

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

## POLA FLUKTUASI POPULASI BAKTERI DI PERAIRAN PANTAI DAN TELUK PADA SENTRA BUDIDAYA IKAN LAUT DI BALI UTARA

Ketut Mahardika<sup>#</sup>, Indah Mastuti, Reagan Septory, Des Roza, Zafran, dan Afifah Nasukha

Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan  
Jalan Br. Gondol, Kec. Gerokgak Kab. Buleleng, Po. Box 140, Singaraja, Bali 81101

(Naskah diterima: 8 Juni 2020; Revisi final: 6 April 2021; Disetujui publikasi: 6 April 2021)

### ABSTRAK

Bakteri merupakan mikroorganisme yang secara alami berada dalam ekosistem perairan laut dan beberapa spesiesnya bersifat patogen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola fluktuasi populasi bakteri secara umum dan *Vibrio* spp. secara khusus di perairan pantai dan teluk sebagai dampak dari aktivitas baik panti pembenihan, tambak udang, maupun karamba jaring apung (KJA) di pesisir Bali Utara. Sampel air diperoleh dari tiga lokasi sentra budidaya laut dan satu lokasi ekowisata yang berada di Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng. Sampel air diambil dari tiga titik *sampling* di perairan dengan jarak 50 m, 100 m, dan 300 m dari garis pantai di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan. *Sampling* air dilakukan pada tiga titik *sampling* di sekitar KJA di Teluk Kaping, Desa Sumberkima, dan satu titik *sampling* di perairan dengan jarak 100 m dari garis pantai di Desa Pemuteran. *Sampling* air dilakukan sekali dalam sebulan dari bulan Februari hingga November 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total bakteri dan *Vibrio* spp. di empat lokasi perairan di Kecamatan Gerokgak, Bali menunjukkan populasi tinggi pada bulan Maret hingga Mei dan menurun pada bulan berikutnya. Dan meningkat kembali pada bulan Oktober hingga November. Total bakteri dan *Vibrio* spp. tertinggi terjadi di perairan pantai Desa Gerokgak hingga  $9.067 \pm 7.481$  CFU/mL dan  $1.147 \pm 689$  CFU/mL dibandingkan dengan dua lokasi sentra budidaya lainnya (Desa Penyabangan dan Teluk Kaping). Total bakteri dan *Vibrio* spp. teramati pula di perairan Desa Pemuteran hingga  $500 \pm 52$  CFU/mL dan  $65 \pm 7$  CFU/mL yang kemungkinan merupakan dampak dari aktivitas budidaya ikan. Pola fluktuasi populasi bakteri di perairan pantai Kecamatan Gerokgak, Bali dipengaruhi oleh musim dan kegiatan budidaya perikanan. Tingginya populasi bakteri *Vibrio* spp. pada perairan pantai dapat memengaruhi kesehatan ikan budidaya.

**KATA KUNCI:** perairan pantai; total bakteri; *Vibrio* spp.

**ABSTRACT:** *Fluctuation patterns of bacterial populations in coastal areas of a clustered marine fish farming of North Bali. By: Ketut Mahardika, Indah Mastuti, Reagan Septory, Des Roza, Zafran, and Afifah Nasukha*

*Bacteria are a group of microorganisms naturally present in aquatic ecosystems. Some of the bacteria are pathogenic to other organisms and cause severe diseases. This study aimed to determine the fluctuation patterns of bacterial populations, with specific interest to *Vibrio* spp. in coastal and bay areas of North Bali which constantly receive effluents from nearby mariculture activities. Water samples were collected from three locations in a clustered marine fish farming area and one location in an ecotourism area as a control. Water samples were taken from three sampling points in the coastal area of Gerokgak and Penyabangan villages at a distance of 50 m, 100 m, and 300 m from the coastline. Water samples were also collected at three sampling points around floating net cages (KJA) in Kaping Bay, Sumberkima Village, and one sampling point in Pemuteran Village located 100 m from the coastline. Water sampling was carried out each month from February to November 2018. Results of the study showed that total bacteria and *Vibrio* spp. were notably higher between March-May and October-November. The total bacteria and vibrio reached the peak number at  $9,067 \pm 7,481$  CFU/mL and  $1,147 \pm 689$  CFU/mL, respectively, which occurred in the coastal*

