

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

## PEMANTAUAN INSIDENSI PENYAKIT PADA IKAN KERAPU DAN KAKAP DI PEMBENIHAN DAN KERAMBA JARING APUNG DI BALI UTARA

Ketut Mahardika<sup>#</sup>, Indah Mastuti, Des Roza, Dewi Syahidah,  
Wayan Widya Astuti, Suko Ismi, dan Zafran

Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan  
Jl. Br. Gondol Ds. Penyabangan Kec. Gerokgak Kab. Buleleng, Kotak Pos 140, Singaraja, Bali 81155

(Naskah diterima: 8 Mei 2019; Revisi final: 8 April 2020; Disetujui publikasi: 8 April 2020)

### ABSTRAK

Pemantauan terjadinya infeksi penyakit terhadap kegiatan budidaya ikan sangat penting untuk mengetahui keragaman dan penyebaran penyakit ikan dalam suatu populasi dan lingkungan di suatu wilayah budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab penyakit pada ikan laut yang dibenihkan di pembenihan maupun yang dibesarkan pada keramba jaring apung (KJA) di sentra budidaya ikan laut di Bali Utara. Sampel ikan diperoleh dari tiga lokasi sentra budidaya laut yang berada di Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng. Sebanyak 35 sampel ikan dikoleksi dari masing-masing tiga pembenihan di Desa Gerokgak dan tiga pembenihan di Desa Penyabangan. Pada tiga KJA di Teluk Kaping, Desa Sumberkima masing-masing dikoleksi 10 ekor ikan. Pemantauan dilakukan sekali dalam sebulan dari bulan Februari hingga November 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa insidensi infeksi parasit, bakteri, dan virus *viral nervous necrosis* (VNN) terjadi sepanjang tahun di tahun 2018 pada ikan dengan kondisi sehat maupun sakit. Pada ikan sakit yang diperoleh dari pembenihan dan KJA diindikasikan dengan gejala hitam dan borok. Sementara, jenis parasit yang dominan menginfeksi ikan laut di *hatchery* adalah *Trichodina* spp., sedangkan di KJA adalah *gill fluke* (cacing insang). Prevalensi infeksi virus VNN lebih banyak terjadi pada bulan Maret sampai bulan Juli, dan meningkat pada bulan November, sedangkan kasus infeksi iridovirus terpantau di bulan Oktober. Hasil pengamatan terhadap populasi bakteri pada organ hati ikan dengan konsentrasi tinggi ( $10^7$ - $10^8$  cfu/g) terjadi di bulan Februari, April, sampai Juli. Demikian pula pada total *Vibrio* spp. dengan konsentrasi tinggi ( $10^4$ - $10^6$  cfu/g) dan sangat tinggi ( $10^7$ - $10^9$  cfu/g) teramati di bulan Maret, April, dan Juni, mengikuti pola kecenderungan infeksi VNN. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ikan yang terserang parasit dapat pula terinfeksi oleh VNN secara bersamaan. Prevalensi infeksi virus VNN banyak terjadi di bulan Maret sampai Juli dan meningkat pada bulan November. Prevalensi infeksi virus VNN cenderung diikuti dengan pola peningkatan populasi total bakteri dan *Vibrio* spp.

**KATA KUNCI:** budidaya laut; penyakit ikan; parasit; VNN; bakteri

**ABSTRACT:** *Monitoring the incidence of marine fish diseases in hatcheries and floating net cages in North Bali coastal water. By: Ketut Mahardika, Indah Mastuti, Des Roza, Dewi Syahidah, Wayan Widya Astuti, Suko Ismi, and Zafran*

*The monitoring of disease infections in fish farming activities is critical to determine the diversity and prevent the spread of fish diseases within a fish population and the fish farming environment. This study aimed to determine the causes of disease occurrences in cultured fish both in hatcheries and floating net cages in the mariculture center of North Bali. Fish samplings were conducted in three areas within the marine aquaculture center. There were 35 fish samples collected from each of the three hatcheries in Gerokgak Village and three hatcheries in Penyabangan Village. Ten fish were collected from each of three floating net cages located in Kaping Bay, Sumberkima Village. Diseases monitoring was carried out each month from February to November 2018. The results of the study showed that parasitic, bacteria, and viral nervous necrosis (VNN) infections occurred throughout the year. Parasites and VNN viruses were detected either in healthy fish or in sick fish. Sick fish were noticeable through darkened skin and skin ulcers. The*

---

<sup>#</sup> Korespondensi: Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan. Jl. Br. Gondol Ds. Penyabangan Kec. Gerokgak Kab. Buleleng, Kotak Pos 140, Singaraja, Bali 81155, Indonesia  
Tel.: +62 362 92272  
E-mail: [kmahardika@yahoo.com](mailto:kmahardika@yahoo.com)

dominant parasite found in the hatcheries and floating net cages was *Trichodina* spp. and gill fluke (gill worm), respectively. The prevalence of VNN infection was higher from March to July and in November. Cases of iridovirus infection occurred in October. High concentrations of bacterial populations in the fish liver ( $10^7$ - $10^8$  cfu/g) were observed in February and from April to July. Similarly, the total of *Vibrio* spp. with high ( $10^4$ - $10^6$  cfu/g) and very high concentrations ( $10^7$ - $10^9$  cfu/g) were observed in March, April, and June, which followed the trend of VNN infection. These results showed that fish infected with parasites could be also infected with VNN at the same time. The prevalence of VNN infection mostly occurs from March to July and in November. The prevalence of VNN virus infections tends to be followed by an increasing pattern of total bacterial populations and *Vibrio* spp. infections.

**KEYWORDS:** mariculture; fish diseases; parasites; VNN; bacteria

## PENDAHULUAN

Akuakultur merupakan bagian dari sektor perikanan yang berkembang pesat di seluruh dunia. Sektor akuakultur menyumbangkan sekitar 44% dari total produksi ikan secara global (Assefa & Abunna, 2018). Lebih jauh dilaporkan bahwa pertumbuhan produksi akuakultur dapat dicapai walaupun menghadapi banyak kendala terutama faktor lingkungan akuakultur. Di antara kendala yang membatasi produksi adalah penyakit infeksi yang merupakan faktor terbesar sehingga menyebabkan kerugian jutaan dollar setiap tahunnya. Penyakit infeksi yang sering menimbulkan kerugian bagi pembudidaya dapat disebabkan oleh virus, bakteri, parasit, dan patogen lainnya yang belum terdiagnosa (Harikrishnan *et al.*, 2010; Bondad-Reantaso *et al.*, 2005). Penyakit ikan berkembang sebagai akibat dari interaksi antara inang, patogen, dan *stressor* eksternal seperti degradasi lingkungan akibat perubahan iklim, eutrofikasi di habitat alami dan sistem pengelolaan budidaya yang tidak baik (Toranzo *et al.*, 2005). Pertumbuhan aktivitas budidaya juga dapat berdampak pula terhadap lingkungan (Lacerda *et al.*, 2006). Penggunaan pakan buatan dan pupuk pada plankton, serta sisa bahan organik dari bak-bak pemeliharaan induk atau larva ikan merupakan sumber utama pencemaran ke perairan sekitarnya (Boyd, 2003).

Kondisi lingkungan seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, partikel tersuspensi, dan lainnya menjadi faktor penting dalam budidaya ikan. Setiap perubahan pada parameter tersebut ke arah kondisi yang tidak baik akan membuat ikan rentan terhadap penyakit (Vijayan *et al.*, 2015). Beberapa patogen seperti cacing insang dan lintah dilaporkan menyebabkan kematian massal pada ikan kerapu di Teluk Pegametan (Mahardika *et al.*, 2018a; 2018b). Selain itu, infeksi virus *viral nervous necrosis* (VNN) dan iridovirus selalu ada sepanjang tahun di pembenihan maupun di KJA (Sembiring *et al.*, 2018). VNN dilaporkan dapat menginfeksi dan menyebabkan kematian massal pada larva ikan kakap putih *Lates calcarifer* dan ikan kerapu (Zafran *et al.*, 1998; 2000). Sedangkan iridovirus dilaporkan dapat menginfeksi dan menyebabkan

kematian massal pada juvenil dan induk ikan laut budidaya (Mahardika *et al.*, 2003; Amanu *et al.*, 2016).

