang Vaname dalam 8 hari dengan pemberian *edible coating*

Perlakuan	Ulangan	Susut bobot per hari (%)				
		0	2	4	6	8
Kontrol	1	0	2,7	3,9	6,3	10,8
	2	0	3,3	3,8	5,5	11,6
	3	0	2,9	3,2	6,7	9,7
	\bar{X}	0	2,97	3,63	6,17	10,7
	SD	0	0,249	0,309	0,499	0,779
Kitosan	1	0	0,2	1,4	3,3	5,9
	2	0	0,5	2,2	2,7	4,9
	3	0	0,8	3,1	4,0	5,1
	\bar{X}	0	0,5	2,23	3,33	5,3
	SD	0	0,245	0,694	0,531	0,432
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1%	1	0	0,3	0,9	1,3	3,4
	2	0	1,0	2,1	2,9	3,9
	3	0	1,1	1,6	2,7	4,4
	\bar{X}	0	0,8	1,53	2,3	3,9
	SD	0	0,356	0,492	0,712	0,408
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1,5%	1	0	0,2	0,5	0,8	2,6
	2	0	0,8	2,2	2,6	3,7
	3	0	0,9	2,1	2,3	4,1
	\bar{X}	0	0,63	1,6	1,9	3,47
	SD	0	0,309	0,779	0,787	0,634
Kitosan + <i>Spirulina</i> 2%	1	0	0,2	0,4	0,6	2,3
	2	0	1,0	1,9	2,3	3,2
	3	0	0,8	1,8	2,4	2,0
	\bar{X}	0	0,67	1,37	1,77	2,5
	SD	0	0,340	0,685	0,826	0,510

Udang Vaname mengalami penyusutan bobot diakibatkan karena adanya proses menghilangnya kadar air dari dalam tubuhnya. Hal tersebut akhirnya mempengaruhi bobot udang, seperti yang dinyatakan oleh Sipahutar *et al.* (2020) dimana udang memiliki kandungan air yang tinggi yaitu 80%. Pada penelitian Byantara dan Dianursanti (2021) disebutkan bahwa lapisan tipis yang melapisi makanan akan menjaganya dari proses penguapan berlebih. Udang yang dilapisi dengan *edible coating* mampu mempertahankan beratnya lebih baik, terutama udang dengan pelapis tambahan *Spirulina*. Hal ini juga ditemukan oleh Shapawi *et al.* (2023) bahwa penurunan bobot bahan pangan yang dilapisi *Spirulina* lebih kecil dibandingkan kitosan. Menunjukkan bahwa sifat permeabilitas uap air dari *Spirulina* lebih baik, sesuai pernyataan dari Hayati *et al.* (2020) dimana *Spirulina* memiliki kemampuan untuk mencegah proses oksidasi dan kerusakan pada bahan yang dilapisi, sehingga dapat meminimalisir terjadinya penyusutan bobot pada udang. *Spirulina* juga mengandung senyawa fenolik yang sangat membantu dalam mempertahankan proses oksidasi.

Hasil persen susut bobot antar perlakuan walaupun adanya peningkatan hasil, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Walaupun tidak secara nyata menunjukkan pengaruh secara statistika, namun hasil tersebut tetap menunjukkan adanya pengaruh pemberian *Spirulina* terhadap pengurangan susut bobot udang. Leo dan Sadanelli (2020), juga menyatakan apabila nilai tidak signifikan secara statistika bukan berarti mengesampingkan hasil bahwa adanya dampak dari perlakuan yang diberikan. Berdasarkan hasil yang didapatkan nilai sig atau p sebesar 0,000 menunjukkan bahwa udang yang diberikan *edible coating* dengan tambahan *Spirulina* mampu mengurangi susut bobot. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan White *et al.* (2020) bahwa nilai $p < 0,05$ dianggap signifikan hasilnya.

