

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

ANALISIS PERMODELAN DINAMIS KELIMPAHAN BAKTERI *Vibrio* sp. PADA BUDIDAYA UDANG VANAME, *Litopenaeus vannamei*

Heri Ariadi^{*)#} dan Tholibah Mujtahidah^{**)}

^{*)} Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Pekalongan
Jl. Sriwijaya No. 3, Kota Pekalongan, Jawa Tengah

^{**)} Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman No. 39, Kota Magelang, Jawa Tengah

(Naskah diterima: 1 November 2021; Revisi final: 27 Januari 2022; Disetujui publikasi: 27 Januari 2022)

ABSTRAK

Vibrio sp. adalah jenis bakteri patogen yang banyak ditemui pada tambak budidaya udang. Spesies bakteri ini banyak menyerang udang vaname hingga menimbulkan mortalitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi dinamika kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada tambak budidaya udang vaname, *Litopenaeus vannamei* berdasarkan analisis permodelan dinamis. Penelitian ini dilakukan pada lima petakan tambak budidaya udang vaname berukuran 2.000 m² selama 30 hari pada masa awal pemeliharaan, dengan indikator kelimpahan bakteri *Vibrio* sp., total bakteri, serta parameter kualitas air sebagai data variabel pengamatan. Data dianalisis dengan menggunakan software *Stella ver.12*. Berdasarkan hasil pengamatan, menunjukkan bahwa tingkat kelimpahan *Vibrio* sp. dipetakan tambak sebanyak $6,1 \times 10^1$ CFU/mL; dan total bakteri $1,421 \times 10^3$ CFU/mL. Kemudian untuk parameter kualitas air budidaya masih cukup baik dengan rata-rata nilai pH $8,0 \pm 0,12$; salinitas $27 \pm 0,15$ ppt; oksigen terlarut $5,85 \pm 1,17$ mg/L; suhu $28,79 \pm 0,25$ °C; TAN $1 \pm 3,35$ mg/L; bahan organik $104,28 \pm 5,43$ mg/L. Selain itu, fluktuasi *Vibrio* sp. memiliki pola yang mirip dengan total kelimpahan bakteri, tetapi dengan nilai fluktuasi yang berlawanan. Selanjutnya, dari estimasi permodelan dinamis kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. berlangsung secara dinamis dengan titik kelimpahan tertinggi sebanyak 4×10^3 CFU/mL mengikuti pengaruh dari aktivitas metabolisme dan tingkat adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Berdasarkan *causal loop model* digambarkan faktor limbah dan nutrisi adalah faktor yang memengaruhi tingkat metabolisme, serta kelimpahan bakteri di perairan. Nampaknya, tingkat kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada tambak budidaya udang vaname, *L. vannamei* yang diestimasi memiliki fluktuasi yang dinamis mengikuti pola tingkat metabolisme biologis bakteri itu sendiri, serta kondisi lingkungan sekitar, yang memungkinkan tingkat infeksi bakteri ini akan menjadi semakin oportunist seiring dengan lamanya siklus budidaya udang.

KATA KUNCI: permodelan dinamis; kelimpahan bakteri; *L. vannamei*; *Vibrio* sp.

ABSTRACT: *Dynamic modeling analysis of bacterial abundance of Vibrio sp. in Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei culture. By: Heri Ariadi and Tholibah Mujtahidah*

Vibrio sp. is a group of pathogenic bacteria commonly found in shrimp culture ponds. These bacteria could infect and cause mass mortality in cultured vaname shrimp. The purpose of this study was to estimate the abundance dynamics of *Vibrio* sp. in culture ponds of vaname shrimp (*L. vannamei*) based on dynamic modeling analysis. The measurement was conducted on five vaname shrimp ponds, each sized 2,000 m² starting from the beginning until 30 days of rearing. The measured parameters were the abundance of *Vibrio* sp., total bacterial and water quality parameters. The data were analyzed using *Stella ver.12* software. The observation revealed that the abundance of *Vibrio* sp. and total bacterial count in the ponds were 6.1×10^1 CFU/mL and 1.421×10^3 CFU/mL, respectively. The variations of water quality parameters were considered good with the average pH value of 8.0 ± 0.12 , salinity of 27 ± 0.15 ppt, dissolved oxygen of 5.85 ± 1.17 mg/L, temperature of 28.79 ± 0.25 °C, TAN of 1 ± 3.35 mg/L, and organic matter of 104.28 ± 5.43 mg/L. As expected, *Vibrio* sp. fluctuations were diametrically opposed to the total bacterial abundance.