Hingga saat ini, usaha untuk mengembangkan kegiatan budidaya ikan laut yang lebih ramah lingkungan terus dilakukan di perairan Bali Utara. Kegiatan tersebut diharapkan mampu mendukung kegiatan budidaya yang lebih bertanggung jawab sehingga mampu meminimalisir kerusakan lingkungan perairan dan meningkatkan produktivitas di masa mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab penyakit pada budidaya ikan laut di pembenihan dan keramba jaring apung (KJA) di Bali Utara.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Pengambilan Ikan Uji

Pengambilan ikan uji dilakukan di sentra pembenihan ikan kerapu/kakap putih (*hatchery*), dan sentra pembesaran ikan kerapu/kakap putih di keramba jaring apung di Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. Tiga lokasi tersebut adalah Desa Gerokgak, Desa Penyabangan, dan Teluk Kaping, Desa Sumberkima. Pengambilan ikan uji dari pembenihan dan KJA dilakukan secara berkala setiap bulan dari bulan Februari sampai bulan November 2018.

Ikan uji berasal dari tiga pembenihan di Desa Gerokgak dan tiga pembenihan di Desa Penyabangan, serta tiga KJA di Teluk Kaping, Desa Sumberkima. Ikan kerapu/kakap putih yang dikoleksi dari pembenihan, masing-masing sebanyak 35 ekor benih dengan panjang total 1,4-12,5 cm (rata-rata  $5,63 \pm 0,51$  cm); sedangkan ikan uji dari KJA dikoleksi masing-masing sebanyak 10 ekor dengan panjang total 17-30,5 cm (rata-rata  $19,06 \pm 1,63$  cm).

### Pengamatan Performansi Ikan Uji

Pengamatan performansi ikan dilakukan terhadap gerakan ikan, warna kulit, kondisi permukaan tubuh seperti kepala, sirip, dan ekor. Selanjutnya, semua sampel ikan diukur panjang dan bobot badan.

### Pengamatan Parasit

Pengamatan parasit melalui tahapan pengerokan kulit ikan dengan *cover glass*, sedangkan pengamatan parasit pada insang dengan menggantung lamella insang. Kedua organ tersebut ditempatkan pada gelas objek dan diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 40-400x. Hasil pengamatan ada dan tidaknya infeksi parasit, serta jenis parasit pada satu populasi di tiap pembenihan dan KJA disajikan dengan tabulasi.

### Isolasi Bakteri

Total bakteri dan *Vibrio* spp. diisolasi dari organ hati, dari masing-masing pembenihan dan KJA dianalisis tiga ekor. Bakteri dikultur dalam media *tryptic soy agar* (TSA) dan *thiosulfate citrate bile salts-sucrose agar* (TCBSA), dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam. Hasil perhitungan jumlah koloni bakteri (total bakteri dibagi dalam empat kelompok populasi yaitu rendah ( $< 10^5$  cfu/g), sedang ( $10^5$ - $10^6$  cfu/g), tinggi ( $10^7$ - $10^8$  cfu/g), dan sangat tinggi ( $10^9$ - $10^{11}$  cfu/g). Sedangkan jumlah *Vibrio* spp. dibagi dalam empat kelompok populasi juga yaitu rendah ( $< 10^2$  cfu/g), sedang ( $10^2$ - $10^3$  cfu/g), tinggi ( $10^4$ - $10^6$  cfu/g), dan sangat tinggi ( $10^7$ - $10^9$  cfu/g). Perhitungan kelompok populasi tersebut mengacu pada standar Laboratorium Patologi BBRBLPP (Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan), Gondol, Bali yang telah terakreditasi (ISO/IEC 17025:2017).

### Deteksi Virus dengan PCR Konvensional

Organ target berupa mata, otak atau kepala digunakan untuk deteksi VNN, sedangkan organ limpa dan ginjal atau isi perut untuk deteksi iridovirus. Deteksi virus tersebut dikoleksi masing-masing lima benih ikan kerapu atau kakap putih dari tiap pembenihan dan KJA. Organ ikan uji di *pooling* dalam satu *microtube* untuk analisis VNN dan iridovirus. Secara ringkas, genom RNA dari virus VNN diekstraksi menggunakan trizol sesuai prosedur (Mahardika *et al.*, 2018b). Genom RNA disintesis menjadi cDNA dengan kit *reverse transcription system* (Promega). Sampel diinkubasi pada suhu 70°C selama lima menit, dilanjutkan pada suhu 42°C selama 60 menit. Reaksi dihentikan dengan pemanasan selama lima menit pada suhu 95°C. Sampel cDNA disimpan pada suhu -20°C sampai digunakan.

Deteksi virus VNN dilakukan mengikuti prosedur yang telah dilaporkan sebelumnya oleh Novriadi *et al.* (2015) menggunakan sepasang primer F2 dan R3 (Koesharyani & Novita, 2006). Dua mikroliter sampel cDNA digunakan untuk amplifikasi PCR dalam reaksi 25 mL. Siklus suhu dan waktu untuk amplifikasi PCR adalah dengan: denaturasi awal pada 95°C untuk tiga

menit, diikuti 39 siklus denaturasi pada suhu 94°C selama 45 detik, *annealing* pada 55°C selama 45 detik, dan perpanjangan pada 72°C selama satu menit, dan tahap perpanjangan terakhir pada suhu 72°C selama lima menit. Produk PCR (5  $\mu$ L) divisualisasikan pada 1,5% gel agarose dalam 1x TAE buffer yang diwarnai dengan etidium bromide, diamati dengan UV transiluminator dan didokumentasikan dengan kamera gel.

Ekstraksi dan amplifikasi gen iridovirus mengikuti prosedur yang sebelumnya telah dilaporkan oleh Sembiring *et al.* (2018) dengan modifikasi. Ekstraksi genom DNA dari iridovirus menggunakan larutan lisis buffer (IQ-2000) dengan tahapan ekstraksi mengikuti manual kit tersebut. Amplifikasi genom DNA menggunakan GoTaq<sup>®</sup> PCR Core System kit (Promega) dengan primer 1F (5'-CTCAAACACTCTGGCTCATC-3') dan 1R (5'-GCACCAACACATCTCC TATC-3'). Proses amplifikasi PCR menggunakan suhu denaturasi 94°C (30 detik), *annealing* 58°C (satu menit), ekstensi 72°C (satu menit) dengan pengulangan 30 kali. Kemudian siklus berikutnya diamplikasikan denaturasi dengan suhu 94°C (30 detik), *annealing* 58°C (satu menit), ekstensi 72°C (lima menit) dengan pengulangan satu kali, dan proses akhir pada suhu inkubasi 4°C selama lima menit. Hasil PCR elektroforesis dibaca dalam agorase gel dengan buffer 1xTAE, diamati dengan UV transiluminator dan didokumentasikan dengan kamera gel.

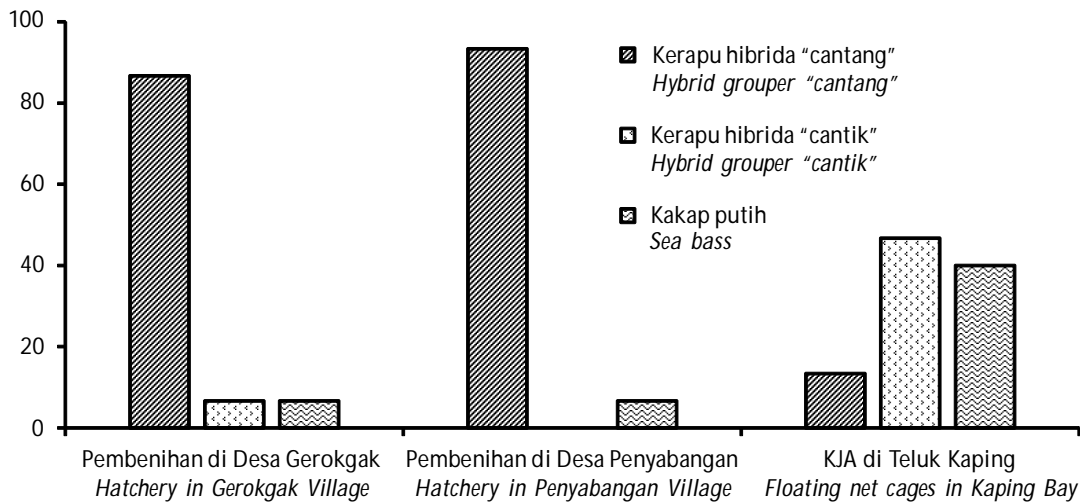
### Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik deskriptif bivariat menggunakan perangkat lunak berbasis daring yaitu "statulator<sup>beta</sup>" (<http://www.statulator.com>). Hasil analisis disajikan dalam bentuk persentase dengan rumus:

$$\% = \left\{ \frac{\text{Jumlah ikan target yang dihitung}}{\text{Jumlah total ikan yang dihitung}} \right\} \times 100$$

### HASIL DAN BAHASAN

Hasil pemantauan melalui pengambilan ikan uji yang dipelihara di pembenihan di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan menunjukkan bahwa pembenihan dan atau pendederan ikan kerapu atau kakap putih di dua desa sentra pembenihan ikan laut di Bali Utara masih beroperasi dengan baik. Hal ini ditunjukkan dari ketersediaan benih ikan di pembenihan kedua lokasi sentra budidaya tersebut. Hasil pengambilan ikan uji di pembenihan menunjukkan bahwa persentase jenis ikan yang dibenihkan dan didederkan di pembenihan lebih didominasi dari jenis ikan kerapu hibrida cantang dibandingkan dengan ikan kerapu hibrida cantik dan kakap putih (Gambar 1). Hal ini kemungkinan disebabkan karena harga jual dan permintaan dari ikan



Gambar 1. Persentase populasi jenis ikan yang di-sampling setiap bulan selama penelitian (Februari-November 2018).