Penilaian organoleptik yang dilakukan meliputi pengamatan terhadap kenampakan, bau, tekstur, dan melanosis pada udang. Hasil penilaian organoleptik untuk udang Vaname pada hari ke-0 penyimpanan menunjukkan nilai yang cukup sempurna dengan nilai 9. Hasil penilaian organoleptik dapat dilihat pada Tabel 2, dimana pada hari ke-2 mulai terjadi perubahan nilai rata-rata, pada udang yang diberi *edible coating* dengan berbagai macam perlakuan mendapatkan nilai 8,6. Terjadi penurunan nilai rata-rata hingga hari ke-8 pada semua perlakuan. Penurunan nilai paling besar terjadi pada udang tanpa pelapis yang mendapatkan skor akhir 6, disusul dengan udang pelapis kitosan sebesar 7,2. Nilai tertinggi untuk organoleptik diperoleh udang dengan pemberian *edible coating Spirulina* baik konsentrasi 1%, 1,5%, maupun 2%. Sampai hari terakhir nilai yang diperoleh udang dengan pelapis *Spirulina* yaitu 7,4.

Hasil organoleptik didapati bahwa bau dan tekstur dari udang mengalami penurunan kualitas pada setiap perlakuan. Penurunan kualitas paling besar terjadi pada udang kontrol terutama dari aspek bau, tekstur, dan kenampakan. Udang sudah memiliki aroma yang cukup menyengat, terutama setelah penyimpanan hari ke-6. Udang ini juga memiliki tekstur lembek dengan badan yang sudah berubah warna menjadi kemerahan. Udang dengan pelapis kitosan mampu melebihi nilai organoleptik udang lain hingga hari ke-6, dan namun pada hari terakhir mengalami penurunan drastis. Pada hari ke-8 udang dengan pelapis kitosan memiliki bau yang cukup menyengat dibandingkan dengan udang yang diberikan pelapis *Spirulina*. Dilihat dari tekstur udang sampai hari terakhir, pada semua perlakuan yang diberikan *edible coating* dapat mempertahankan tekstur udang dengan cukup baik. Muncul bintik-bintik hitam (melanosis) sedikit pada udang tanpa pelapis dan udang dengan pelapis *Spirulina*, terutama di bagian ekor dan kepala. *Edible coating* mampu mempertahankan rasa dari udang hingga hari ke-8, hal ini dibuktikan dengan membersihkan dan memasak udang yang digunakan dalam penelitian dan hasilnya rasanya tidak terlalu berbeda dengan udang segar. Udang dengan pelapis *Spirulina* memiliki kenampakan yang kurang menarik bagi konsumen karena berwarna hijau.

Hasil dari pengamatan organoleptik dapat diketahui bahwa ada penurunan kualitas dari udang baik dari sisi bau, kenampakan, maupun tekstur. Penurunan kualitas ini menurut Perez *et al.* (2015) disebabkan adanya proses biokimia selama proses penyimpanan, salah satunya yaitu degradasi protein di otot. Pernyataan tersebut juga didukung oleh Xu *et al.* (2022), dimana degradasi protein akan berdampak pada warna, stuktur dan tekstur dari udang. Selain itu Lin *et al.* (2022) mengatakan adanya faktor pertumbuhan mikroba, oksidasi dari protein serta lipid, pembentukan melanin, dan proteinasi endogen.

Udang tanpa pelapis memiliki penurunan kualitas yang cukup besar muali dari tekstur, warna, dan bau. Perubahan tekstur dipengaruhi adanya oksidasi lipid yang menyebabkan terjadinya transfer radikal bebas menuju asam amino dan protein. Hal ini menyebabkan terjadinya denaturasi protein seperti yang dikatakan oleh Perez *et al.* (2015). Penelitian Xu *et al.* (2022) menambahkan bahwa penurunan elastisitas udang karena adanya pelepasan ATP di jaringan otot. Akibat dari pemecahan asam amino pada udang menyebabkan munculnya senyawa amina. Sipahutar *et al.* (2020), menemukan perubahan bau pada udang dipengaruhi oleh senyawa amina, sulfida, keton, aldehida, alkohol, dan asam organik dari mikroba patogen. Perubahan warna yang terjadi pada udang dipengaruhi oleh *astaxanthin*, hal ini diungkapkan Martinez *et al.* (2014) bahwa *astaxanthin* memiliki pengaruh terhadap warna udang selama penyimpanan. Semakin merah menunjukkan adanya pencemaran logam berat seperti tembaga, selain itu bisa dipengaruhi oleh suhu yang kurang dingin.