Korespondensi: Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Pekalongan.
Jl. Sriwijaya No. 3, Kota Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia
E-mail: ander.kjavi11@gmail.com

Based on the performed dynamic modeling, the *Vibrio* sp. abundance occurs dynamically with the highest abundance of 4×10^3 CFU/mL following the influence of metabolic activity and the level of adaptation to environmental conditions. Based on the causal loop model, waste, and nutrient factors are considered factors that affect the metabolic rate and abundance of bacteria in the waters. Therefore, this study reconfirms that the abundance of *Vibrio* sp. in vaname shrimp (*L. vannamei*) culture ponds is strongly influenced by the dynamic fluctuation patterns of the biological metabolic rate of bacteria itself and environmental conditions, which allows the infection level of these bacteria to become more opportunistic as the length of shrimp culture period increases.

KEYWORDS: dynamic modeling; bacteria abundance: *L. vannamei*; *Vibrio* sp.

PENDAHULUAN

Budidaya udang vaname, *L. vannamei* telah berkembang secara pesat di beberapa negara Asia Tenggara (Lukwambe *et al.*, 2019). Budidaya udang vaname mayoritas dilakukan secara intensif dengan tingkat padat tebar yang sangat tinggi (Ray *et al.*, 2011; Ariadi *et al.*, 2020). Kegiatan budidaya intensif yang berlangsung secara masif ini akan memberikan dampak berupa akumulasi limbah pada ekosistem budidaya udang tersebut (Cheong *et al.*, 2020). Limbah akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah input budidaya yang diberikan (Wafi *et al.*, 2021). Akumulasi limbah yang ada di tambak, akan menimbulkan berbagai permasalahan, di antaranya adalah menurunnya konsentrasi oksigen terlarut, serta meningkatnya kelimpahan bakteri patogen (Wafi *et al.*, 2020). Salah satu jenis bakteri patogen yang sering ditemui pada kegiatan budidaya udang vaname adalah jenis bakteri *Vibrio* sp. (Ariadi, 2020; Ayiku *et al.*, 2020). Bakteri *Vibrio* sp. diidentifikasi adalah jenis *strain* bakteri yang dapat memicu timbulnya penyakit *early mortality syndrome* (EMS) dan *acute hepatopancreatic necrotic disease* (AHPND) pada udang vaname (Culot *et al.*, 2021). Bakteri *Vibrio* sp. muncul karena kondisi lingkungan budidaya yang buruk, serta beban limbah budidaya yang menumpuk.

Kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada ekosistem budidaya udang berfluktuasi secara dinamis mengikuti dinamika kenaikan salinitas dan suhu perairan (Reboucas *et al.*, 2011). Analisis permodelan dinamis adalah suatu metode analisis untuk menguji dan memprediksi suatu skenario model yang dirancang secara matematis (Andhika, 2019). Analisis model dinamis ini dapat digunakan untuk memprediksi stok barang, estimasi pendapatan, dampak lingkungan, dan kebijakan (Cao *et al.*, 2021), sehingga, perubahan faktor yang dipengaruhi oleh beberapa variabel terkait yang dapat digambarkan dalam *causal loop model* (Purnomo *et al.*, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi dinamika kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada tambak budidaya udang vaname (*L. vannamei*) berdasarkan analisis permodelan dinamis.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan konsep penelitian desain kausal *ex-rose facto* pada tambak budidaya udang vaname (*L. vannamei*) Desa Cibungur, Kabupaten Pandeglang, Banten dengan menggunakan lima petakan ukuran 2.000 m² dan padat tebar 110 ekor/m² pada bulan Mei-September 2018. Adapun parameter yang diamati adalah indikator kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dan total bakteri, serta kualitas air yang meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, salinitas, bahan organik, dan *total amonium nitrogen* (TAN). Semua parameter dilakukan pengukuran setiap tujuh hari sekali selama 30 hari pada masa awal budidaya di lima petak tambak operasional budidaya udang pada pukul 10.00 WIB.

Pengukuran pH air menggunakan pH meter (EcoTestr pH 2 Eutech), sedangkan oksigen terlarut dan suhu diukur dengan menggunakan DO meter (YSI550i). Salinitas air tambak diukur menggunakan refraktometer (ATAGO Master series). Parameter bahan organik dianalisis dengan metode titrimetri, kadar *total amonium nitrogen* (TAN) menggunakan metode *spectrofotometry* yang mengacu pada metode APHA (1980).

Pengamatan kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dilakukan secara konvensional menggunakan metode *plating* pada media *thiosulfate citrate bile sucrose* (TCBS) yang kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Hal yang sama juga dilakukan untuk pengamatan kelimpahan total bakteri menggunakan media *tryptic soy agar* (TSA) kemudian diinkubasi pada inkubator selama 18-24 jam dengan suhu 37°C. Data kualitas air dan kelimpahan bakteri yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dianalisis menggunakan metode analisis permodelan dinamis dengan menggunakan software *Stella ver.12*.