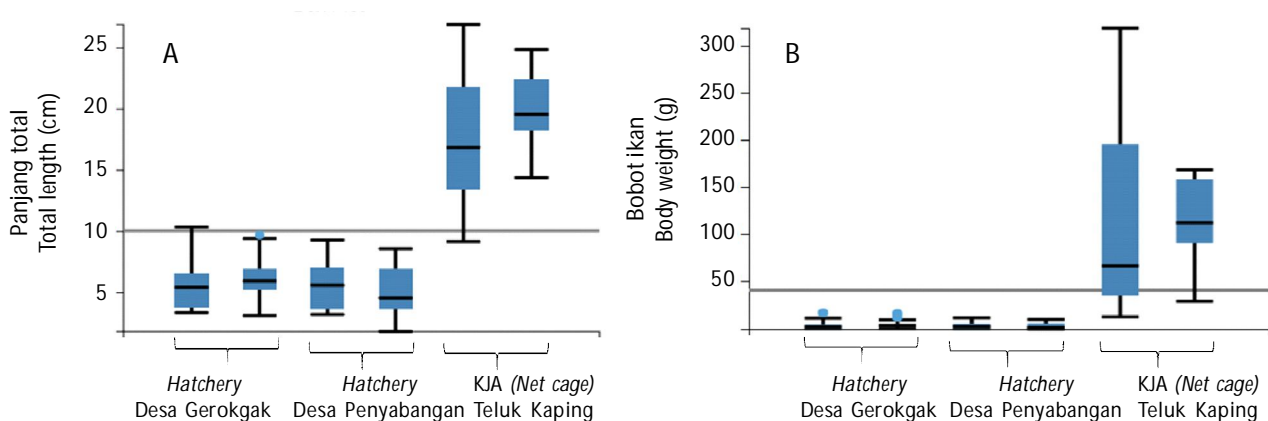
Figure 1. Percentage of population of fish species sampled each month during the research period (February-November 2018).

kerapu hibrida cantang relatif lebih tinggi. Demikian pula pembesaran ikan yang dilakukan di sentra budidaya ikan laut di Teluk Kaping, Desa Sumberkima masih didominasi oleh ikan kerapu hibrida cantang, daripada kerapu hibrida cantik dan kakap putih.

Rata-rata panjang dan bobot ikan yang dipantau setiap bulan terlihat pada Gambar 2. Panjang dan bobot benih ikan dari pembenihan masing-masing 1,4-12,5 cm (rata-rata  $5,63 \pm 0,51$  cm) dan 0,05-31,2 g (rata-rata  $3,98 \pm 0,88$  g). Sementara, panjang ikan di KJA bervariasi antara 17-30,5 cm (rata-rata  $19,06 \pm 1,63$  cm), sedangkan bobot ikan berkisar 27,2-471,7 g (rata-rata  $126,76 \pm 32,23$  g).

Hasil pengamatan terhadap ikan selama bulan Februari sampai November 2018 menunjukkan bahwa kondisi kesehatan ikan kerapu hibrida dan kakap putih terdapat dalam kondisi sehat dan sakit (Tabel 1). Kondisi kesehatan ikan yang sakit menunjukkan persentase yang tinggi di bulan Maret, Mei-Juli, dan November. Persentase total ikan yang sakit terlihat lebih kecil (30%) dibandingkan dengan persentase ikan yang sehat (70%).

Tabel 1 juga menunjukkan infeksi parasit tinggi setiap bulannya (44,44%-100%) dengan rata-rata total 67,78%. Infeksi virus VNN terjadi hampir setiap bulan dengan infeksi tinggi terjadi di bulan Mei, Juni, dan



Gambar 2. Diagram rata-rata panjang (A) dan bobot ikan (B) dari tiga lokasi budidaya ikan laut di Bali Utara.

Figure 2. Diagram of the average length (A) and weight of fish (B) from three mariculture locations in North Bali.

Tabel 1. Persentase kondisi kesehatan ikan dan populasi ikan yang terinfeksi oleh parasit, virus, dan bakteri di pembenihan dan KJA

Table 1. Percentages of fish health condition and fish population infected by parasites, viruses, and bacteria every month in both hatcheries and floating net cages

Bulan sampling Date of sampling	Kondisi ikan Fish condition (%)		Populasi sampel yang terinfeksi oleh Population samples were positive infected by (%)		
	Sehat Healthy	Sakit Sick	Parasit Parasite	VNN	Iridovirus
Februari (February)	88.89	11.11	55.56	0	0
Maret (March)	33.33	66.67	55.56	11.11	0
April	88.89	11:11	55.56	0	0
Mei (May)	55.56	44.44	55.56	66.67	0
Juni (June)	66.67	33.33	44.44	55.56	0
Juli (July)	55.56	44.44	88.89	11.11	0
Agustus (August)	88.89	11:11	66.67	11.11	0
September	88.89	11:11	77.78	11.11	0
Oktober (October)	77.78	22.22	77.78	11.11	11:11
November	55.56	44.44	100	55.56	0
Total	70	30	67.78	23:33	1:11

Bulan sampling Date of sampling	Total populasi bakteri Total bacteria populations (cfu/g)				Total <i>Vibrio</i> spp. (cfu/g)			
	Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high	Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high
	Februari (February)	0	0	77.78	22.22	55.56	44.44	0
Maret (March)	33.33	66.67	0	0	77.78	0	22.22	0
April	0	44.44	44.44	11.11	0	33.33	44.44	22.22
Mei (May)	0	0	100	0	0	100	0	0
Juni (June)	0	0	100	0	0	33.33	33.33	33.33
Juli (July)	0	0	88.89	11.11	88.89	11.11	0	0
Agustus (August)	0	66.67	0	33.33	100	0	0	0
September	0	66.67	0	33.33	100	0	0	0
Oktober (October)	88.89	11.11	0	0	55.56	44.44	0	0
November	33.33	66.67	0	0	66.67	33.33	0	0
Total	15:56	32.33	41.11	11.11	54.44	30	10	5.56

Keterangan (Note):

Populasi bakteri (*Bacteria* populations)

< 10<sup>5</sup> cfu/g = rendah (low)

10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> cfu/g = sedang (moderate)

10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> cfu/g = tinggi (high)

10<sup>9</sup>-10<sup>11</sup> cfu/g = sangat tinggi (very high)

Total *Vibrio* sp.

