

# Bioenkapsulasi Naupli Artemia dengan *Spirulina* sp. dan Resistensinya terhadap Bakteri *Vibrio* spp.

Sri Sedjati<sup>1,2\*</sup>, Ervia Yudiati<sup>1</sup>, Endang Supriyantini<sup>1</sup>, Nuril Azhar<sup>1</sup>,  
Chika Velita Anindya Yulian<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275 Indonesia

<sup>2</sup>Marine Science Techno Park, Universitas Diponegoro  
Jl. Undip, Desa Teluk Awur, Tahunan, Jepara, Jawa Tengah 59427 Indonesia  
Email: sedjati69@gmail.com

## Abstract

### **Bioencapsulation of Naupli Artemia with *Spirulina* sp. and its resistance to *Vibrio* spp. bacteria.**

*Artemia* is usually given as live feed in shrimp and fish hatcheries. Bioencapsulation of *Artemia* with *Spirulina* sp. is thought to increase disease resistance. One disease that often harms aquaculture is infection by *Vibrio*. The study aimed to determine the significance of *Artemia*'s nauplii biocapsulation to increased resistance against infection by *Vibrio* spp. The research method used is experimental laboratories with a non-parametric approach. The resistance variable is measured as the survival rate. Bioencapsulation of *Artemia* uses 4 levels of *Spirulina* sp. concentration: 0 (control), 300, 600, 900 mg/L, while the challenge test uses 8 levels of *Vibrio*: Non-*Vibrio* (control), *Vibrio vulnificus* (Vv), *V. harveyi* (Vh), *V. parahaemolyticus* (Vp), a combination of the two: (Vv+Vh), (Vv+Vp), (Vh+Vp), as well as a combination of the three: (Vh+Vp+Vv). Kruskal Wallis test was conducted to find out the difference in *Artemia* survival rates between groups, then the U Mann-Whitney test to find out pairs between groups that have significant differences. Kruskal Wallis analysis showed only *Spirulina* sp concentrations that produce a significant effect ( $p=0.00$ ) on the survival rate of nauplii *Artemia*, while *Vibrio* spp. have no effect ( $p=0.32$ ). Based on the U Mann-Whitney test, all *Spirulina* sp concentration groups are significantly different from control ( $p<0.05$ ), and only the group 300 to 600 mg/L is not different ( $p=0.42$ ). *Spirulina* sp. 300 mg/L can increase survival rates to 77.92%, 600 mg/L to 77.50%, and 900 mg/L to 66.67%. In conclusion, it is optimal to increase *Artemia*'s resistance to *Vibrio* spp. can be done with bioencapsulation of *Spirulina* sp. 300 mg/L.

**Keyword:** diseases, infections, survival rate

## Abstrak

*Artemia* biasa diberikan sebagai pakan hidup pada usaha pembenihan udang maupun ikan. Bioenkapsulasi *Artemia* dengan *Spirulina* sp. diduga dapat meningkatkan resistensi terhadap penyakit. Salah satu penyakit yang sering merugikan usaha akuakultur adalah infeksi oleh bakteri *Vibrio*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat signifikansi bioenkapsulasi naupli *Artemia* terhadap peningkatan resistensi melawan infeksi oleh *Vibrio* spp. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris dengan pendekatan non-parametrik. Variabel resistensi diukur sebagai tingkat kelangsungan hidup. Bioenkapsulasi *Artemia* menggunakan 4 taraf konsentrasi *Spirulina* sp.: 0 (kontrol), 300, 600, 900 mg/L, sedangkan uji tantang menggunakan 8 taraf jenis *Vibrio*: Non-*Vibrio* (kontrol), *Vibrio vulnificus* (Vv), *V. harveyi* (Vh), *V. parahaemolyticus* (Vp), kombinasi dari dua *Vibrio*: (Vv+Vh), (Vv+Vp), (Vh+Vp), serta kombinasi dari ketiganya: (Vh+Vp+Vv). Uji Kruskal Wallis dilakukan untuk mengetahui perbedaan tingkat kelangsungan hidup *Artemia* antar kelompok, selanjutnya dilakukan uji U Mann-Whitney untuk mengetahui pasangan antar kelompok yang memiliki perbedaan signifikan. Hasil analisis Kruskal Wallis menunjukkan bahwa hanya konsentrasi *Spirulina* sp. yang menghasilkan pengaruh signifikan ( $p=0,00$ ) terhadap tingkat kelangsungan hidup naupli *Artemia*, sedangkan jenis *Vibrio* spp. tidak berpengaruh ( $p=0,32$ ). Berdasarkan uji U Mann-Whitney, semua kelompok konsentrasi *Spirulina* sp berbeda secara signifikan terhadap kontrol ( $p<0,05$ ), dan hanya kelompok. 300 terhadap 600 mg/L yang tidak berbeda ( $p=0,42$ ). Pemberian *Spirulina* sp. sebanyak 300 mg/L dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup menjadi 77,92%, 600 mg/L menjadi 77,50%, dan 900 mg/L menjadi 66,67%. Kesimpulannya, secara optimum untuk meningkatkan resistensi *Artemia* terhadap *Vibrio* spp. dapat dilakukan dengan bioenkapsulasi *Spirulina* sp. 300 mg/L.