HASIL DAN BAHASAN

Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp. dan Total Bakteri pada Tambak Budidaya Udang Vaname

Jumlah kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dan total bakteri selama penelitian ditampilkan dalam grafik data

time series (Gambar 1). Berdasarkan tampilan grafik, kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. di tambak memiliki kecenderungan fluktuasi yang hampir sama dengan kelimpahan total bakteri. Hal tersebut disebabkan karena kelimpahan bakteri secara umum di perairan dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik yang tinggi (Herbeck *et al.*, 2013). Selain juga adanya dinamika parameter kualitas air lainnya (Ariadi *et al.*, 2021). Apabila dicermati, maka terdapat perbedaan laju fluktuasi antara kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dengan total bakteri di perairan. Laju penurunan atau peningkatan kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. berlangsung secara tajam dan kondisi sebaliknya terjadi pada fluktuasi jumlah total bakteri. Hubungan tersebut terjadi karena adanya kompetisi pemanfaatan nutrisi oleh setiap jenis bakteri dalam suatu komunitas yang berlangsung secara dinamis (Kuzyakov & Xu, 2013). Kompetisi pemanfaatan unsur nutrisi ini akan memengaruhi tingkat keragaman bakteri, serta keseimbangan ekosistem perairan (Bauer *et al.*, 2018). Pada kompetisi pemanfaatan nutrisi oleh mikroorganisme perairan, maka oksigen terlarut dan suhu adalah dua faktor kunci yang memengaruhi tingkat laju pemanfaatannya (Ariadi *et al.*, 2021).

Kualitas Air pada Tambak Budidaya Udang Vaname

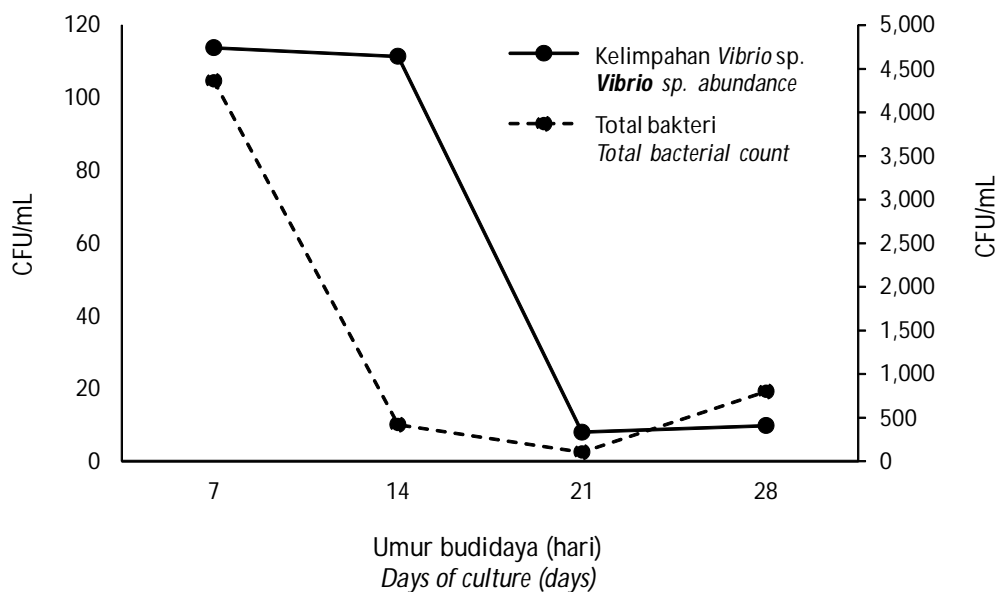
Kualitas air adalah parameter alamiah penting dalam kegiatan operasional budidaya udang vaname (Madusari *et al.*, 2022). Nilai parameter kualitas air selama periode penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai parameter kualitas air selama 30 hari masa awal budidaya udang vaname rata-rata masih cukup baik atau sesuai dengan baku mutu kualitas air yang diperuntukan bagi kegiatan budidaya udang vaname, menurut Edhy *et al.* (2010). Parameter kualitas air pada tambak bersifat sangat krusial bagi kehidupan udang dan organisme lain yang ada di ekosistem perairan tambak tersebut (Ariadi, 2020).

Dari berbagai parameter yang ada, hanya parameter bahan organik dan *total ammonia nitrogen* (TAN) yang nilainya berada di atas ambang batas baku mutu kualitas air. Kelimpahan bahan organik yang tinggi akan memengaruhi tingkat konsumsi oksigen yang berlebihan pada ekosistem perairan (Ariadi *et al.*, 2021). Tingginya bahan organik di tambak budidaya berasal dari limbah sisa pakan dan *feces* yang nantinya akan menyebabkan kenaikan konsentrasi nutrisi di perairan (Herbeck *et al.*, 2013).