< 10<sup>2</sup> cfu/g = rendah (low)

10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> cfu/g = sedang (moderate)

10<sup>4</sup>-10<sup>6</sup> cfu/g = tinggi (high)

10<sup>7</sup>-10<sup>9</sup> cfu/g = sangat tinggi (very high)

November (55,56%-66,67%). Infeksi iridovirus hampir tidak terdeteksi dalam 10 bulan pengambilan ikan uji. Infeksi iridovirus terjadi di bulan Oktober pada ikan kakap putih. Populasi bakteri pada hati ikan dengan konsentrasi tinggi (10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> cfu/g) terjadi di bulan Februari, April, sampai Juli. Populasi bakteri dengan konsentrasi sangat tinggi (10<sup>9</sup>-10<sup>11</sup> cfu/g) terjadi di

bulan Februari, April, Juli, sampai September. Total *Vibrio* spp. dengan konsentrasi tinggi (10<sup>4</sup>-10<sup>6</sup> cfu/g) dan sangat tinggi (10<sup>7</sup>-10<sup>9</sup> cfu/g) terjadi di bulan Maret, April, dan Juni. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ada kecenderungan prevalensi infeksi VNN diikuti dengan peningkatan populasi total bakteri dan *Vibrio* spp. pada hati ikan. Infeksi virus VNN juga dilaporkan

pada ikan jenis *sparid* (seabream) yang terinfeksi bakteri *Vibrio* spp. (Garcia-Rosado *et al.*, 2010). Phuoc *et al.* (2008) melaporkan bahwa infeksi buatan yang dilakukan pada udang vaname terhadap *white spot syndrome virus* (WSSV) bersama dengan *V. campbellii* menghasilkan efek sinergi di mana mortalitas udang vaname lebih cepat (100% dalam empat hari) dengan kepadatan *V. campbellii* dalam *haemolymph* udang yang terinfeksi secara signifikan lebih tinggi ( $1,8 \times 10^6$  cfu/mL) dibandingkan dengan kepadatan *V. campbellii* yang disuntikkan tanpa WSSV ( $< 100$  cfu/mL).

Ikan-ikan yang sakit di pembenihan dan KJA pada umumnya menunjukkan gejala hitam dan borok atau sirip geripis/lepas. Kondisi deformiti juga teramati pada ikan-ikan yang di koleksi seperti kepala bengkok, operculum terbuka, tubuh bengkok. Abnormalitas pada organ dalam ikan juga teramati seperti limpa membesar, hati bengkok atau merah atau hati mengecil, dan adanya tumor, dan cairan atau jaringan ikat pada gelembung renang.

Selama 10 bulan pengambilan benih ikan uji di pembenihan diperoleh beberapa parasit yang menempel dan menginfeksi ikan kerapu dan kakap putih. Parasit yang selalu ada dan dominan menginfeksi ikan yang dibenihkan dan atau didederkan di pembenihan adalah *Trichodina* spp. (Tabel 2). Parasit lain seperti *Cryptocaryon irritans*, *gill fluke* (cacing insang), nematoda, *Oodinium* spp., dan hirudinea didapatkan pula pada kerokan lendir dan insang ikan, walaupun prevalensinya tidak setinggi *Trichodina* spp. *Trichodina* spp. merupakan parasit utama yang mengancam keberlangsungan usaha produksi benih di pembenihan di sentra budidaya laut di Bali Utara (Zafran *et al.*, 2019). Pada Tabel 2 juga terlihat parasit yang selalu ada setiap pengambilan sampel ikan uji dan menginfeksi ikan yang dipelihara dan dibesarkan di KJA di Teluk Kaping yaitu *gill fluke* dari golongan *Pseudorabdosynocus* spp. Diikuti dengan *Trichodina* spp., *Benedenia* spp., hirudinea, serta nematoda dan *Lepeophtheirus* spp. dengan prevalensi rendah. *Gill fluke*, hirudinea, dan *Benedenia* spp. merupakan parasit utama yang selalu ada di lingkungan budidaya ikan di perairan terbuka di Teluk Kaping, Desa Sumberkima (Zafran *et al.*, 2018).

Jika dilihat per lokasi *sampling* (Tabel 3), sampel ikan dari tiga pembenihan di Desa Gerokgak menunjukkan kondisi ikan yang sakit (26,67%) dengan infeksi parasit sebesar 73,33% lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi ikan di tiga pembenihan di Desa Penyabangan. Namun, infeksi VNN pada ikan yang dibenihkan dan didederkan di pembenihan di Desa Penyabangan lebih tinggi (36,67%) dibandingkan dengan di pembenihan di Desa Gerokgak. Kondisi ikan sakit di KJA Teluk Kaping lebih banyak dibandingkan

dengan di pembenihan. Kondisi kesehatan ikan tersebut dipengaruhi adanya parasit (100%) yang selalu menginfeksi ikan di KJA. Infeksi VNN terdata lebih sedikit (10%) dibandingkan dengan di pembenihan, sedangkan infeksi iridovirus terjadi pada ikan yang dibesarkan di KJA. Populasi total bakteri dan *Vibrio* spp. di organ hati ikan di KJA dengan konsentrasi sangat tinggi terdata lebih banyak masing-masing 46,67% dan 10% dibandingkan dengan di pembenihan (30% dan 0%). Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena ikan-ikan yang dipelihara di KJA langsung berhubungan dengan lingkungan air sekitarnya. Perubahan arus dan pasang surut memengaruhi terjadinya perubahan suhu dan akan menentukan kualitas air perairan secara langsung (Krivokapic *et al.*, 2011). Perubahan lingkungan tersebut dapat menimbulkan terjadinya stres pada ikan-ikan budidaya di KJA dan organisme setempat, serta meningkatkan potensi populasi bakteri di perairan termasuk bakteri patogen (Tammi *et al.*, 2015).

Persentase infeksi parasit yang tinggi (73,33%) di pembenihan di Desa Gerokgak (Tabel 3) kemungkinan disebabkan adanya alih fungsi lahan, limbah dari pembenihan itu sendiri, lokasi pembenihan yang mengelompok dalam satu area/lokasi dan kondisi, serta manajemen beberapa pembenihan yang masih kurang baik sehingga menimbulkan peningkatan cemaran bahan organik dan anorganik di perairan pantai tersebut. Hal tersebut berbeda dengan pembenihan di Desa Penyabangan yang lokasinya lebih menyebar dan merata sepanjang pantai, kondisi perairan yang terlihat lebih jernih dan manajemen pembenihan yang lebih baik sehingga persentase parasit yang ditemukan lebih sedikit (30%). Sedangkan persentase parasit pada ikan yang dipelihara di KJA di Teluk Kaping mencapai 100% karena ikan-ikan tersebut berhubungan langsung dengan perairan bebas sehingga parasit dengan mudah menyerang ikan. Beberapa tahun sebelumnya telah dilaporkan bahwa perairan laut di Kecamatan Gerokgak sudah berada dalam kategori pencemaran rendah hingga sedang berdasarkan indeks diversitas organisme. Kondisi tersebut kemungkinan dapat menimbulkan stres dan berkurangnya populasi biota laut, serta meningkatkan jumlah mikroorganisme patogen (seperti parasit, virus, dan bakteri) di lingkungan perairan (Ismi *et al.*, 2012). Tinggi rendahnya nilai prevalensi dan intensitas parasit pada setiap lokasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Menurut Maulana *et al.* (2007), faktor eksternal tersebut antara lain parameter kualitas air, yang diakibatkan oleh pencemaran di sekitar perairan baik limbah rumah tangga maupun limbah pertanian. Pencemaran lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan kualitas air dan meningkatkan jumlah patogen seperti parasit, kondisi

Tabel 2. Prevalensi parasit yang diamati dan menginfeksi ikan di pembenihan dan KJA selama bulan Februari sampai November 2018 (Data disitir dari Zafran *et al.*, 2018; 2019, dengan penambahan data primer pada bulan Juli sampai November 2018)

Table 2. Prevalence of parasites found and infecting fish in hatcheries and net cages (Parasitic data cited from Zafran *et al.*, 2018; 2019, with the addition of our primary research data from July to November 2018)

Lokasi sampling Sampling location	Jenis ektoparasit Ectoparasites	Prevalensi ektoparasit di pembenihan dan keramba jaring apung/KJA The prevalence of ectoparasites in hatcheries and floating net cages (%)				
		Februari	Maret	April	Mei	Juni
		February	March	April	May	June
Pembenihan di Desa Gerokgak Hatchery in the Gerokgak Village	<i>Trichodina</i>	2.86-2.80	2.86-100	5.71	34.28-100	11.43
	<i>Cryptocaryon</i>	0	8.57	0	0	0
	Gill fluke	0	0	5.71	0	0
	Nematoda	0	0	0	2.86	0
	<i>Oodineum</i>	0	0	0	0	0
Pembenihan di Desa Penyabangan Hatchery in the Penyabangan Village	<i>Trichodina</i>	0	0	68.57	5.71	0
	<i>Cryptocaryon</i>	0	0	0	0	0
	Gill fluke	0	0	0	0	0
	Nematoda	0	0	0	0	0
	<i>Oodineum</i>	0	0	0	0	0
Keramba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping Floating net cages in the Kaping Bay	<i>Trichodina</i>	10-40	0	20	10-70	20
	Gill fluke	10	20	40	20-100	40-60
	Benedinea	10-40	40	10	20-60	60
	Nematoda	20	0	0	0	0
	<i>Oodineum</i>	0	0	0	0	0
	<i>Cryptocaryon</i>	0	0	0	0	0
	Hirudinea	80	20-100	100	50-100	100
<i>Lepeophtheirus</i>	0	10-40	0	0	0	