**Kata kunci:** penyakit, infeksi, tingkat kelangsungan hidup

## PENDAHULUAN

*Artemia* adalah salah satu pakan alami yang dibutuhkan dalam bidang akuakultur, khususnya pada usaha pembenihan (Kouba *et al.*, 2011; Suyanto *et al.*, 2019). Secara komersial, *Artemia* biasanya dijual dalam bentuk kista kering yang dapat disimpan selama bertahun-tahun. Sebelum

diberikan sebagai pakan hidup, artemia harus ditetaskan terlebih dahulu dan diberi pakan yang berkualitas. Menurut Fernández (200), Artemia merupakan hewan penyaring (*filter feeder*) non selektif. Ukuran pakan untuk Artemia berkisar antara 6,8 - 27,5  $\mu\text{m}$  (optimal sekitar 16,0  $\mu\text{m}$ ).

Selain bernutrisi tinggi, Artemia dapat digunakan sebagai media hidup untuk sarana enkapsulasi (bioenkapsulasi) guna mentransfer zat-zat yang bermanfaat bagi pertumbuhan ikan dan krustasea, seperti suplemen (Prusińska *et al.*, 2015), obat-obatan (Roiha *et al.*, 2010), maupun nutrisi penting dan senyawa bioaktif (Cheban *et al.*, 2020). Bioenkapsulasi berfungsi sebagai upaya pengkayaan nutrisi (*enrichment*) menggunakan bahan tambahan untuk memperbaiki mutu (kualitas) dan jumlah (kuantitas) dari Artemia sebelum diberikan sebagai pakan hidup. Salah satu manfaatnya adalah sebagai imunostimulan untuk meningkatkan respon imun terhadap serangan patogen, baik bagi naupli Artemia maupun ikan/krustasea yang memakannya (Immanuel, 2016).

Imunostimulan terdiri dari sekelompok senyawa yang dapat meningkatkan mekanisme pertahanan seluler dan humoral bawaan (non-spesifik). Imunostimulan terutama memfasilitasi fungsi sel fagositik dan meningkatkan aktivitas bakterisida (Farooqi & Qureshi, 2018). Beberapa imunostimulan juga merangsang lisozim dan respon antibodi ikan. Imunostimulan telah diteliti sebagai materi yang sangat bermanfaat untuk manajemen penyakit dalam bidang akuakultur. Salah satu organisme laut sebagai penyedia agen imunostimulan adalah Spirulina (Cyanobacteria) atau disebut juga alga hijau biru (Satyantini *et al.*, 2016; Abdelatif *et al.*, 2018; Suyanto *et al.*, 2019).

Ikan yang diberi pakan Spirulina terbukti dapat menaikkan produksi lisozim, aktivitas nitrat oksida (NO), dan imunoglobulin M (IgM). Zat-zat tersebut berfungsi dalam peningkatan imunitas terhadap serangan patogen (Roohani *et al.*, 2020; Abdelatif *et al.*, 2018). Zat bioaktif dari Spirulina dapat berperan sebagai imunostimulan. Biomassa Spirulina mengandung pigmen fikosianobilin terdiri dari fikosianin, allofikosianin, dan fikoeritrin yang terutama bertanggung jawab untuk aktivitas antioksidan dan penangkal radikal bebas. Radikal bebas diketahui dapat merusak sistem kekebalan tubuh yang rentan terhadap kerusakan oksidatif (Ragap *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil penelitian Muchtar *et al.* (2019), pengaruh fikosianin yang terkandung dalam pakan ikan menjadikan ikan lebih resisten terhadap infeksi bakteri. Satyantini *et al.* (2016) menambahkan bahwa senyawa bioaktif fikosianin dan juga polisakarida larut air dari *Spirulina* sp. terbukti dapat meningkatkan aktivitas pertahanan biologis melawan penyakit akibat infeksi bakteri patogen.

Pemberian imunostimulan penting dilakukan untuk meningkatkan produksi hasil perikanan budidaya, serta harus dimulai dari usaha pembenihannya. Penggunaan bioenkapsulasi artemia dinilai lebih efektif serta dapat dimanipulasi dan ketersediaannya berkelanjutan (*sustainable*). Artemia merupakan hewan penyaring (*filter feeder*) non selektif sehingga senyawa organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam media hidupnya akan terserap. Zat bioaktif yang terakumulasi dalam sel Artemia dapat memicu peningkatan imunitas sehingga terjadi penurunan infeksi penyakit (Wee *et al.*, 2021). Penyakit yang sering menyerang usaha akuakultur salah satunya adalah infeksi akibat bakteri *Vibrio* spp. (Istiqomah *et al.*, 2020),

Mikroalgae merupakan sumber senyawa bioaktif ramah lingkungan yang telah menunjukkan beberapa bioaktivitas, termasuk sebagai antimikroba, anti-inflamasi, dan imunomodulator. Sepanjang kurun waktu dekade terakhir, senyawa yang merangsang sistem kekebalan tubuh, baik respon imun bawaan maupun imun adaptif telah digunakan untuk mencegah dan melawan berbagai patogen (Riccio & Lauritano, 2020; Roohani *et al.*, 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat signifikansi dari pemberian *Spirulina* sp. sebagai pengkaya nutrisi (*enrichment*) pada bioenkapsulasi naupli Artemia terhadap peningkatan resistensi melawan patogenitas *Vibrio* spp.. Respon bioaktivitas metabolit *Spirulina* sp. terhadap imunitas diidentifikasi berdasarkan tingkat kelangsungan hidup Artemia setelah diinfeksi dengan bakteri patogen.