Analisis Permodelan Dinamis

Gambaran untuk tampilan *causal loop model*, secara deskriptif tertera pada (Gambar 2). Pada gambar tersebut dideskripsikan keberadaan komunitas bakteri pada ekosistem perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti keberadaan limbah bahan organik, nutrisi, dan faktor adaptasi lingkungan. Nutrien atau unsur hara adalah faktor kunci yang menentukan struktur komunitas mikroorganisme pada lingkungan perairan (Yang *et al.*, 2017). Bakteri juga akan melakukan penyesuaian lingkungan sebagai bentuk adaptasi fisiologis terhadap kondisi lingkungan.



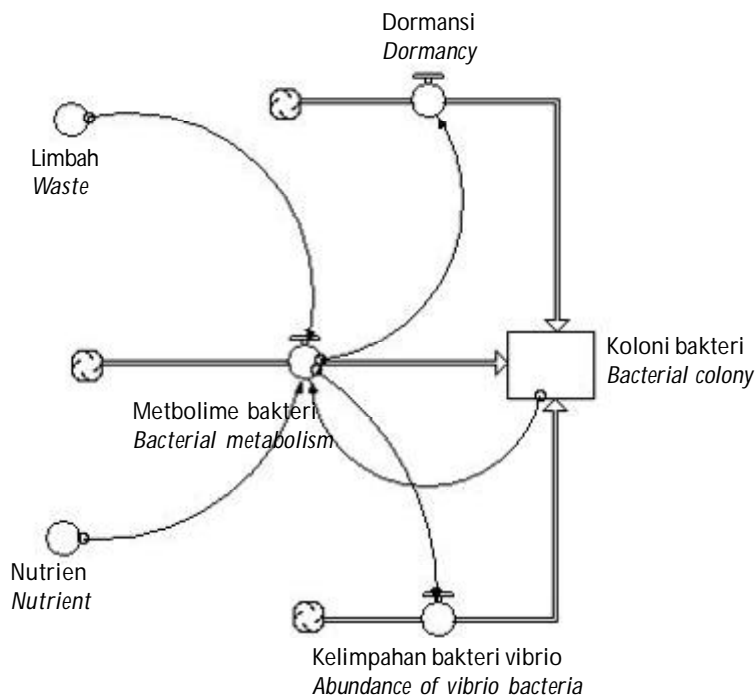
Gambar 1. Hubungan antara kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dengan total bakteri berdasarkan laju fluktuasi selama pengamatan.

Figure 1. The relationship between the abundance of *Vibrio* sp. with the total bacterial count based on the rate of fluctuation during the observation period.

Tabel 1. Nilai rata-rata kualitas air pada lima petakan tambak budidaya udang vaname (*L. vannamei*) selama pengamatan

Table 1. The average values of water quality parameters in five ponds of Pacific white shrimp (*L. vannamei*) during the observation period

| Umur (hari) Day of culture (days) | pH | Salinitas (ppt) Salinity (ppt) | Oksigen terlarut (mg/L) Dissolved oxygen (mg/L) | Suhu (°C) Temperature (°C) | Bahan organik (mg/L) Organic matter (mg/L) | Total ammonia nitrogen (TAN) (mg/L) | Kelimpahan <i>Vibrio</i> sp. abundance (CFU/mL) <i>Vibrio</i> sp. abundance (CFU/mL) | Kelimpahan bakteri Total bacteria abundance (CFU/mL) Total bacteria abundance (CFU/mL) |
|--------------------------------------|------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|
| 7 | 8.0 ± 0.12 | 27 ± 0.15 | 6.06 ± 0.17 | 28.40 ± 0.25 | 88.99 ± 5.43 | 2.150 ± 3.33 | 114 ± 0.20 | 4,360 ± 0.11 |
| 14 | 8.1 ± 1.13 | 28 ± 0.17 | 5.54 ± 0.17 | 28.58 ± 0.22 | 110.47 ± 5.40 | 0.053 ± 3.35 | 111 ± 0.25 | 420 ± 0.26 |
| 21 | 7.9 ± 0.14 | 28 ± 0.13 | 5.48 ± 0.15 | 29.36 ± 0.28 | 107.19 ± 5.47 | 1.728 ± 3.37 | 8 ± 0.20 | 104 ± 0.21 |
| 28 | 7.9 ± 0.11 | 26 ± 0.15 | 6.32 ± 0.19 | 28.82 ± 0.25 | 110.47 ± 5.43 | 0.067 ± 3.35 | 10 ± 0.28 | 800 ± 0.18 |