Proses pendinginan yang dilakukan pada suhu 0-4°C terbukti dapat menghambat penurunan kualitas udang, namun perlakuan tersebut akan melemahkan rasa dari udang yang dipengaruhi oleh perubahan asam amino. Xu *et al.* (2022), menjelaskan lebih lanjut bahwa asam amino Serin, Glisin, Alanin, dan Prolin mempengaruhi rasa manis pada udang, sedangkan rasa umami dipengaruhi oleh Aspartat serta Glutamat. Kitosan sebagai bahan *edible coating* mampu mempertahankan dan meningkatkan rasa dari udang (Zhang *et al.* 2020), dikuatkan dengan hasil penelitian dari Liu *et al.* (2023) dimana kitosan mampu mempengaruhi kandungan asam amino yang berdampak pada rasa.

Tabel 2. Hasil penilaian organoleptik

Spesifikasi	Hari				
	ke-0	ke-2	ke-4	ke-6	ke-8
Kontrol	9	8,2	7,4	6,8	6
Kitosan	9	8,6	8,3	7,6	7,2
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1%	9	8,6	8,2	7,5	7,4
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1,5%	9	8,6	8,2	7,5	7,4
Kitosan + <i>Spirulina</i> 2%	9	8,6	8,2	7,5	7,4

Perubahan dari aroma udang yang sebelumnya dari segar menjadi bau yang menyengat menunjukkan adanya penurunan kualitas dari udang itu sendiri. Ying *et al.* (2022) menyebutkan faktor perubahan bau tersebut dapat diakibatkan oleh adanya pertumbuhan mikroorganisme seperti *Pseudomonas* sp. dan *Aeromonas* sp. pada udang. Senyawa putresin dan kadaverin juga memiliki peran penting dalam pembusukan udang, yang dihasilkan oleh penghapusan gugus karboksil dari arginin dan lisin. Elsabagh *et al.* (2023), menambahkan bahwa kitosan mampu menghambat perkembangan putresin, kadaverin, dan histamin.

Kitosan terbukti mampu mencegah bau tidak enak dari udang seperti pada penelitian Zhang *et al.* (2020), kitosan akan menghambat perkembangan dari zat hipoksantin dan adenosin yang berpengaruh pada kesegaran udang. Kitosan yang memiliki sifat bakteriostatik mampu menahan kualitas udang dari segi bau. Dijelaskan pula oleh Alhuur *et al.* (2020), dimana enzim lysozim, gugus aminopolisakarida, serta polikation pada kitosan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Sehingga pada udang yang diberikan pelapis memiliki perubahan bau yang lebih baik dibandingkan dengan udang tanpa *coating*.

Tekstur dari udang mengalami penurunan pada setiap perlakuannya, walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan udang memiliki antioksidan alami yang diperoleh dari karotenoid, sehingga udang mampu mempertahankan teksturnya pada penyimpanan di suhu 0-4°C. Udang dengan pelapis *Spirulina* memiliki tekstur lebih baik, dikarenakan *Spirulina* mengandung antioksidan tinggi yang berguna untuk mencegah terjadinya oksidasi lipid. Hal ini seperti yang ditemukan Perez *et al.* (2015), dimana antioksidan dapat mencegah pelunakan otot pada udang akibat dari oksidasi lipid. Oksidasi lipid akan mengirimkan radikal bebas kepada asam amino dan protein yang menyebabkan terjadinya denaturasi.

Terdapat beberapa udang Vaname yang didapati titik hitam atau melanosis di bagian kepala atau ekornya. Melanosis sendiri berhubungan dengan konsentrasi *tyrosine* yang ada pada karapas udang tersebut. Sipahutar *et al.* (2020) serta Suhandana *et al.* (2013) menjelaskan mengenai enzim polifenoloksidase yang dapat menyebabkan munculnya *blackspot*. Penelitian dari Nagarajan *et al.* (2021) menemukan bahwa kitosan dapat menekan terjadinya melanosis, karena memiliki kandungan fenolik guna memperlambat polifenol oksidase.

Hasil analisis mikrobiologi yang telah dilakukan pada udang hari ke-0 penyimpanan, didapatkan hasil TPC sebesar 23.000 koloni/g untuk udang kontrol. Hasil ini menempatkan udang tanpa *edible coating* mendapatkan nilai TPC paling besar dibandingkan dengan udang lainnya (Tabel 3). Hasil tertinggi untuk TPC selanjutnya didapati pada udang dengan pelapis kitosan yaitu sebesar 18.000 koloni/g, *Spirulina* 1,5% mendapatkan hasil 16.000 koloni/g, disusul *Spirulina* 2% dengan hasil 13.000 koloni/g, dan yang paling kecil adalah udang dengan pemberian *Spirulina* 1% yaitu 10.600 koloni/g. Hasil untuk uji *E. coli* yaitu sebesar <2 APM/g untuk setiap perlakuan yang diberikan pada udang. Analisis *S. aureus* yang telah dilakukan didapati hasil sebesar <3 APM/g pada semua perlakuan.