## MATERI DAN METODE

*Spirulina* sp. kering yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil kultur yang diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP), Jepara. Sebelum proses bioenkapsulasi, *Spirulina* sp. dipersiapkan terlebih dahulu dengan melarutkannya dalam pelarut air. Kista Artemia (Supreme Plus®, Golden West Artemia) ditimbang sebanyak 1 g. Proses penetasan dilakukan menggunakan air yang sudah ditambah dengan NaCl (salinitas 25 g/L) sebanyak 1000 mL. Selama proses penetasan, media diberikan aerasi yang kuat selama sekitar 24 jam (Rudtanatip *et al.*, 2019). Setelah 24 jam menetas, Artemia sudah memasuki fase Instar II dan naupli dapat dipanen serta siap digunakan untuk bioenkapsulasi.

Media untuk proses bioenkapsulasi dibuat dengan cara menambahkan *Spirulina* kering ke dalam air sehingga senyawa-senyawa polar dapat terlarut, sementara sisanya akan tersuspensi. *Spirulina* sp. dipersiapkan sesuai konsentrasi yang diaplikasikan, yaitu 300, 600, dan 900 mg/L menggunakan akuades. Selanjutnya ditambahkan NaCl agar diperoleh larutan bersalinitas 25 g/L dan dihomogenasi menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 hari pada suhu ruang (Yudiati *et al.*, 2021). Larutan *Spirulina* sp. siap digunakan untuk proses bioenkapsulasi Artemia.

Bakteri uji yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Biologi Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang. Bakteri uji *Vibrio* spp. terdiri dari *V. vulnificus*, *V. harveyi*, dan *V. parahaemolyticus*. Persiapan bakteri uji mengacu ke metode Sedjati *et al.* (2020). Subkultur isolat bakteri uji dilakukan dengan mengambil 1 ose dari media *Nutrient Agar* (NA; Merck, USA) ke dalam *Nutrient Broth* (NB; Merck, USA) dan diinkubasi selama 24 jam (suhu 37°C). Suspensi bakteri selanjutnya distandarisasi dengan larutan 0,5 McFarland (REMEL McFarland Equivalence) untuk memperoleh kepadatan  $1,5 \times 10^8$  CFU mg/L.

Semua peralatan gelas dan media disterilkan menggunakan alat autoklaf, sedangkan bahan plastik dilakukan dengan penyemprotan alkohol 70% dan paparan sinar UV. Seluruh rangkaian uji tantangan dilakukan di *Laminar Air Flow* (LAF) (Guridi *et al.*, 2019). Bioenkapsulasi Artemia dilakukan menurut metode Roiha *et al.* (2010), yaitu dengan cara merendam Artemia ke dalam larutan *Spirulina* sesuai taraf perlakuan konsentrasi selama 1 jam.

Bioenkapsulasi Artemia menggunakan 4 taraf konsentrasi *Spirulina* sp.: 0 (kontrol), 300, 600, 900 mg/L, sedangkan uji tantangan menggunakan 8 taraf jenis *Vibrio*: Non-*Vibrio* (kontrol), *Vibrio vulnificus* (Vv), *V. harveyi* (Vh), *V. parahaemolyticus* (Vp), kombinasi dari dua *Vibrio*: (Vv+Vh), (Vv+Vp), (Vh+Vp), serta kombinasi dari ketiganya: (Vh+Vp+Vv). Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Faktorial (4x8) dengan 3 kali ulangan.

Uji tantangan dengan *Vibrio* spp. dilakukan dalam botol/vial yang berisi larutan NaCl dengan salinitas 25 g/L. Vial diisi 10 ml untuk perlakuan Non-*Vibrio*, 9 mL untuk 1 jenis *Vibrio*, 8 mL untuk 2 jenis *Vibrio*, dan 7 ml untuk 3 jenis *Vibrio*. Penambahan suspensi biakan *Vibrio* spp diberikan sebanyak 1 mL per jenis/spesies. Sebanyak 10 ekor naupli Artemia yang sudah terenkapsulasi dimasukkan ke masing-masing vial. Pengamatan tingkat kelangsungan hidup dilakukan setiap 6 jam sampai terjadi 100% kematian dari Artemia (Immanuel, 2016).