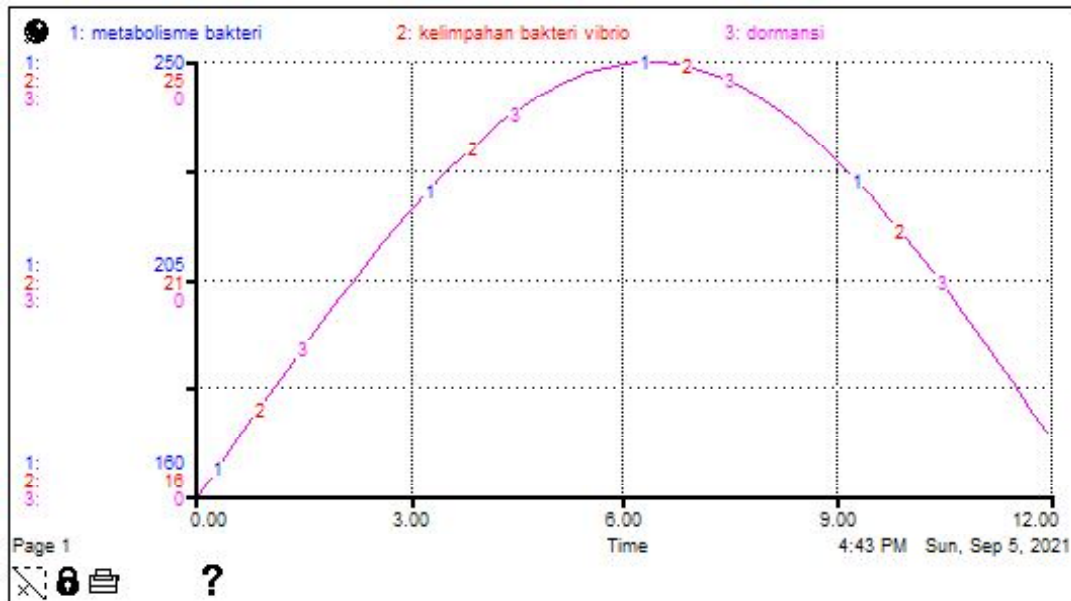
Gambar 2. Analisis permodelan dinamis: Causal loop model pada budidaya udang vaname *L. vannamei*.

Figure 2. Dynamic modeling analysis: Causal loop model on Pacific white shrimp *L. vannamei* culture.

Berdasarkan model *causal loop* yang telah dibuat maka selanjutnya dilakukan analisis pada variabel yang dikehendaki. Berdasarkan grafik hasil analisis sistem permodelan dinamis yang ditunjukkan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa setiap kenaikan level metabolisme bakteri akan berpengaruh terhadap kenaikan kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada ekosistem perairan, serta diikuti oleh penurunan kelimpahan bakteri yang stabil. Tingkat metabolisme bakteri secara fungsional akan memengaruhi karakter pertumbuhan komunitas bakteri pada suatu situs ekologi (Dong *et al.*, 2019). Peningkatan suhu dan unsur hara di perairan juga menjadi faktor kunci

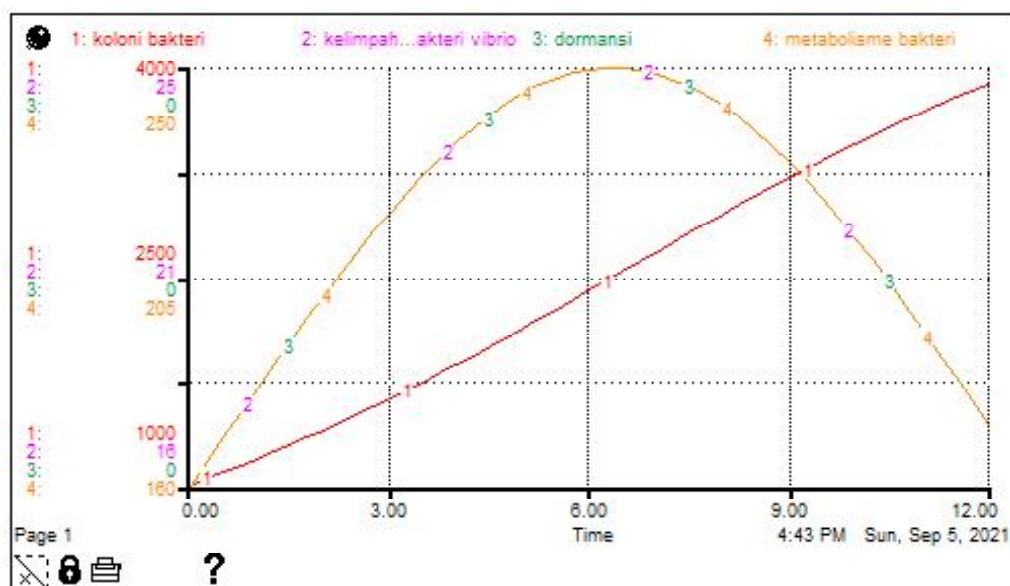
terhadap peningkatan laju metabolisme pada mikroorganisme akuatik (Martini, 2017).