Lokasi sampling Sampling location	Jenis ektoparasit Ectoparasites	Prevalensi ektoparasit di pembenihan dan keramba jaring apung/KJA The prevalence of ectoparasites in hatcheries and floating net cages (%)				
		Juli	Agustus	September	Oktober	November
		July	August	September	October	November
Pembenihan di Desa Gerokgak Hatchery in the Gerokgak Village	<i>Trichodina</i>	2.86-100	100	5.71	11.34-100	2.86-94.28
	<i>Cryptocaryon</i>	5.71-8.57	0	8.57-45.71	2.85-5.71	0
	Gill fluke	0	0	100	5.71	0
	Nematoda	0	0	0	0	0
	<i>Oodineum</i>	0	14.28	0	0	0
Pembenihan di Desa Penyabangan Hatchery in the Penyabangan Village	<i>Trichodina</i>	5.71-100	11.43-100	0	14.28-100	2.86-100
	<i>Cryptocaryon</i>	0	0	5.71	0	0
	Gill fluke	0	0	0	0	0
	Nematoda	0	0	0	0	0
	<i>Oodineum</i>	0	0	0	0	0
Keramba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping Floating net cages in the Kaping Bay	<i>Trichodina</i>	10	0	0	30	0
	Gill fluke	10-90	60-100	30-90	40-80	20-80
	Benedinea	10-20	0	10	0	10
	Nematoda	0	0	0	0	0
	<i>Oodineum</i>	0	0	0	0	0
	<i>Cryptocaryon</i>	10	0	10	0	0
	Hirudinea	10	0	0	0	20
<i>Lepeophtheirus</i>	0	10	10	0	10	

Tabel 3. Persentase kondisi kesehatan ikan yang dihubungkan dengan infeksi parasit, bakteri, dan virus berdasarkan lokasi pengambilan sampel ikan

Table 3. Percentages of fish condition associated with parasitic, bacterial, and viral infections based on sampling location

Bulan sampling Date of sampling	Kondisi ikan Fish condition (%)		Populasi sampel yang terinfeksi oleh Population samples were positive infected by (%)		
	Sehat Healthy	Sakit Sick	Parasit Parasite	VNN	Iridovirus
Pembenihan di Desa Gerokgak Hatchery in the Gerokgak Village	73.33	26.67	73.33	23.33	0
Pembenihan di Desa Penyabangan Hatchery in the Penyabangan Village	83.33	16.67	30	36.67	0
Keramba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping Floating net cages in the Kaping Bay	53.33	46.67	100	10	3.33

Bulan sampling Date of sampling	Total populasi bakteri Total bacteria populations (cfu/g)				Total <i>Vibrio</i> spp. (cfu/g)			
	Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high	Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high
Pembenihan di Desa Gerokgak Hatchery in the Gerokgak Village	16.67	26.67	26.67	30	23.33	50	26.67	0
Pembenihan di Desa Penyabangan Hatchery in the Penyabangan Village	10	40	20	30	30	53.33	16.67	0
Keramba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping Floating net cages in the Kaping Bay	10	13.33	30	46.67	33.33	43.33	13.33	10

tersebut akan membuat ikan menjadi stres sehingga terjadinya hubungan yang tidak seimbang antara ikan, lingkungan, dan patogen (parasit). Hal ini akan menyebabkan mudahnya ikan terinfeksi oleh parasit. Pada kondisi normal di lingkungan perairan bebas jumlah ikan yang terserang jasad patogen tidak besar baik prevalensi ataupun intensitasnya karena kualitas air belum mengalami perubahan-perubahan mendasar yang mengakibatkan ikan sulit untuk beradaptasi (Ghufran *et al.*, 2007). Sedangkan faktor internal dapat disebabkan manajemen pembenihan maupun KJA yang kurang baik. Ikan rucah merupakan salah satu media penyebaran parasit ke ikan budidaya. Selain itu, organisme hidup yang ada di sekitar keramba apung juga dapat menularkan parasit ke ikan budidaya (Rückert *et al.*, 2009).

Hasil pengambilan ikan uji berdasarkan kondisi kesehatan ikan di pembenihan dan KJA masing-masing menunjukkan bahwa 41,67% dan 53,33% ikan dalam kondisi sehat namun masih terdapat adanya parasit pada kulit dan organ insang, walaupun jumlahnya tidak banyak (1-3 ekor) (Tabel 4). Ikan yang terlihat sehat di

pembenihan dan KJA juga 20% dan 3,33% terindikasi terinfeksi virus VNN dalam tubuhnya.

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa dari 21,67% ikan sakit di pembenihan masing-masing 10% terinfeksi oleh parasit dan VNN, sedangkan sisanya sebanyak 1,67% kemungkinan terinfeksi oleh mikroorganisme patogen lainnya seperti bakteri atau endoparasit. Mahardika *et al.* (2019) melaporkan adanya infeksi endoparasit sejenis coccidia menyebabkan kematian ikan kerapu yang dipelihara di KJA maupun di pembenihan. Beberapa spesies bakteri dari genus *Vibrio* dan *Streptococcus* dilaporkan merupakan bakteri patogen yang dapat menyebabkan kematian ikan budidaya (Jun & Woo, 2003; Delamare-Deboutteville *et al.*, 2015).

Ikan yang sakit maupun yang sehat di pembenihan (Tabel 4) juga menunjukkan adanya populasi total bakteri dengan konsentrasi tinggi ( $10^7$ - $10^8$  cfu/g) dan sangat tinggi ( $10^9$ - $10^{11}$  cfu/g). Demikian pula dengan populasi bakteri *Vibrio* spp. juga teramati pada organ hati dari ikan dalam kondisi sakit maupun sehat. Kemungkinan bakteri-bakteri tersebut merupakan



Tabel 4. Persentase infeksi parasit, virus, dan bakteri pada populasi ikan berdasarkan kondisi kesehatan ikan

Table 4. Percentages of parasitic, viral, and bacterial infections in fish populations based on fish conditions

Lokasi <i>sampling</i> Sampling location	Kondisi ikan Fish condition (%)	Parasit Parasite	VNN (%)	Iridovirus (%)	
Pembenihan Hatchery	Sehat (Healthy)	78.33	41.67	20	0
	Sakit (Sick)	<b>21.67</b>	10	10	0
Keramba jaring apung (KJA) Floating net cages	Sehat (Healthy)	<b>53.33</b>	<b>53.33</b>	3.33	0
	Sakit (Sick)	<b>46.67</b>	0	6.67	0

Lokasi <i>sampling</i> Sampling location	Kondisi ikan Fish condition (%)	Populasi bakteri (Total bacteria) (cfu/g)				
		Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high	
Pembenihan Hatchery	Sehat (Healthy)	78.33	8.33	33.33	16.67	20
	Sakit (Sick)	<b>21.67</b>	5	0	6.67	10
Keramba jaring apung (KJA) Floating net cages	Sehat (Healthy)	<b>53.33</b>	3.33	6.67	20	23.33
	Sakit (Sick)	<b>46.67</b>	6.67	6.67	10	23.33

Lokasi <i>sampling</i> Sampling location	Kondisi ikan Fish condition (%)	Total <i>Vibrio</i> spp. (cfu/g)				
		Rendah Low	Sedang Moderate	Tinggi High	Sangat tinggi Very high	
Pembenihan Hatchery	Sehat (Healthy)	78.33	23.33	38.33	16.67	0
	Sakit (Sick)	<b>21.67</b>	3.33	13.33	5	0
Keramba jaring apung (KJA) Floating net cages	Sehat (Healthy)	<b>53.33</b>	23.33	23.33	3.33	3.33
	Sakit (Sick)	<b>46.67</b>	10	20	10	6.67

flora normal pada ikan kerapu. Konsentrasi bakteri pada ikan *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) sehat di pembenihan dilaporkan berkisar antara  $10^2$ - $10^7$  cfu/g, meliputi bakteri gram positif *cocci*, *Enterobacteriaceae* sp., *coryneforms* sp., *Vibrio* spp., dan *Aeromonas* sp. (D'Yler et al., 2000). Bakteri *Vibrio gigantidis* dan *V. scopthalmi* dilaporkan ditemukan pada ikan *olive flounder* sehat dan tidak bersifat patogen (Sohn et al., 2019).