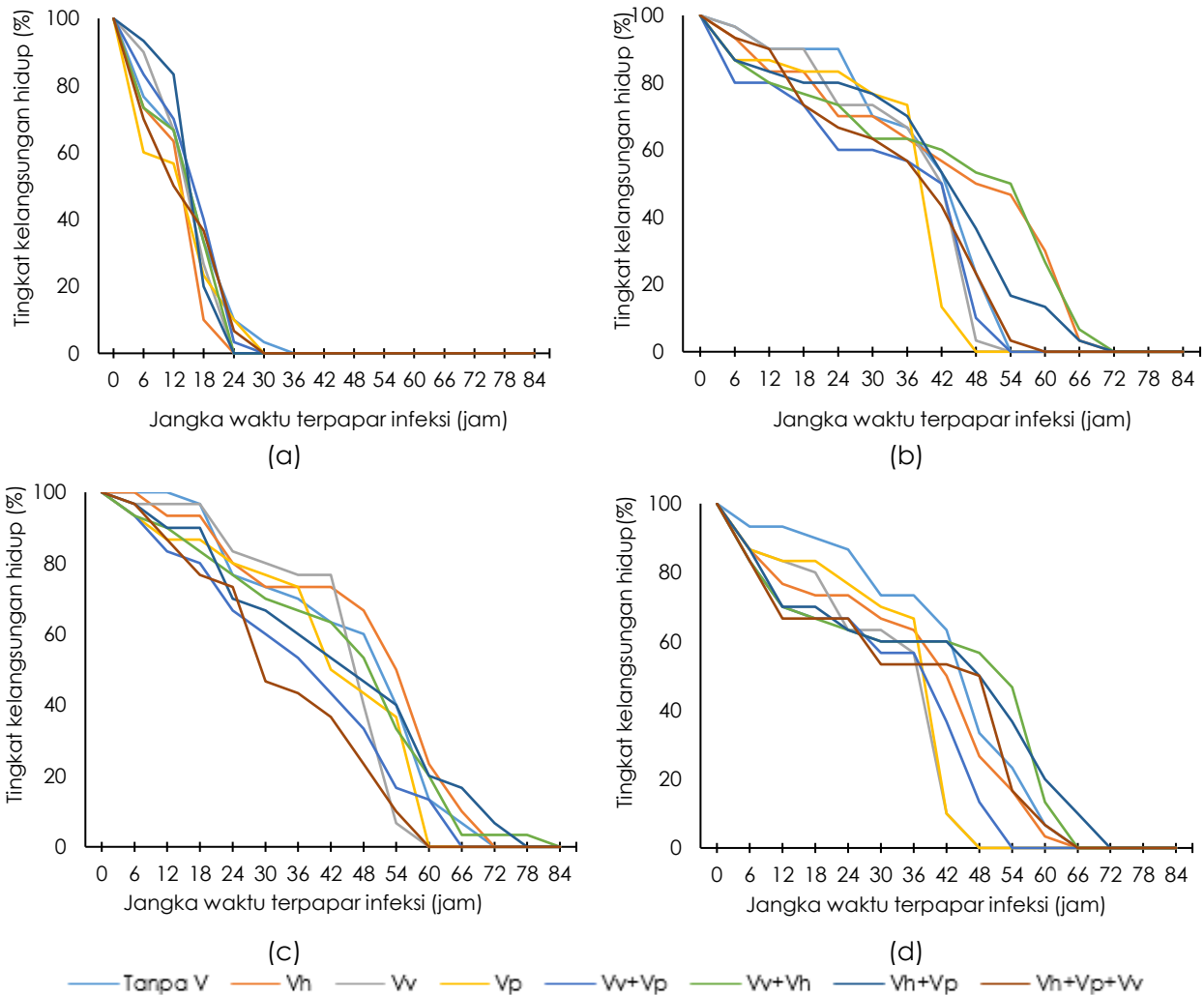
Grafik dibuat menggunakan aplikasi Excel 2013, sedangkan analisis data menggunakan SPSS versi 25 dengan pendekatan non-parametrik. Uji Kruskal Wallis dilakukan untuk mengetahui perbedaan tingkat kelangsungan hidup Artemia antar kelompok sebagai efek dari pemberian *Spirulina* sp. dan infeksi *Vibrio* spp. Selanjutnya untuk mengetahui pasangan antar kelompok yang memiliki perbedaan signifikan dilakukan uji U Mann-Whitney dengan tingkat signifikansi 0,05.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian bubuk *Spirulina* sp. dengan konsentrasi yang berbeda pada media bioenkapsulasi Artemia menghasilkan tingkat respon imunitas yang berbeda saat terinfeksi oleh *Vibrio* spp.. Tingkat

respon imunitas terlihat dari profil tingkat kelangsungan hidup setelah beberapa jam terinfeksi seperti terlihat pada Gambar 1.