Sistem budidaya udang intensif yang penuh akan input budidaya akan memiliki korelasi terhadap keanekaragaman jenis bakteri yang ada di perairan. Kondisi tersebut tergambarkan pada Gambar 4 yaitu gradien jumlah koloni bakteri yang terlihat akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur budidaya. Kondisi lingkungan perairan memiliki kontribusi dinamis terhadap keberadaan komunitas bakteri yang ada (Alfiansyah *et al.*, 2020). Jumlah koloni bakteri terus mengalami peningkatan selama 12 minggu masa estimasi budidaya udang (sumbu x)



Gambar 3. Hasil analisis sistem permodelan dinamis antara level metabolisme, kelimpahan bakteri, dan kemampuan adaptasi bakteri pada budidaya udang vaname *L. vannamei*.

Figure 3. Result of dynamic modeling analysis between metabolic level, bacterial abundance, and the adaptation ability of bacteria in Pacific white shrimp *L. vannamei* ponds.



Gambar 4. Korelasi kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dengan jumlah total bakteri dan tingkat metabolisme bakteri.

Figure 4. Correlation between *Vibrio* sp. abundance and the total of bacteria and bacterial metabolic rate.

dengan titik puncak kelimpahan tertinggi mencapai 4.000 CFU/mL (sumbu y) (Gambar 4). Pada siklus perkembangan biologisnya, bakteri dapat berkembang pesat karena adanya sistem polarisasi sel melalui mekanisme *quorum sensing* (Badiyan *et al.*, 2018).

Peningkatan kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. disebabkan oleh beban limbah budidaya di tambak

secara akumulasi yang terus semakin meningkat (Ariadi *et al.*, 2019). Indikator beban limbah di tambak dapat dilihat secara representatif dari nilai bahan organik perairan. Pada kondisi yang lain, tingkat adaptasi fisiologis mikroorganisme lainnya yang rendah juga semakin mendukung keberadaan komunitas bakteri *Vibrio* sp. untuk eksis. Bakteri *Vibrio*

sp. akan semakin toksik apabila terjadi guncangan parameter kualitas air budidaya (Nitimulyo *et al.*, 2005). Keberadaan bakteri *Vibrio* sp. yang melimpah juga ditandai dengan semakin meningkatnya tingkat deplesi oksigen di perairan tambak (Ariadi *et al.*, 2019). Hal itu terjadi karena adanya kompetisi penggunaan oksigen terlarut oleh setiap mikroorganisme akuatik. Kelarutan oksigen pada ekosistem perairan tambak akan terus berfluktuasi secara dinamis. Tingkat fluktuasi oksigen disebabkan oleh berbagai faktor, seperti adanya kegiatan panen parsial, bertambahnya biomassa udang, meningkatnya limbah budidaya, dan adanya perubahan cuaca yang ekstrem (Wafi *et al.*, 2021).

Koloni bakteri akan terpolarisasi berdasarkan kondisi karakter biokimia lingkungan hidupnya (Badieyan *et al.*, 2018). Kondisi ini juga yang akan menentukan seberapa kuat tingkat patogenitas bakteri dalam menginfeksi sel inang (Cheong *et al.*, 2020). Tingkat patogenitas infeksi bakteri *Vibrio* sp. pada sel inang target disebabkan karena bakteri *Vibrio* sp. mampu menyintesis tiga jenis enzim eksotoksin yang memiliki kemampuan berbeda-beda (Kurniawan *et al.*, 2014). Komunitas bakteri *Vibrio* sp. pada ekosistem perairan tambak akan turun apabila jumlah koloni dari komunitas bakteri kompetitor memiliki rasio yang lebih dominan.

Secara keseluruhan, kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada tambak budidaya berfluktuasi secara dinamis mengikuti kecenderungan fluktuasi kelimpahan total bakteri dan ketersediaan unsur hara yang berasal dari limbah organik budidaya. Dinamika fluktuasi kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. di perairan memiliki korelasi terhadap kondisi kualitas air dan siklus biogeokimia (Kopprio *et al.*, 2017). Pada ekosistem perairan tambak, berdasarkan analisis permodelan dinamis juga terjadi kompetisi pemanfaatan nutrisi dan oksigen oleh *Vibrio* sp. dengan komunitas bakteri lainnya. Secara alamiah mobilisasi nutrisi pada ekosistem perairan memiliki korelasi yang kuat terhadap keberadaan dominansi suatu komunitas mikroorganisme tertentu (Rashid *et al.*, 2016).