Hasil analisis mikrobiologi pada udang setelah disimpan selama 8 hari, didapati bahwa nilai TPC dari udang tanpa pelapis (kontrol) menempati hasil paling tinggi sebesar 54.000 koloni/g. Hasil TPC udang dengan *edible coating* kitosan dapat dilihat pada Tabel 3 dimana besarnya mencapai 19.500 koloni/g menunjukkan adanya peningkatan jumlah mikroorganisme. Udang dengan

Tabel 3. Hasil analisis mikrobiologi

Perlakuan	Udang Segar			Udang Penyimpanan Hari ke-8		
	TPC (Koloni/g)	<i>E. coli</i> (APM/g)	<i>S. aureus</i> (APM/g)	TPC (Koloni/g)	<i>E. coli</i> (APM/g)	<i>S. aureus</i> (APM/g)
Kontrol	23.000	<2	<3	54.000	<3	<3
Kitosan	18.000	<2	<3	19.500	<3	<3
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1%	10.600	<2	<3	8.700	<3	<3
Kitosan + <i>Spirulina</i> 1,5%	16.000	<2	<3	8.900	<3	<3
Kitosan + <i>Spirulina</i> 2%	13.000	<2	<3	10.600	<3	<3

Keterangan: APM (Angka Paling Mungkin) = perkiraan jumlah bakteri tumbuh

pelapis *Spirulina* 1%, 1,5% dan 2% masing masing memiliki besaran 8.700, 8900 dan 10.600 koloni/g. Peningkatan hasil TPC hanya terjadi pada udang tanpa pelapis dan udang dengan pelapis kitosan, sedangkan udang yang lainnya mengalami penurunan hasil TPC. Penurunan paling besar terjadi pada udang dengan pelapis *Spirulina* 1,5%, penurunan mencapai 7100 koloni/gr.

Uji *E. coli* pada udang Vaname penyimpanan hari ke-8 menunjukkan hasil sebesar <3 APM/g pada semua udang yang diberikan perlakuan. Hasil yang sama juga didapati pada uji *S. aureus*, dimana terdapat <3 APM/g untuk semua udang yang diuji. Hasil yang didapatkan dari uji TPC, *E. coli*, dan *S. aureus* sampai hari ke-8 tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Hasil analisis TPC pada hari ke-0 menunjukkan adanya mikroorganisme pada setiap udang yang diuji. Hal ini menunjukkan adanya kontaminasi yang dapat terjadi pada saat penanganan saat proses panen, pengemasan, dan lain sebagainya. Nagarajan *et al.* (2021), menjelaskan adanya beberapa kondisi yang menyebabkan kontaminasi pada udang. Terdapat faktor utama udang dapat mengalami pertumbuhan mikroorganisme yang cukup besar, hal tersebut disebabkan oleh bagian saluran pencernaan yang tidak dibersihkan terlebih dahulu. Pada bagian tersebut terdapat berbagai macam enzim dan bakteri pembusuk.

Selama penyimpanan 8 hari terjadi peningkatan jumlah TPC pada udang tanpa pelapapis dan udang dengan pelapis kitosan, namun peningkatan dapat ditekan sehingga hasilnya tidak terlalu tinggi. Hal ini menunjukkan keefektifan penyimpanan pada suhu dingin seperti penelitian Li *et al.* (2022), dimana suhu rendah dapat menekan pertumbuhan bakteri. *Edible coating* berbahan dasar kitosan juga menunjukkan keefektifan dalam penghambat pertumbuhan mikroorganisme di suatu bahan. Beberapa peneliti seperti Nagarajan *et al.* (2021), mengungkapkan bahwa adanya kemungkinan senyawa fenolik dari kitosan yang menyebabkan pecahnya dinding sel pada mikroorganisme. Peneliti lain seperti Alhuur *et al.* (2020), juga menyatakan bahwa kitosan akan menutupi aliran nutrisi pada bakteri gram negatif, sehingga menyebabkan bakteri tidak mendapatkan asupan nutrisi dan menyebabkan kematian bakteri tersebut.