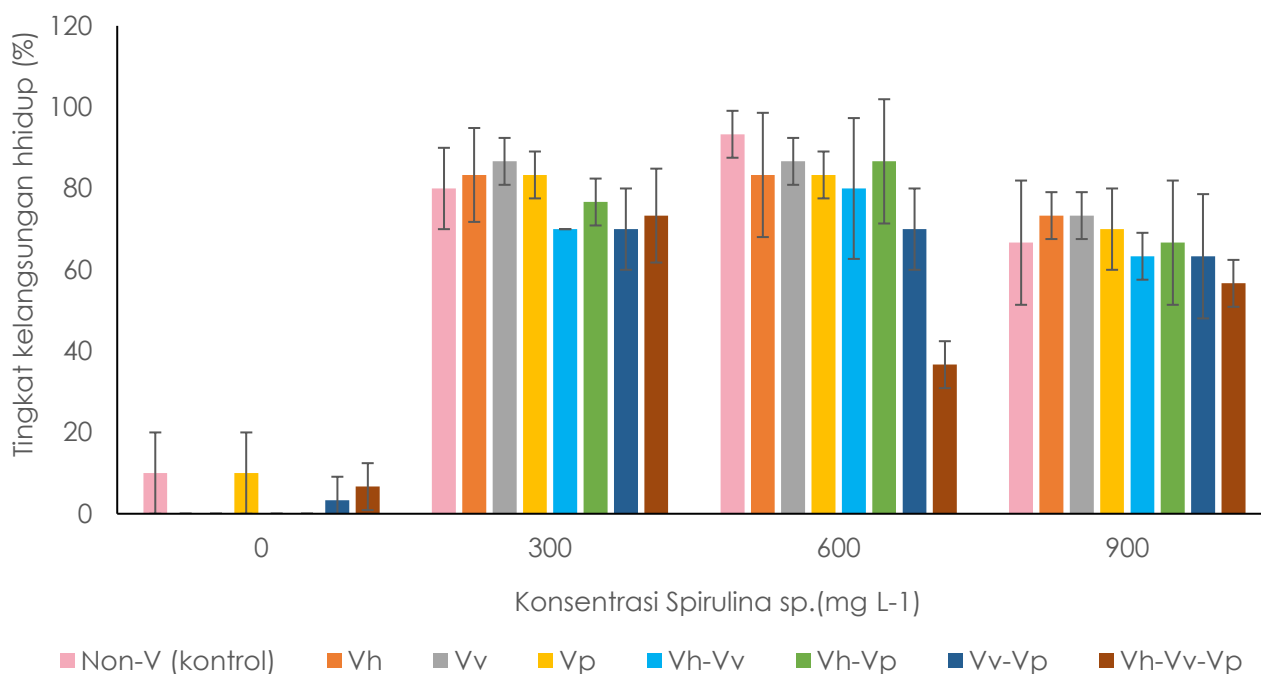
Naupli Artemia pada perlakuan kontrol (non-enkapsulasi) hanya mampu bertahan hidup selama 24-36 jam, sedangkan yang diberi perlakuan enkapsulasi mampu bertahan hidup lebih lama. Bioenkapsulasi dengan *Spirulina* sp. 300 mg/L mampu meningkatkan lama hidup menjadi 48-72 jam, 600 mg/L menjadi 60-84 jam, dan 900 mg/L menjadi 48-72 jam (Gambar 1). Selanjutnya, hasil analisis tingkat kelangsungan hidup Artemia pada saat 24 jam setelah infeksi *Vibrio* spp. digunakan untuk menentukan efek bioenkapsulasi terhadap peningkatan resistensi melawan *Vibrio* spp. Hasil analisis Kruskal Wallis menunjukkan bahwa hanya konsentrasi *Spirulina* sp. yang berpengaruh signifikan ( $p=0,000$ ) terhadap tingkat kelangsungan hidup naupli Artemia, sedangkan jenis *Vibrio* spp. tidak berpengaruh ( $p=0,322$ ). Hal ini menunjukkan bahwa Artemia hasil bioenkapsulasi memiliki resistensi yang tinggi terhadap infeksi *Vibrio* spp., sehingga tingkat kelangsungan hidupnya tidak berbeda nyata dengan kelompok yang tidak terinfeksi pada perlakuan konsentrasi yang sama (Gambar 2).



**Gambar 1.** Persentase (%) tingkat kelangsungan hidup Artemia setelah diinfeksi *Vibrio* spp. sebagai respon bioenkapsulasi dengan *Spirulina* sp. berbagai konsentrasi (mg/L): (a) 0, (b) 300, (c) 600, (d) 900 (Keterangan: V = *Vibrio*, Vh = *V. harveyi*, Vv = *V. vulnificus*, Vp = *V. parahaemolyticus*)

Perbedaan pengaruh bioenkapsulasi antar kelompok konsentrasi yang diuji coba dapat dilihat berdasarkan hasil analisis uji U Mann-Whitney dalam Tabel 1. Semua kelompok konsentrasi *Spirulina* sp. berbeda secara signifikan dengan kontrol, dan hanya kelompok 300 terhadap 600 mg/L yang tidak berbeda.

Tingkat kelangsungan hidup paling rendah terjadi pada kelompok naupli *Artemia* non-bioenkapsulasi (kontrol) baik yang diinfeksi *Vibrio* spp. maupun tidak, rata-rata hanya bertahan sebesar 3,75%. Pemberian *Spirulina* sp. sebanyak 300 mg/L dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup berkisar 70-86,67% (rerata 77,92%), 600 mg/L berkisar 36,67-93,33% (rerata 77,50%), dan 900 mg/L berkisar 56,67-73,33% (rerata 66,67%). Berdasarkan hasil tersebut, konsentrasi optimumnya adalah 300 mg/L (Gambar 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara ekonomis, proses bioenkapsulasi dengan 300 mg/L *Spirulina* sp. dapat diaplikasikan untuk menghasilkan pakan hidup *Artemia* yang tinggi secara kuantitas dan kualitas, karena lebih resisten terhadap infeksi *Vibrio* spp.