Persentase kondisi ikan yang sakit di KJA lebih tinggi dibandingkan dengan ikan di pembenihan (Tabel 4). Ikan yang sakit (46,67%) terdata tidak ada yang terinfeksi parasit (0%). Ikan yang sakit di KJA disebabkan oleh infeksi virus VNN sebanyak 6,67% dan infeksi iridovirus sebanyak 3,33%; dan lainnya sebanyak 36,67% disebabkan oleh infeksi bakteri penyebab luka borok, serta penyebab lainnya yang tidak dianalisis pada penelitian ini. Ikan yang sakit di KJA lebih banyak ditemukan akibat luka borok dan sirip geripis. Luka borok tersebut kemungkinan disebabkan oleh infeksi bakteri *Vibrio* sp., yang ditunjukkan dengan persentase *Vibrio* spp. pada organ hati ikan yang sakit dengan konsentrasi tinggi ( $10^4$ - $10^6$  cfu/g) dan sangat tinggi ( $10^7$ - $10^9$  cfu/g) sedikit lebih tinggi (10% dan 6,67%) dibandingkan dengan persentase bakteri *Vibrio* spp. pada konsentrasi yang sama di ikan sehat (3,33%).

Hasil pengambilan ikan uji berdasarkan ikan yang terinfeksi VNN (Gambar 3A) dan iridovirus (Gambar

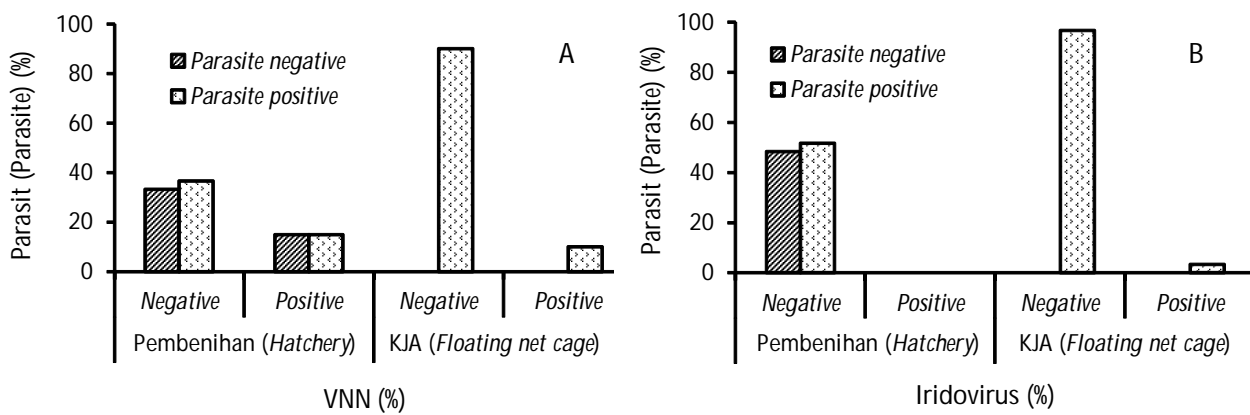
3B) memperlihatkan bahwa ikan dari pembenihan dan KJA yang tidak terinfeksi VNN (negatif VNN), namun terindikasi terinfeksi parasit sebesar 36,67%-90%; dan hanya 0%-33,33% populasi ikan yang tidak terinfeksi VNN dan parasit. Populasi ikan yang terinfeksi VNN (positif VNN) menunjukkan adanya infeksi parasit sebesar 10%-15%, sedangkan 0%-15% lainnya tidak terinfeksi parasit. Infeksi iridovirus yang hanya ditemukan pada satu kasus pada populasi ikan kakap putih di KJA menunjukkan bahwa populasi ikan tersebut juga terinfeksi parasit (3,33%). Hasil ini menunjukkan bahwa ikan yang terserang parasit dapat terinfeksi oleh VNN. Parasit dapat menjadi vektor penyakit VNN dan iridovirus. Infeksi bersama sering terjadi di alam dan sering melibatkan parasit (Cox, 2001). Selanjutnya dilaporkan bahwa parasit pada sistem kekebalan dapat menyebabkan immunodepresi dan efek sitokin. Interaksi dari dua patogen dapat bersifat sinergis atau antagonis dan dapat mengakibatkan peningkatan atau penghambatan salah satu atau kedua patogen, meningkatkan atau mengurangi keparahan penyakit. Interaksi tersebut dapat memiliki dampak penting pada perkembangan dan keparahan penyakit (Kotob et al., 2016). Valdes-Donoso et al. (2013) menyebutkan bahwa wabah *infectious salmon anaemia virus* (ISAV) pada ikan Atlantik salmon (*Salmo salar* L.) yang terjadi di Chili Selatan antara tahun 2007-2009 diakibatkan oleh ko-infeksi

antara kutu laut (*Lepeophtheirus salmonis*) dan ISAV. Infeksi parasit juga dapat meningkatkan risiko infeksi sekunder bakteri. Efek sinergis tersebut merupakan hasil dari stres pada ikan yang disebabkan oleh parasit yang dapat mengurangi resistensi ikan terhadap infeksi bakteri, dan efek merusak dari parasit (seperti luka akibat gigitan parasit) dapat menjadi tempat masuk bakteri patogen (Holzer *et al.*, 2006).

Pada pengamatan ini ternyata pada populasi ikan yang positif terinfeksi VNN, namun tidak ada yang positif terinfeksi iridovirus (Gambar 4). Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi infeksi virus VNN dan iridovirus belum terdeteksi dengan metode deteksi menggunakan PCR konvensional. Hal tersebut

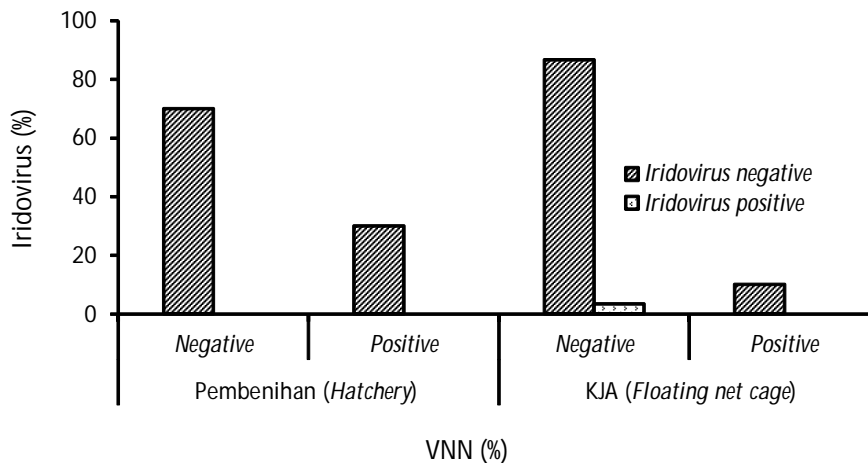
kemungkinan karena jumlah populasi ikan yang terinfeksi iridovirus sangat sedikit (satu kasus) sehingga belum terdeteksi adanya kombinasi infeksi virus pada satu populasi ikan.

Populasi *Vibrio* spp. pada level rendah sampai moderat mengikuti pola konsentrasi total bakteri (Gambar 5). Namun, konsentrasi total bakteri yang tinggi ( $10^7$ - $10^8$  cfu/g) sampai sangat tinggi ( $10^9$ - $10^{11}$  cfu/g) menunjukkan tingkat populasi *Vibrio* spp. di level rendah ( $< 10^2$  cfu/g) sampai tinggi ( $10^4$ - $10^6$  cfu/g). Bakteri *Vibrio* spp. lebih banyak teramati pada kasus ikan yang mengalami luka atau borok. Spesies *Vibrio* spp. yang bersifat patogen seperti *V. anguillarum*, *V. harveyii* (nama lain: *V. carchariae*), *V. ordalii*, dan *V.*