Tidak menutup kemungkinan adanya faktor dari pelarut asam asetat yang mempengaruhi sifat antimikroba dari *edible coating* kitosan. Sesuai penelitian dari Baharuddin dan Isnaeni (2020), dimana kontrol negatif (asam asetat) didapati zona hambat *E.coli*, yang mengindikasikan potensi sebagai antimikroba. Aktivitas antimikroba tersebut tidak sebesar ketika sudah menjadi *edible coating* kitosan. Hal ini didukung oleh Fraise *et al.* (2013) dan Moro *et al.* (2022) dimana asam asetat berpotensi sebagai anti mikroba karena mampu melawan pertumbuhan bakteri patogen dan fungi.

Jumlah TPC sampai hari ke-8 dibawah ambang batas udang layak konsumsi berdasarkan peraturan yang berlaku.yaitu 500.000 koloni/gr (SNI 7388:2009). Hal ini juga dipengaruhi karena

proses penyimpanan yang berada pada suhu 0-4°C, dimana Pan *et al.* (2019) mengungkapkan dalam suhu tersebut bakteri akan mengalami proses penghambatan pertumbuhan. Apabila udang ditempatkan pada suhu ruangan, bakteri akan berkembangbiak lebih cepat sehingga menyebabkan udang memiliki waktu simpan lebih pendek. Hal ini juga disampaikan oleh Alhuur *et al.* (2020), dimana bakteri dapat bertumbuh dua kali lipat setiap 15-30 menit.

Adanya penurunan *Total Plate Count* (TPC) yang signifikan pada udang dengan pelapis *Spirulina*, hal ini juga didapatkan oleh Nakamoto *et al.* (2023) dimana adanya penurunan jumlah mikroba diakibatkan peran penting dari *Spirulina* sebagai antimikroba dan antioksidan. Senyawa yang berhubungan dengan antibakteri salah satunya yaitu alkaloid, dikarenakan mampu menghambat replikasi DNA dan merusak komponen dinding sel bakteri (Suratno, 2016). Madduluri *et al.* (2013) juga menjelaskan bahwa saponin memiliki andil untuk merusak permeabilitas membrannya, sehingga terjadinya kebocoran enzim dan protein hingga mengakibatkan sel bakteri tersebut mati. Ramji dan Visnuvarthanan (2022) menunjukkan bahwa asam klorogenat dalam *Spirulina* juga berfungsi sebagai antimikroba. Pernyataan tersebut didukung oleh Balti *et al.* (2017), dimana asam klorogenat mampu menyebabkan penghambatan pertumbuhan dari bakteri gram positif dan negatif.

Ketiadaan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada sampel udang yang diuji hingga penyimpanan hari terakhir membuktikan bahwa mulai dari pemanenan, distribusi, hingga pada saat pengujian masih menjaga ke higienisan dari udang tersebut. Hal ini dikarenakan *E. coli* merupakan bakteri yang banyak mencemari perairan, ini didukung oleh Maruka *et al.* (2017) dimana kontaminasi produk perikanan dapat terjadi akibat perairannya ataupun saat besentuhan dengan bahan lain yang sudah terkontaminasi. Kontaminasi *Escherichia coli* juga dapat diakibatkan dari es yang digunakan dalam proses penyimpanan. Oleh karena itu penggunaan es harus memperhatikan aturan SNI 01-4872.1-2006.

Pelapisan udang menggunakan *edible coating* dari bahan dasar kitosan juga sangat membantu untuk dapat terhindar dari bakteri seperti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Penggunaan *Spirulina* sebagai bahan tambahan pelapis makanan berguna untuk memaksimalkan antimikroba yang sudah ada dari kitosan. Hal ini dikarenakan kandungan fikosianin dalam *Spirulina* sebagai zat antioksidan mampu menjaga bahan makanan dari kerusakan akibat radikal bebas (Firdiyani *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan *Spirulina* pada pelapis kitosan berpengaruh untuk menambah umur simpan udang Vaname pada $p < 0,05$. *Edible coating* dengan penambahan *Spirulina* 1,5% mampu menekan susut bobot udang sebesar 3,47% pada hari ke-8 penyimpanan, menekan pertumbuhan mikroorganisme sebesar 7.100 koloni/g, namun secara organoleptis dari kenampakannya kurang menarik dibandingkan dengan *edible coating* kitosan dan secara ekonomi mengeluarkan biaya produksi cukup mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhuur, K.R.G., Juniardi, E.M., & Suradi, K., 2020. Efektivitas Kitosan sebagai *Edible Coating* Karkas Ayam Broiler. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(1):17-24. DOI: 10.24198/jthp.v1i1.24093
- Andrada, M., 2014. Circles of Sustainability: A Good Market Value. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 5(4): p.1000e110. DOI: 10.4172/2150-3508.1000e110
- Apriliyani, M.W., Manab, A., Rahayu, P.P., Jannah, M., Hidayah, P.N., & Firdiatila, F.F., 2021. Effect of Casein-Chitosan Edible Coating on the Physicochemical and Microbiological Characteristics of Boiler Meat at Storage 8°C, *Advances in Food Science. Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 4(1):8-17. DOI: 10.21776/ub.afssaae.2021.004.01.2