**Gambar 2.** Pengaruh bioenkapsulasi dengan *Spirulina* sp. terhadap persentase (%) tingkat kelangsungan hidup *Artemia* setelah 24 jam diinfeksi *Vibrio* spp. (Keterangan: V = *Vibrio*, Vh = *V. harveyi*, Vv = *V. vulnificus*, Vp = *V. parahaemolyticus*)

**Tabel 1.** Hasil analisis uji U Mann-Whitney

Antar Kelompok Konsentrasi (mg/L)	Mean Rank	Nilai signifikansi (p)
0-300	12,50 – 36,50	0,000*
0-600	12,50 – 36,50	0,000*
0-900	12,50 – 36,50	0,000*
300-600	22,92 – 26,08	0,419
300-900	31,04 – 17,96	0,001*
600-900	30,21 – 18,79	0,004*

Keterangan: \* menunjukkan pengaruh signifikan ( $\alpha=0,05$ )

Spirulina merupakan salah satu mikroalga yang kaya nutrisi fungsional. Beberapa di antaranya adalah berbagai komponen pigmen larut air seperti fikosianin, fikoeritrin, dan allofikosianin (Sedjati *et al.*, 2012; Agustini *et al.*, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam biomassa kering terdapat protein ( $49,72 \pm 0,508\%$ ), karbohidrat ( $10,3 \pm 0,33\%$ ), kadar air ( $7,5 \pm 0,69\%$ ), lipid ( $7,2 \pm 0,11\%$ ), dan mineral ( $6,9 \pm 0,13\%$ ), total fenol ( $51,20 \pm 0,25 \mu\text{g mg/L}$ ), dan flavonoid ( $97,73 \pm 1,86 \mu\text{g mg/L}$ ). Total protein dan fikosianin ditemukan lebih tinggi dalam ekstrak air Spirulina, demikian juga tertinggi untuk aktivitas antioksidan fikosianin (Gabr *et al.*, 2020). Ketika Spirulina kering direndam dalam media air, senyawa-senyawa yang relatif polar akan terdistribusi ke dalam media bioenkapsulasi dan terserap masuk ke tubuh Artemia secara *filter feeder*.

Protein pigmen larut air yang sangat dominan dalam Spirulina dikenal sebagai fikosianin. Sebelumnya, penelitian *in vitro* telah menunjukkan bahwa fikosianin memiliki banyak aktivitas biologis seperti antioksidan dan anti-inflamasi, serta memiliki aktivitas imunomodulator dengan mekanisme kerja yang bergantung dosis. Senyawa fikosianin tidak menyebabkan toksisitas akut dan subakut dan menunjukkan kinerja imunomodulasi secara *in vivo* menggunakan biomodel hewan (tikus). Selain itu, ditemukan juga bahwa fikosianin memperkuat imunitas serta memiliki efek yang sangat kuat pada tingkat antioksidan serum (SOD/*superoxide dismutase*, katalase). Senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi sebagai suplemen penting untuk menyingkirkan berbagai penyakit akibat stres oksidatif yang diinduksi oleh penyakit (Grover *et al.*, 2021).

Peneliti lainnya, Chen *et al.* (2014) menambahkan bahwa keberadaan fikosianin dengan cepat merangsang fosforilasi molekul pensinyalan terkait inflamasi akibat infeksi patogen. Bioaktivitas senyawa fikosianin bekerja melalui mekanisme molekuler dengan cara meningkatkan kinerja imunomodulasi melalui makrofag. Makrofag adalah sel fagosit terpenting karena memiliki fungsi menghancurkan antigen.

Saat Spirulina kering terekspos dengan pelarut air, maka senyawa yang relatif polar yang terkandung di dalamnya akan terlarut dalam media bioenkapsulasi. Fikosianobilin adalah pigmen yang berpotensi dapat larut air, dan senyawa polar lainnya adalah golongan polisakarida (karbohidrat). Spirulina mengandung polisakarida sebesar 8.3 % (berat kering) yang terdiri dari ramnosa, glukosa, galaktosa, xylosa, dan mannosa (Chaiklahan *et al.*, 2013). Secara *in vitro*, polisakarida menunjukkan efek imunostimulan dengan cara meningkatkan produksi oksida nitrat (NO) dan aktivitas makrofag sel RAW246.7 berupa protein sitokin (IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ ) yang meningkatkan fagositik. Makrofag berperan sebagai pemicu respon imun bawaan dan menginduksi respon imun adaptif dalam menanggapi infeksi mikroorganisme patogen (Ricchio & Lauritano, 2020; Wu *et al.*, 2020).

Resmawati (2016) melakukan penelitian serupa, benih ikan berukuran 7,5-8,5 cm direndam dalam air steril yang diberi ekstrak air panas *Spirulina* sp. selama 3 jam. Air panas dapat mengekstraksi polisakarida. Ekstrak dengan konsentrasi 30 mg/L dapat meningkatkan konsentrasi TNF- $\alpha$  pada hari ke-7, serta total leukosit dan indeks fagositosis pada hari ke-14 setelah perendaman. Ekstrak air panas *Spirulina* terbukti mempengaruhi imun non-spesifik. Menurut Li *et al.* (2021), polisakarida yang terkandung dalam ekstrak air *Spirulina* berupa dekstran, yaitu sekelompok polisakarida yang memiliki cabang dan tersusun dari glukosa (glukan). Glukan dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan fagositik makrofag, meningkatkan produksi NO, dan meningkatkan ekspresi IL-6 mRNA, sehingga diduga memiliki aktivitas imunomodulator.