Jumlah koloni *Vibrio* sp. akan melimpah jika kondisi lingkungan perairan mendukung, serta dominansi dari jenis bakteri lainnya yang sangat minim. Dengan demikian, kondisi tersebut akan berkontribusi terhadap pemanfaatan unsur hara dan struktur *bioavailability* nutrisi di tambak (Rashid *et al.*, 2016). Bakteri *Vibrio* sp. pada kegiatan budidaya udang intensif akan terus bertambah disebabkan oleh keberadaan akumulasi bahan organik yang tinggi, serta kadar salinitas yang jenuh. Bahan organik memiliki pengaruh statis terhadap biodiversitas dan struktur komunitas bakteri pada ekosistem perairan (Cui *et al.*, 2021).

Bahan organik yang meningkat seiring dengan bertambahnya input pakan akan membuat struktur komunitas mikroorganisme di perairan tambak menjadi semakin beragam (Ariadi *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Durasi siklus budidaya udang vaname yang panjang akan membuat keberadaan limbah organik menjadi semakin menumpuk dan membuat keberadaan komunitas bakteri *Vibrio* sp. tumbuh dengan baik. Berdasarkan hasil analisis *causal loop* model menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. diestimasi memiliki fluktuasi yang dinamis mengikuti pola tingkat metabolisme biologis, serta faktor adaptasi fisiologis dari bakteri itu sendiri terhadap kondisi lingkungan sekitar. Kondisi ini membuat tingkat infeksi bakteri *Vibrio* sp. pada ekosistem tambak udang vaname menjadi akan semakin oportunistik seiring dengan lamanya masa siklus budidaya udang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan penulis kepada Dr. Ir. I Gede Raka Adyana, M.Sc. atas bantuannya dalam mengajarkan ilmu analisis permodelan.

DAFTAR ACUAN

- Alfiansyah, Y.R., Peters, S., Harder, J., Hassenruck, C., & Gardes, A. (2020). Structure and co-occurrence patterns of bacterial communities associated with white faeces disease outbreaks in Pacific white-leg shrimp *Penaeus vannamei* aquaculture. *Scientific Reports*, 10, 11980.
- American Public Health Association [APHA]. (1980). American Public Health Association Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 15th ed. APHA/AWWA-WPCT, Washington DC, USA, 1134 pp.
- Andhika, L.R. (2019). Model sistem dinamis: Simulasi formulasi kebijakan publik. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 10(1), 73-86.
- Ariadi, H., Fadjar, M., Mahmudi, M., & Supriatna. (2019). The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 12(6), 2103-2116.
- Ariadi, H. (2020). Oksigen terlarut dan siklus ilmiah pada tambak intensif. Bogor: Guepedia.
- Ariadi, H., Wafi, A., & Madusari, B.D. (2021). Dinamika oksigen terlarut: Studi kasus pada budidaya udang. Indramayu: Penerbit ADAB.