- Badan Pusat Statistik., 2020. Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir: Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir., Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Badr, M.H., Elshouny, W.A.E.F., Sheekh, M.M.E., Sabae, S.Z., & Khalil, M.A., 2017. Antimicrobial Activity of *Spirulina platensis* Against Aquatic Bacterial Isolates., *Journal of Microbiology, Biotechnology, and Food Sciences*, 6(5):1203-1208. DOI:10.15414/jmbfs.2017.6.5.1203-1208
- Baehaki, A., Toynbe, S.J., & Lestari, S.D., 2015. Pengaruh Aplikasi Kitosan sebagai Coating Terhadap Mutu dan Umur Simpan Daging Giling Ikan Gabus (*Channa striata*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 4(1):67-74. DOI: 10.36706/fishtech.v4i1.3500
- Balti, R., Mansour, M.B., Sayari, N., Yacoubi, L., Rabaoui, L., Brodu, N., & Masse, A., 2017. Development and Characterization of Bioactive Edible Films From Spider Crab (*Maja crispata*) Chitosan Incorporated with *Spirulina* Extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(2):1464-1472. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.046
- Byantara, P., & Dianursanti., 2021. Utilization of *Spirulina platensis* Microalgae as Edible Coating to Maintain Quality of Fresh Strawberry (*Fragaria sp.*). *AIP Conference Proceedings*. 2344(1): p. 0047579. DOI:10.1063/5.0047579
- Duan, C., Meng, X., Meng, J., Khan, M.I.H., Dai, L., Khan, A., Xingye, A.N., Zhang, J., Huq, T., & Yonghao, N.I., 2019. Chitosan as A Preservative for Fruits and Vegetables: A Review on Chemistry and Antimicrobial Properties. *Journal of Bioresources and Bioproduct*, 4(1):11-21. DOI: 10.21967/jbb.v4i1.189
- Elsabagh, R., Ibrahim, S.S., Elaaty, E.M.A., Abdeen, A., Rayan, A.M., Ibrahim, S.F., Abdo, M., Imbrea, F., Smuleac, L., Sayed, A.M.E., Elghaffar, R.Y.A., & Morsy, M.K., 2023. Chitosan Edible Coating: a Potential Control of Toxic Biogenic Amines and Enhancing the Quality and Shelf Life of Chilled Tuna Filet. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7(1):1-12. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1177010
- Firdiyani, F., Agustini, T.W., & Ma'ruf, W.F., 2015. Ekstraksi Senyawa Bioaktif sebagai Antioksidan Alami *Spirulina platensis* Segar dengan Pelarut yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(1):28-37. DOI:10.17844/jphpi.2015.18.1.28
- Gabr, G.A., Sayed, S.M.E., & Hikal, M.S., 2020. Antioxidant Activities of Phycocyanin: A Bioactive Compound from *Spirulina platensis*. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 32(2): 73-85. DOI:10.9734/jpri/2020/v32i230407
- Hayati, F., Dewi, E.N., & Suharto, S., 2020. Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Edible Film Alginat dengan Penambahan Serbuk *Spirulina platensis*. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 16(4):286-293. DOI:10.14710/ijfst.16.4.286-293
- Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2021. Produksi Perikanan Kelautan dan Perikanan.
- Khodanazary, A., 2019. Freshness Assessment of Shrimp *Metapenaeus affinis* by Quality Index Method and Estimation of its Shelf Life. *International Journal of Food Properties*, 22(1):309-319. DOI:10.1080/10942912.2019.1580719
- Leo, G.D., & Sardanelli, F., 2020. Statistical Significance: p value, 0,05 Threshold, and Applications to Radiomics-Reason for a Conservative Approach. *European Radiology Experimental*, 4(18):1-8. DOI:10.1186/s41747-020-0145-y
- Lin, M.G., Lasekan, O., Saari, N., & Khairunniza-Bejo, S., 2018. Effect of chitosan and carrageenan-based edible coatings on post-harvested longan (*Dimocarpus longan*) fruits. *Journal of Food*, 16(1):490-497. DOI:10.1080/19476337.2017.1414078
- Lin, D., Sun, L.C., Chen, Y.L., Liu, G.M., Miao, S., & Cao, M.J., 2022. Shrimp Spoilage Mechanisms and Functional Films/Coatings Used to Maintain and Monitor Its Quality During Storage. *Trends in Food Science & Technology*, 129(2022):25-37. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.08.020
- Liu, Y., Ren, G., Zhao, X., Wang, W., Di, J., Wang, Y., & Lin, W., 2023. Selenium-Chitosan Treatment Affects Amino Acid Content and Volatile Componen of Red Globe Grape During Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023:1-13. DOI: 10.1155/2023/3848092
- Maghfiroh, J., Sofa, A.D., Aprilia, A., & Affandi, A.R., 2018. Efektivitas Penambahan Kitosan dan Ekstrak Jeruk Nipis dalam Pembuatan Antimicrobial Edible Coating dan Aplikasinya pada