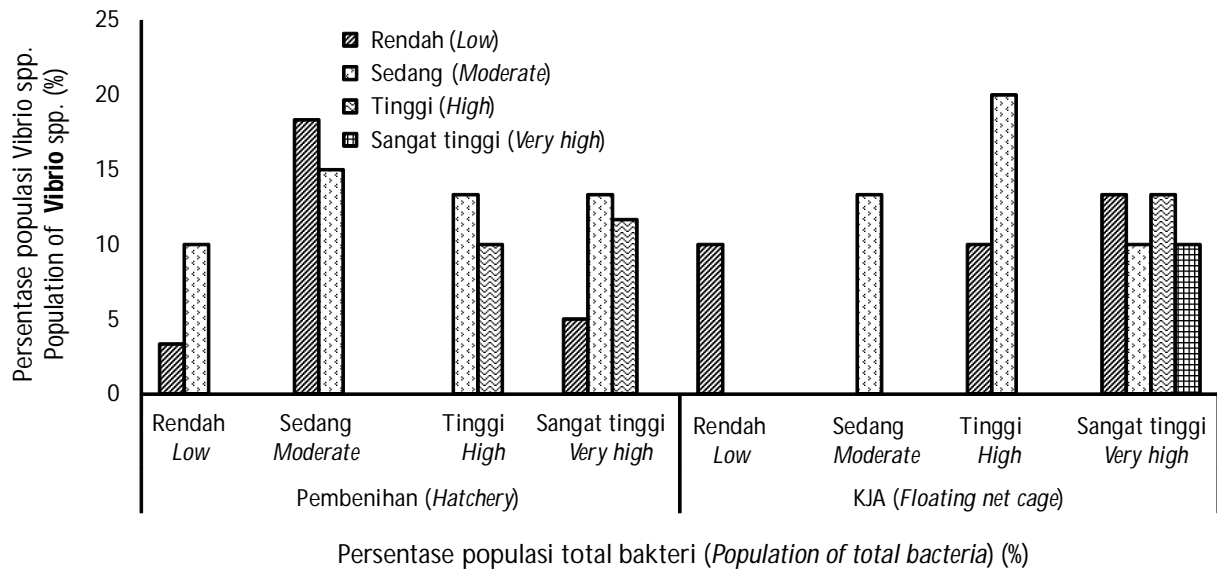
Gambar 3. Persentase populasi ikan yang terinfeksi VNN (A) dan iridovirus (B) yang dihubungkan dengan infeksi parasit.

Figure 3. Percentages of fish populations infected by VNN (A) and iridovirus (B) associated with parasitic infections.



Gambar 4. Persentase populasi ikan yang terinfeksi VNN yang dihubungkan dengan infeksi iridovirus pada budidaya ikan di pembenihan dan KJA.

Figure 4. Percentages of fish populations infected by VNN associated with iridovirus infections in hatcheries and net cages.



Gambar 5. Persentase total bakteri hati dihubungkan dengan total bakteri *Vibrio* spp. yang diisolasi dari organ hati (cfu/gram) pada ikan di pembenihan dan KJA.

Figure 5. Percentages of total bacteria associated with total bacteria *Vibrio* spp. isolated from the liver (cfu/gram) of fish in hatcheries and net cages.

*salmonicida* (Austin & Austin, 2007). Kejadian infeksi vibriosis yang tinggi dapat terjadi pada pembenihan dan pembesaran ikan, tetapi ikan ukuran konsumsi lebih rentan terhadap penyakit ini. Hal tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama sumber ikan, faktor lingkungan termasuk kualitas air dan manajemen budidaya, dan faktor virulensi dari *Vibrio* spp. (Ina-Salwany *et al.*, 2019).

Prevalensi infeksi VNN paling tinggi terjadi pada bulan Maret sampai Juli, kemudian menurun dan meningkat lagi di bulan November. Kejadian infeksi VNN dan peningkatan konsentrasi populasi bakteri pada hati ikan budidaya dipengaruhi oleh suhu perairan dan kadar ammonia. Hasil pemantauan kualitas air laut di tahun yang sama menunjukkan bahwa suhu perairan laut tinggi di bulan Maret sampai bulan Juli (berkisar antara 30°C-31°C) dan menurun di bulan selanjutnya (28°C-29°C). Namun suhu perairan naik kembali di bulan November (Nasukha *et al.*, 2019). Lebih jauh dilaporkan bahwa kecenderungan kenaikan suhu perairan diikuti oleh kenaikan kadar ammonia hingga > 1,5 mg/L di atas ambang batas baku mutu menurut Kep.Men. LH No. 51 Tahun 2004 untuk biota laut sebesar 0,3 mg/L; maupun menurut FAO (1989), sebesar < 0,5 mg/L. Hasil pemantauan lingkungan dan kejadian penyakit di tahun 2018 sejalan dengan hasil monitoring prevalensi infeksi VNN di tahun 2017 yang dilaporkan oleh Sembiring *et al.* (2018) yang mengatakan bahwa peningkatan suhu air laut berpengaruh terhadap peningkatan prevalensi infeksi VNN di pembenihan dan KJA di Bali Utara. Kasus wabah infeksi VNN pada

ikan *Epinephelus septemfasciatus* terjadi di musim panas yang diamati dari bulan Agustus (suhu air: 24°C-26°C) hingga bulan September atau Oktober (20°C-25°C). Infeksi virus dapat mengakibatkan kematian ikan secara tiba-tiba (akut) atau kronis (waktu lama), dengan tingkat kematian pada ikan muda lebih tinggi daripada ikan dewasa (Kim *et al.*, 2012). Selain itu, tingginya suhu air dapat pula meningkatkan kerentanan spesies ikan laut terhadap vibriosis (Albert & Ransangan, 2013). Lebih lanjut dilaporkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara suhu, keberadaan *Vibrio* spp., dan kematian ikan. Meskipun sulit untuk mengontrol suhu dalam sistem perairan terbuka, sehingga yang paling sering dilakukan adalah pergantian jaring dan penerapan manajemen budidaya di KJA yang baik.

### KESIMPULAN

Infeksi parasit dan virus VNN terjadi sepanjang tahun 2018 dan secara visual terlihat pada ikan dalam kondisi sehat maupun sakit. Kejadian infeksi parasit di pembenihan didominasi oleh *Trichodina* spp., sedangkan di KJA didominasi oleh cacing insang dan hirudinea. Ikan yang terserang parasit dapat terinfeksi oleh VNN secara bersamaan. Prevalensi infeksi VNN lebih banyak terjadi di bulan Maret sampai bulan Juli, dan meningkat di bulan November. Infeksi iridovirus hanya terjadi satu kasus di bulan Oktober. Ada kecenderungan bahwa prevalensi infeksi VNN diikuti dengan peningkatan populasi total bakteri dan *Vibrio* spp. pada hati ikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh APBN Balai Besar Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) DIPA Tahun 2018. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teknisi litkayasa pada Laboratorium Patologi, Laboratorium Kimia, dan Laboratorium lingkungan BBRBLPP-Gondol yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR ACUAN