Perendaman Artemia dalam media yang diberi bubuk *Spirulina* sp. (selama 1 jam dengan konsentrasi 300, 600, dan 900 /L) dalam penelitian ini terbukti dapat meningkatkan resistensi terhadap serangan *Vibrio* spp, bahkan saat 2 atau 3 spesies *Vibrio* menginfeksi secara bersamaan. Fakta ini dapat dijadikan acuan untuk menggunakan *Spirulina* sp. sebagai bahan tambahan (suplemen) yang dapat diberikan melalui bioenkapsulasi Artemia sebagai pakan. Artemia akan mentransfer nutrisi yang dikandungnya, termasuk metabolit yang berperan dalam peningkatan imunitas ke dalam ikan/krustasea yang memakannya.

## KESIMPULAN

Konsentrasi *Spirulina* sp. berpengaruh signifikan ( $p=0,00$ ) terhadap tingkat kelangsungan hidup naupli *Artemia*, sedangkan jenis *Vibrio* spp. tidak berpengaruh ( $p=0,32$ ). Secara optimum, peningkatan resistensi *Artemia* terhadap infeksi *Vibrio* spp. dapat dilakukan dengan bioenkapsulasi menggunakan *Spirulina* sp. 300 mg/L, sehingga tercapai tingkat kelangsungan hidup sebesar 77,92%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung secara finansial oleh dana Hibah Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro melalui Sumber Dana selain APBN tahun anggaran 2021 dengan kontrak Nomor: 75/UN7.5.10. 2/PP/2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdellatif, S.A., Rahman, A.N.A., & Abdallah, F.D.M. (2018). Evaluation of Immunostimulant Activity of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) and Sage (*Salvia officinalis*) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Zagazig Veterinary Journal*, 46(1), 25-36.
- Agustini, T. W., Suzery, M., Sutrisnanto, D., Ma'ruf, W. F., & Hadiyanto. (2015). Comparative Study of Bioactive Substances Extracted from Fresh and Dried *Spirulina* sp. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 282–289. doi: 10.1016/j.proenv.2015.01.042
- Chaiklahan, R., Chirasuwan, N., Triratana, P., Loha, V., Tia, S., & Bunnag, B. (2013). Polysaccharide Extraction from *Spirulina* sp. and Its Antioxidant Capacity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 58, 73–78. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.03.046
- Cheban, L., Khudyi, O., Prusińska, M., Duda, A., Khuda, L., Wiszniewski, G., Kushniryk, O., & Kapusta, A. (2020). Survival, Proximate Composition, and Proteolytic Activity of *Artemia salina* Bioencapsulated with Different Algal Monocultures. *Archives of Polish Fisheries*, 28(4), 205–215. doi: 10.2478/aopf-2020-0025
- Chen, H.W., Yang, T.S., Chen, M.J., Chang, Y.C., Wang, E.I.C., Ho, C.L., Lai, Y.J., Yu, C.C., Chou, J.C., Chao, L.K.P., & Liao, P.C. (2014). Purification and Immunomodulating Activity of C-Phycocyanin from *Spirulina platensis* Cultured Using Power Plant Flue Gas. *Process Biochemistry*, 49(8), 1337–1344. doi: 10.1016/j.procbio.2014.05.006
- Farooqi, F.S., & Qureshi, W.U. (2018). Immunostimulants for Aquaculture Health Management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 1441-1447
- Fernández, R.G. (2001). *Artemia* Bioencapsulation I. Effect of Particle Sizes on The Filtering Behavior of *Artemia franciscana*. *Journal of Crustacean Biology*, 21(2), 435–442. doi: 10.1163/20021975-99990144
- Gabr, G.A., El-Sayed, S.M., & Hikal, M.S. (2020). Antioxidant Activities of Phycocyanin: A Bioactive Compound from *Spirulina platensis*. *Journal of Pharmaceutical Research International*, March, 73–85. doi: 10.9734/jpri/2020/v32i230407
- Grover, P., Bhatnagar, A., Kumari, N., Narayan Bhatt, A., Kumar Nishad, D., & Purkayastha, J. (2021). C-Phycocyanin A Novel Protein from *Spirulina platensis* In Vivo Toxicity, Antioxidant and Immunomodulatory Studies. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3), 1853–1859. doi: 10.1016/j.sjbs. 2020.12.037
- Guridi, A., Sevilano, E., De La Fuente, I., Mateo, E., Eraso, E., & Quindós, G. (2019). Disinfectant Activity of A Portable Ultraviolet C Equipment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4747. doi: 10.3390/ijerph16234747
- Immanuel, G. (2016). Bioencapsulation of Brine Shrimp *Artemia nauplii* with Probiotics and Their Resistance against *Vibrio* Pathogens. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 11(4), 323–330. doi: 10.3923/jfas.2016.323.330
- Istiqomah, I., Sukardi, Murwantoko, & Isnansetyo, A. (2020). Review Vibriosis Management in Indonesian Marine Fish Farming. *E3S Web of Conferences*, 147, p.01001. doi: 10.1051/e3sconf/202014701001
- Kouba, A., Hamáčková, J., Buřič, M., Polícar, T., & Kozák, P. (2011). Use of Three Forms of