- Fresh-Cut Jambu Biji Kristal. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 2(1):82-90. DOI: 10.26877/jiphp.v2i1.2489
- Maruka, S.S., Siswohutomo, G., & Rahmatu, R.D., 2017. Identifikasi Cemaran Bakteri *Escherichia coli* pada Ikan Layang (*Decapterus russelli*) Segar di Berbagai Pasar Kota Palu. *E-Jurnal Mitra Sains*, 5(1):84-89.
- Nagarajan, M., Rajasekaran, B., Benjakul, S., & Venkatachalam, K., 2021. Influence of Chitosan-Gelatin Edible Coating Incorporated With Longkong Pericarp Extract on Refrigerated Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Current Research in Food Science*, 4(1):345-353. DOI:10.1016/j.crf.2021.05.003
- Nakamoto, M.M., Assis, M., Filho, J.G.O., & Braga, A.R.C., 2023. Spirulina Application in Food Packaging: Gaps of Knowledge and Future Trends. *Trends in Food Science and Technology*, 133(2023): 138-147. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.001
- Pan, C., Chen, S., Hao, S., & Yang, X., 2019. Effect of low-temperature preservation on quality changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(14):6121-6128.
- Perez, A.Z.V., Valdez, H.S., Brauer, J.M.E., Rios, E.M., & Arreola, W.T., 2015. Quality Changes During Frozen Storage of Blue Shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) with Antioxidant, α -tocopherol, Under Different Conditions. *Food Science and Technology*, 35(2):368-374. DOI:10.1590/1678-457X.6666
- Perez, M.C.P., Rivas, A., Martinez, A., & Rodrigo, D., 2017. Antimicrobial Potential of Macro and Microalgae Against Pathogenic and Spoilage Microorganisms in Food. *Food Chemistry*, 235: 34-44. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.05.033
- Pugazhendhi, A., Rathinam, A. M.M., & Sheela, J.M., 2015. Antifungal Activity of Cell Extract of *Spirulina platensis* against Aflatoxin Producing *Aspergillus* Species. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(8):1025-1029.
- Rakhfid, A., Baya, N., Bakri, M., & Fendi, F., 2017. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada Padat Tebar Berbeda. *Jurnal Akuakultur, Pesisir, dan Pulau-Pulau Kecil*, 1(2):1-6. DOI:10.29239/j.akuatikisle.1.2.1-6
- Ramji, V., & Vishnuvarthanan, M., 2022. Chitosan Ternary Bio Nanocomposite Films Incorporated with MMT K10 Nanoclay and Spirulina. *Silicon*, 14(3):1209-2020. DOI:10.1007/s12633-021-01045-z
- Rani, H., & Kalsum, N., 2016. Kajian Proses Pembuatan *Edible Film* dari Rumpun Laut *Gracillaria* sp. dengan Penambahan Gliserol. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, Lampung, 8 September.
- Rohmin, M.F.T., Mahasri, G., & Rantam, F.A., 2017. Response Analysis of Urban Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Which is Exposed to Crude Protein *Zoothamniumpenaei* Oral and Maintained in Ponds. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(2):143-157. DOI: 10.20473/jbp.v19i2.2017.143-157
- Shapawi, Z.I.A., Ariffin, S.H., Shamsudin, R., How, M.S., & Baharom, A.H., 2023., The Effect of Edible Coating (*Spirulina* and Chitosan) on the Quality and Shelf Life of Startfruit (*Averrhoa carambola* L. cv. B10) Throughout Storage. *Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science*, 46(2):707-720. DOI: 10.47836/pjtas.46.2.19
- Sidqy, R., Pamitran, A.S., Setiadi, D.A., & Patria, M.P., 2020. Seawater Ice Slurry for Shrimp Cooling Using Scraper Blade Ice Slurry Generator. *AIP Conference Proceedings*, 2227(1):p. 020002 .
- Sipahutar, Y.H., Suryanto, M.R., RamLi, H.K., Pratama, R.B., & Irsyad, M., 2020. Laju Melanosis Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*) pada Tambak Intensif dan Tambak Tradisional di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan., *Prosiding Simposium Nasional VII Kelautan dan Perikanan*, Makasar, 5 Juni.
- Standar Nasional Indonesia., 2006. Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori SNI 01-2346-2006., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia., 2006. Es untuk Penanganan Ikan – Bagian 1: Spesifikasi., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