- Austin, B. & Austin, D.A. (2007). Bacterial fish pathogens: Diseases of farmed and wild fish. Chichester, UK, Praxis Publishing, 183 pp.
- Albert, V. & Ransangan, J. (2013). Effect of water temperature on susceptibility of culture marine fish species to vibriosis. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology*, 3(3), 48-52.
- Amanu, S., Sulistiyono, D., & Suardana. I N. (2016). Detection of fish disease caused by iridovirus on grouper (*Epinephelus* sp.) and pomfret star (*Trachinotus blochii*) with co-agglutination method in Tanjungpinang, Indonesia. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 6, 121-128.
- Assefa, A. & Abunna, F. (2018). Maintenance of fish health in aquaculture: Review of epidemiological approaches for prevention and control of infectious disease of fish. *Hindawi Veterinary Medicine International*, Article ID 5432497, 10 pp.
- Bondad-Reantaso, M.G., Subasinghe, R.P., Arthur, J.R., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., Tan, Z., & Shariff, M. (2005). Disease and Health Management in Asian Aquaculture. *Veterinary Parasitology*, 132(3-4), 249-72; DOI: 10.1016/j.vetpar.2005.07.005.
- Boyd, C.E. (2003). Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, 226 (1-4), 101-112.
- Cox, F.E. (2001). Concomitant infections, parasites and immune responses. *Parasitology*, 122 Su., S23-38.
- Delamare-Deboutteville, J., Bowater, R., Condon, K., Reynolds, A., Fisk, A., Aviles, F., & Barnes, A.C. (2015). Infection and pathology in Queensland grouper, *Epinephelus lanceolatus*, (Bloch), caused by exposure to *Streptococcus agalactiae* via different routes. *Journal of Fish Diseases*, 38, 1021-1035.
- Dýler, Ö, Altun, S., Çaliküpu, F., & Dýler A. (2000). A study on qualitative and quantitative bacterial flora of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in different fish farms. *Türk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24, 251-259 (paper bahasa Turki dengan abstrak bahasa Inggris).
- FAO. (1989). Site selection criteria for marine Finfish Netcage Culture in Asia. UNDP/FAO regional sea farming development and demonstration project. Network of Aquaculture Centres in Asia. FAO Doc. NACA-SF/WP/89/13. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC262E/AC262E00.htm#TOC>.
- García-Rosado, E., Cano, I., Martín-Antonio, B., Labella, A., Machado, M., Alonso, M.C., & Borrego, J.J. (2010). Co-occurrence of viral and bacterial pathogens in disease outbreaks affecting newly cultured sparid fish. *Int. Microbiol.*, 10, 193-199.
- Ghufran, M.H., Kordi, & Tancung, K.A.B. (2007). Pengelolaan kualitas air dalam budidaya perairan. Rineka Cipta, Jakarta, 35 hlm.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., & Heo, M-S. (2010). Molecular studies, disease status and prophylactic measures in grouper aquaculture: Economic importance, disease and immunology. *Aquaculture*, 309, 1-14.
- Holzer, A.S., Sommerville, C., & Wootten, R. (2006). Molecular studies on the sea-seasonal occurrence and development of five myxozoans in farmed *Salmo trutta* L. *Parasitology*, 132, 193-205.
- Ina-Salwany, M.Y., Al-saari, N., Mohamad, A., Fathin-Amirah, Aslizah Mohd, A., Amal, M.N.A., Kasai, H., Mino, M., Sawabe, S., & Zamri-Saad, M. (2019). Vibriosis in Fish: A review on disease development and prevention. *Journal of Aquatic Animal Health*, 31, 3-22.
- Ismi, S., Arthana, I W., & Suyasa, I W.B. (2012). Studi dampak perbenihan ikan laut terhadap penurunan kualitas lingkungan di Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng. *Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 3(1), 35-40.
- Jun, L.I. & Woo, N.Y.S. (2003). Pathogenicity of vibrios in fish: an overview. *Journal of Ocean University of Qingdao (Oceanic and Coastal Sea Research)*, 2(2), 117-128.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). (2004). Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, tanggal 8 April 2004 tentang baku mutu air laut. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta, 11 hlm.
- Kim, C-S., Kim, W-S., Nishizawa, T., & Oh, M-J. (2012). Prevalence of viral nervous necrosis (VNN) in sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus* farms. *J. Fish Pathol.*, 25(2), 111-116.

- Koesharyani, I. & Novita, H. (2006). Diagnosa "nested reverse transcriptase-PCR" untuk "viral nervous necrosis" pada benih ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 1(3), 381-386.
- Kotob, M.H., Menanteau-Ledouble, S., Kumar, G., Abdelzaher, M., & El-Matbou, M. (2016). The impact of co-infections on fish: A review. *Veterinary Research*, 47(98), 1-22.
- Krivokapic, S., Pestoric, B., Bosak, S., Kuspilic, G., & Riser, C.W. (2011). Trophic State of Boka Kotorska Bay (South-Eastern Adriatic Sea). *Fresenius Environment Bulletin*, 20(8), 1960-1969.
- Lacerda, L.D., Vaisman, A.G., Maia, L.P., Silva, C.A.R., & Cunha, E.M.S. (2006). Relative importance of nitrogen and phosphorus emissions from shrimp farming and other anthropogenic sources for six estuaries along the NE Brazilian coast. *Aquaculture*, 253, 433-446.
- Mahardika, K., Koesharyani, I., Prijono, A., & Yuasa, K. (2003). Infeksi iridovirus pada induk kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*). *J. Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(1), 11-15.
- Mahardika, K., Mastuti, I., Sudewi, & Zafran. (2018a). Identification and life cycle of marine leech isolated from cultured hybrid grouper in the Northern Bali waters of Indonesia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 13(1), 41-49.
- Mahardika, K., Mastuti, I., & Zafran. (2018b). Intensitas parasit insang (trematoda monogenea: *Pseudorhabdosynochus* sp.) pada ikan kerapu hibrida melalui infeksi buatan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(2), 169-177.
- Mahardika, K., Zafran, Septori, R., Nasukha, A., Mastuti, I., Syahidah, D., Ismi, S., Supii, A.I., Setiadi, A., & Sudewi (2019). Aplikasi vaksin polivalen pada ikan kerapu di keramba jaring apung dan pemantauan vertikal kualitas air lingkungan perairan dan kejadian penyakit di kawasan budidaya laut di Bali Utara. Laporan Teknis Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan, Gondol, Bali, 43 hlm.
- Maulana, D.M., Muchlisin, Z.A., & Sugito. (2007). Intensitas dan prevalensi parasit pada ikan betok (*Anabas testudineus*) dari perairan umum daratan Aceh bagian utara. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 1-11.
- Nasukha, A., Septory, R., Sudewi, Setiadi, A., & Mahardika, K. (2019). Kajian sebaran temporal ammonia dan kualitas fisika perairan di kawasan buangan limbah budidaya laut di Bali Utara. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(1), 17-27.
- Novriadi, R., Agustatik, S., & Dwi, T.O.N. (2015). Identifikasi keberadaan *viral nervous necrosis* dan iridovirus pada budidaya ikan laut di wilayah kerja Balai Perikanan Budidaya Laut Batam. *Omni-Akuatika*, 14(20), 54-62.
- Phuoc, L.H., Corteel, M., Nauwynck, H.J., Pensaert, M.B., Alday-Sanz, V., Broeck, W.V.D., Sorgeloos, P., & Bossier, P. (2008). Increased susceptibility of white spot syndrome virus-infected *Litopenaeus vannamei* to *Vibrio campbellii*. *Environmental Microbiology*, 10(10), 2718-2727.
- Rückert, S., Klimpel, S., Al-Quraishy, S., Mehlhorn, H., & Palm, H.W. (2009). Transmission of fish parasites into grouper mariculture (Serranidae: *Epinephelus coioides* Hamilton, 1822) in Lampung Bay, Indonesia. *Parasitol. Res.*, 104, 523-532.
- Sembiring, S.B.M., Wibawa, G.S., Mahardika, K., Zeny, W., & Haryanti. (2018). Prevalensi infeksi penyakit viral nervous necrosis (VNN) dan iridovirus pada budidaya ikan laut. *Media Akuakultur*, 13(1), 1-9.
- Sohn, H., Kim, J., Jin, C., & Le, J. (2019). Identification of vibrio species isolated from cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju Island, South Korea. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(14), 1-8.
- Tammi, T., Pratiwi, N.T.M., Hariyadi, S., & Radiarta, I N. (2015). Aplikasi analisis kluster dan indeks TRIX untuk mengkaji variabilitas status trofik di Teluk Pegamatan, Singaraja, Bali. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(2), 271-281.
- Toranzo, A.E., Magariños, B., & Romalde, J.L. (2005). A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. *Aquaculture*, 246, 37-61.
- Valdes-Donoso, P., Mardones, F.O., Jarpa, M., Ulloa, M., Carpenter, T.E., & Perez, A.M. (2013). Co-infection patterns of infectious salmon anaemia and sea lice in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Southern Chile (2007-2009). *J. Fish Dis.*, 36, 353-360.
- Vijayan, K.K., Rajendran, K.V., Sanil, N.K., & Alavandi, S.V. (2015). *Fish health management in cage aquaculture*. In: *Souvenir 5<sup>th</sup> International Symposium on Cage Aquaculture in Asia*, 25-28 November 2015, Kochi, p. 94-103.
- Zafran, Harada, T., Koesharyani, I., Yuasa, K., & Hatai, K. (1998). Indonesian hatchery reared sea bass larvae (*Lates calcarifer*), associated with viral nervous necrosis (VNN). *IFR Journal*, IV(1), 19-22.

Zafran, Koesharyani, I., Johnny, F., Yuasa, K., Harada, T., & Hatai, K. (2000). Viral nervous necrosis in humpback grouper *Cromileptes altivelis* larvae and juveniles in Indonesia. *Fish Pathology*, 35(2), 95-96.

Zafran, Roza, D., & Mahardika, K. (2018). Prevalensi ektoparasit pada ikan budidaya di keramba jaring apung di Teluk Kaping, Buleleng, Bali. *Prosiding*

*Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI), Ilmu & Teknologi Kelautan untuk Pembangunan Berkelanjutan*. Yogyakarta, 1-3 November 2018, hlm. 100-108.

Zafran, Roza, D., & Mahardika, K. (2019). Infeksi ektoparasit pada benih ikan laut di hatchery di Gerokgak, Buleleng, Bali. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 32-40.