- Ariadi, H., Wafi, A., Musa, M., & Supriatna. (2021). Keterkaitan hubungan parameter kualitas air pada budidaya intensif udang putih (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 18-27.
- Ariadi, H., Wafi, A., Supriatna., & Musa, M. (2021). Tingkat difusi oksigen selama periode *blind feeding* budidaya intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Rekayasa*, 14(2), 152-158.
- Ayiku, S., Shen, J., Tan, B., Dong, X., & Liu, H. (2020). Effects of dietary yeast culture on shrimp growth, immune response, intestinal health and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Fish and Shellfish Immunology*, 102, 286-295.
- Badieyan, S., Dilmaghani-Marand, A., Hajipour, M.J., Ameri, A., Razzaghi, M.R., Rafii-Tabar, H., Mahmoudi, M., & Sasanpour, P. (2018). Detection and discrimination of bacterial colonies with mueller matrix imaging. *Scientific Reports*, 8, 10815. DOI: 10.1038/s41598-018-29059-5.
- Bauer, M.A., Kainz, K., Carmona-Gutierrez, D., & Madeo, F. (2018). Microbial wars: Competition in ecological niches and within the microbiome. *Microbial Cell*, 5(5), 215-219.
- Cao, H., Wang, D., Zhu, Y., & Chen, X. (2021). Dynamic modeling and abnormal contact analysis of rolling ball bearings with double half-inner rings. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 147, 107075.
- Cheong, J.Y., Muskhazli, M., Azwady, A.A.N., Ahmad, S.A., & Adli, A.A. (2020). Three dimensional optimisation for the enhancement of astaxanthin recovery from shrimp shell wastes by *Aeromonas hydrophila*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101649.
- Cui, J., Yuan, X., Zhang, Q., Zhou, J., Lin, K., Xu, J., & Chen, Y. (2021). Nutrient availability is a dominant predictor of soil bacterial and fungal community composition after nitrogen addition in subtropical acidic forests. *PLoS ONE*, 16(2), e0246263.
- Culot, A., Grosset, N., Bruy, Q., Auzou, M., Giard, J-C., Favard, B., Wakatsuki, A.,, & Gautier, M. (2021). Isolation of *Harveyi clade Vibrio* spp. collected in aquaculture farms: How can the identification issue be addressed?. *Journal of Microbiological Methods*, 180, 106106.
- Dong, X., Greening, C., Rattray, J.E., Chakraborty, A., Chuvochina, M., Mayumi, D., & Hubert, C.R.J. (2019). Metabolic potential of uncultured bacteria and archaea associated with petroleum seepage in deep-sea sediments. *Nature Communications*, p. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09747-0>.
- Edhy, W.A., Azhary, K., Pribadi, J., & Chaerudin, M. (2010). Budidaya udang putih (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). Jakarta: CV. Mulia Indah.
- Herbeck, L.S., Unger, D., Wu, Y., & Jennerjahn, T.C. (2013). Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research*, 57, 92-104.
- Kopprio, G.A., Streitenberger, M.E., Okuno, K., Baldini, M., Biancalana, F., Fricke, & Lara, R.J. (2017). Biogeochemical and hydrological drivers of the dynamics of *Vibrio* species in two Patagonian estuaries. *Science of the Total Environment*, 579, 646-656.
- Kurniawan, K., Tompo, A., & Kadriah, I.A.K. (2014). Uji patogenitas dan gambaran histologi hepatopankreas infeksi bakteri *Vibrio* patogen secara penyuntikan. *Seminar Nasional Tahunan XI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*, hlm. 417-424.
- Kuzyakov, Y. & Xu, X. (2013). Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. *New Phytologist*, 198, 656-669.
- Lukwambe, B., Nicholaus, R., Zhang, D., Yang, W., Zhu, J., & Zheng, Z. (2019). Successional changes of microalgae community in response to commercial probiotics in the intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) culture systems. *Aquaculture*, 511, 734257.
- Martini, N.N.D. (2017). Pengaruh perbedaan sistem budidaya terhadap laju pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal IKA*, 15(1), 1-20.
- Madusari, B.D., Ariadi, H., & Mardhiyana D. (2022). Effect of the feeding rate practice on the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation activities. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 15(1), 473-479.
- Nitimulyo, K.H., Isnansetyo, A., Triyanto., Istiqomah, I., & Murdjani, M. (2005). Isolasi, identifikasi dan karakterisasi *Vibrio* spp. patogen penyebab vibriosis pada kerapu di Balai Budidaya Air Payau Situbondo. *Jurnal Perikanan*, 7(2), 80-94.
- Purnomo, B.H., Izza, A., & Novijanto, N. (2020). Model sistem dinamis perencanaan bahan baku pada produk veneer di PT. XYZ. *Agrointek Volume*, 14(1), 75-87.

- Rashid, M.I., Mujawar, L.H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I.M.I., & Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183, 26-41.
- Ray, A.J., Dillon, K.S., & Lotz, J.M. (2011). Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45, 127-136.
- Reboucas, R.H., De Sousa, O.A., Lima, A.S., Vasconcelos, F.R., De Carvalho, P.B., & Dos Fernandes Vieira, R.H.S. (2011). Antimicrobial resistance profile of *Vibrio* species isolated from marine shrimp farming environments (*Litopenaeus vannamei*) at Ceará, Brazil. *Environmental Research*, 111, 21-24.
- Wafi, A., Ariadi, H., Muqsith, A., Mahmudi, M., & Fadjar, M. (2020). Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* in intensive ponds based on the dynamic modeling system. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(1), 17-24.
- Wafi, A., Ariadi, H., Fadjar, M., Mahmudi, M., & Supriatna. (2020). Model Simulasi Panen Parsial Pada Pengelolaan Budidaya Intensif Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(2), 118-126.
- Wafi, A., Ariadi, H., Muqsith, A., & Madusari, B.D. (2021). Business Feasibility of Intensive Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with Non-Partial System. *ECSOFiM (Economic and Social of Fisheries and Marine Journal)*, 8(2), 253-267.
- Yang, P., Lai, D.Y.F., Jin, B., Bastviken, D., Tan, L., & Tong, C. (2017). Dynamics of dissolved nutrients in the aquaculture shrimp ponds of the Min River estuary, China: Concentrations, fluxes and environmental loads. *Science of the Total Environment*, 603-604, 256-267.