- Decapsulated Artemia Cysts as Food for Juvenile Noble Crayfish (*Astacus astacus*). *Czech Journal of Animal Science*, 56(3), 114–118. doi: 10.17221/1301-cjas
- Li, J., Zhang, Y., Yang, S., Lu, Z., Li, G., Liu, J., Zhou, B., Wu, D., & Wang, L. (2021). Isolation, Purification, Characterization, and Immunomodulatory Activity Analysis of  $\alpha$ -Glucans from *Spirulina platensis*. *ACS Omega*, 6(33), 21384–21394. doi: 10.1021/acsomega.1c02175
- Meshkat-Roohani, A., Fallahi Kapoorchali, M., Abedian Kenari, A., Sayyad Borani, M., & Zorriezahra, M. J. (2020). Hematite-Biochemical and Immune Response of Caspian Brown Trout (*Salmo trutta* Caspius, Kessler, 1877) Juveniles Fed Different Levels of Spirulina (*Spirulina platensis*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(3), 1153–1174. doi: 10.22092/ijfs.2019.119703
- Muchtar, M., Sukenda, S., Nuryati, S., & Hidayatullah, D. (2019). The Use of Immunostimulant from Phycocyanin of *Spirulina platensis* to Control Motile Aeromonad Septicaemia (MAS) Disease in Common Carp *Cyprinus carpio*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(1), 101–109. doi: 10.19027/jai.18.1.101-109
- Prusińska, M., Kushniryk, O., Khudyi, O., Khuda, L., & Kolman, R. (2015). Impact of Enriching Larval Brine Shrimp (*Artemia* sp.) with A Supplement Containing Polyunsaturated Fatty Acids on Their Growth and Mortality. *Archives of Polish Fisheries*, 23(3), 149–154. doi:10.1515/aopf-2015-0017
- Ragap, H.M., Khalil, R.H., & Mutawie, H.H. (2012). Immunostimulant Effects of Dietary *Spirulina platensis* on Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(2), 26–31.
- Resmawati, M.B. (2016). Pemberian Ekstrak Air Panas *Spirulina platensis* melalui Perendaman Terhadap Total Leukosit, Indeks Fagositosis dan Konsentrasi TNF- $\alpha$  *Osphronemus gouramy*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(3), 183-190. doi: 0.20473/jbp.v18i3.2016.183-190
- Riccio, G., & Lauritano, C. (2020). Microalgae with Immunomodulatory Activities. *Marine Drugs*, 18(1): doi: 10.3390/md18010002
- Roiha, I.S., Otterlei, E., & Samuelsen, O.B. (2010). Bioencapsulation of Florfenicol in Brine Shrimp, *Artemia franciscana* Nauplii. *Journal of Bioanalysis and Biomedicine*, 2(3), 60–64. doi: 10.4172/1948-593X.1000023
- Rudtanatip, T., Boonsri, B., Praiboon, J., & Wongprasert, K. (2019). Bioencapsulation Efficacy of Sulfated Galactans in Adult *Artemia salina* for Enhancing Immunity in Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 94, 90–98. doi: 10.1016/j.fsi.2019.08.065
- Satyantini, W., Agustono, A., Arimbi, A., Sabdoningrum, E., Budi, M., & Asmi, L. (2016). Peningkatan Respon Imun Non Spesifik Ikan Gurame Pascapemberian Ekstrak Air Panas Mikroalga *Spirulina platensis*. *Jurnal Veteriner*, 17(3): 347–354. doi: 10.19087/jveteriner.2016.17.3.347
- Sedjati, S., Ambariyanto, A., Trianto, A., Supriyanti, E., Ridlo, A., Bahry, M.S., Wismayanti, G., Radjasa, O.K., & McCauley, E. (2020). Antibacterial Activities of the Extracts of Sponge-Associated Fungus *Trichoderma longibrachiatum* against Pathogenic Bacteria. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 15(2), 81-90. doi: 10.15578/squalen.v15i2.438
- Sedjati, S., Yudiati, E., & Suryono, S. (2012). Profil Pigmen Polar dan Non Polar Mikroalga Laut *Spirulina* sp. dan Potensinya sebagai Pewarna Alami. *Ilmu Kelautan*, 17, 5–8.
- Suyanto, E., Rahman, Y.S., & Murwantoko, M. (2019). Pengaruh Pakan Bioenkapsulasi *Artemia salina* dengan *Spirulina platensis* Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 7 (2), 75-81.
- Wee, S., Loong, S., Ng, N.S.R., & Cabana, F. (2021). Artemia as A Sustainably Cultured Live Feed for Ornamental Fish in Zoological Institutions with Immunostimulant Properties when Bioencapsulated with *Spirulina Arthrospira platensis*. *Jzar*, 9(2), 110–115. doi: 10.19227/jzar.v9i2.546
- Wu, X., Liu, Z., Liu, Y., Yang, Y., Shi, F., Cheong, K. L., & Teng, B. (2020). Immunostimulatory Effects of Polysaccharides from *Spirulina platensis* In Vivo and Vitro and Their Activation Mechanism on RAW246.7 Macrophages. *Marine Drugs*, 18(11), 538. doi: 10.3390/md18110538
- Yudiati, E., Sedjati, S., Azhar, N., Oktarima, W.A., & Arifin, Z. (2021). *Spirulina* Water Extract and *Lactobacillus bulgaricus* FNCC– 0041, *Streptococcus thermophilus* FNCC–0040 secretion as Immunostimulants In Gnotobiotic Artemia Challenge Tests against Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, and *V. Harveyi*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 890, 012018. doi: 10.1088/1755-1315/890/1/012018