- Standar Nasional Indonesia., 2009. Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan SNI 7388:2009., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia., 2015. Cara Uji Mikrobiologi – Bagian 3: Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan SNI 2332.3:2015., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia., 2015. Cara Uji Mikrobiologi – Bagian 1: Penentuan Koliform dan *Escherichia coli* pada Produk Perikanan SNI 2332.1:2015., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia., 2015. Cara Uji Mikrobiologi – Bagian 9: Penentuan *Staphylococcus aureus* pada Produk Perikanan SNI 2332.9:2015., Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Suhandana, M., Nurhayati, T., & Ambarsari, L., 2013. Karakterisasi Ekstrak Kasar Enzim *Polyphenoloxidase* dari Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(3):353-364. DOI:10.28930/jitkt.v5i2.7564
- Morachis-Valdez, A.G., Gómez-Oliván, L.M., García-Argueta, I., Hernández-Navarro, M.D., Díaz-Bandera, D., & Dublán-García, O., 2017. Effect of chitosan edible coating on the biochemical and physical characteristics of carp fillet (*Cyprinus carpio*) stored at- 18 C. *International journal of food science*, 2017(1):2812483. DOI:10.1155/2017/2812483
- Wahyu, F., 2017. Potensi Kedaulatan Maritim sebagai Posisi Tawar Dalam Diplomasi Indonesia., *Jurnal Interdependence*, 5(3):138-145.
- White, N.M., Balasubramaniam, T., Nayak, R., & Barnett, A.G., 2020. An Observational Analysis of The Trope “a p-value of <0,05 was considered statistically significant” and Other Cut and Paste Statistical Methods. *PLos ONE*, 17(3):1-15. DOI: 10.1371/journal.pone.0264360
- Xu, W., Ma, Q., Sun, J., Li, Y., Wang, J., Wang, Y., Liu, Y., Mu, J., & Wang, W., 2022. Changes in Quality Characteristics of Shrimp (*Penaeus chinensis*) During Refrigerated Storage and Their Correlation With Protein Degradation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114(2022):1-9. DOI:10.1016/j.jfca.2022.104773
- Ying, F., Schneider, K.R., & Sarnoski, P.J., 2022. Determining Spoilage of Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During Refrigerated Storage Using Colorimetric Strips. *Food Chemistry*, 10(14):1-7. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100263
- Zhang, B., Deng, Z.G., & Wang, Q., 2015. Chemical Changes Related to Loss of Quality in Pasific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During Chilled Storage Under Slurry Ice Condition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39:2507-2515. DOI:10.1111/jfpp.12500
- Zhang, Z., Hang, Y., Guo, X., Meng, X., Wu, H., Guo, F., Zhang, S., & Li, D., 2020. Effect of Chitosan Combined With ϵ – polylysine Coating on Flavor and Texture Quality of Chinese Shrimp During Refrigerated Storage. *Food Science and Nutrition*, 8(4):1480-1488. DOI: 10.1002/fsn3.1432