---

<sup>#</sup> Korespondensi: Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan  
Jalan Br. Gondol, Kec. Gerokgak Kab. Buleleng, Po. Box 140, Singaraja, Bali 81101, Indonesia  
Tel. + 62 362 92278  
E-mail: [kmahardika@yahoo.com](mailto:kmahardika@yahoo.com)

waters of Gerokgak Village. The total bacteria and *Vibrio* spp. of up to  $500 \pm 52$  CFU/mL and  $65 \pm 7$  CFU/mL, respectively, were also observed in the waters of Pemuteran Village which are likely to be the effects of aquaculture activities in these of three locations. This study concludes that the fluctuation pattern of bacterial population in the coastal waters of Gerokgak District, Bali is primarily influenced by the season and activities of the fish farming. The high population of *Vibrio* spp. in the coastal waters could lead to a fish disease outbreak related to the pathogenic bacterium.

**KEYWORDS:** coastal waters; total bacteria; *Vibrio* spp.

## PENDAHULUAN

Perikanan budidaya laut mengalami perkembangan pesat di Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Negara Indonesia telah berhasil mengembangkan perikanan laut berbasis pembenihan ikan bandeng, *Chanos chanos* dan ikan kerapu, *Epinephelus* spp. Daerah pembenihan ikan bandeng dan ikan kerapu yang telah dikembangkan sejak tahun 1990-an adalah wilayah pesisir utara Pulau Bali, khususnya Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Provinsi Bali. Kecamatan Gerokgak memiliki potensi luas lahan untuk budidaya laut sebesar  $\pm 1.050$  ha. Potensi yang baru dimanfaatkan untuk budidaya laut seluas 151,15 ha atau 14,40% (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Buleleng, 2017). Pada tahun 2017 tercatat 4.709 orang pembudidaya dengan hasil produksi sebanyak 3.314,1 ton yang didominasi oleh hasil tambak, ikan kakap, dan ikan kerapu (Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng, 2018). Pengembangan budidaya ikan bandeng dan ikan kerapu di perairan pantai dan laut di wilayah pesisir Kecamatan Gerokgak sejauh ini telah memberikan kontribusi berupa pendapatan asli daerah (PAD), kesempatan kerja dan peningkatan pendapatan bagi para pembudidaya dan buruh kerja, serta dampak ganda bagi rantai-rantai usaha yang terkait (Kardi & Wiasta, 2016). Pembangunan perikanan budidaya (akuakultur) selain menciptakan lapangan kerja juga meningkatkan pendapatan. kegiatan akuakultur kalau tidak dikelola dengan baik dapat berdampak pada pencemaran. Sebagaimana diketahui, sekitar 70% populasi manusia di Asia Tenggara tinggal di daerah pesisir pantai. Pembangunan industri pertanian, intensifikasi akuakultur, dan urbanisasi yang cepat dan meluas dekat pantai berkontribusi terhadap masalah pencemaran perairan laut (Todd *et al.*, 2010).

Salah satu bioindikator pencemaran adalah keberadaan bakteri patogen dalam perairan yang berasal dari buangan domestik, industri pengolahan limbah, sampah, limbah peternakan, dan perikanan (Parmar *et al.*, 2016). Keberadaan jenis bakteri seperti Coliform, *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Clostridia* spp., *Bifidobacterium pseudolongum*, *Arcobacter* spp., *Thiobacillus* spp., dan berbagai bakteri lainnya secara efektif digunakan sebagai indikator polusi untuk mendeteksi kontaminasi tinja, limbah aktivitas manusia, logam

berat, limbah pertanian, limbah perikanan, dan minyak mentah (Sumampouw & Risjani, 2014).

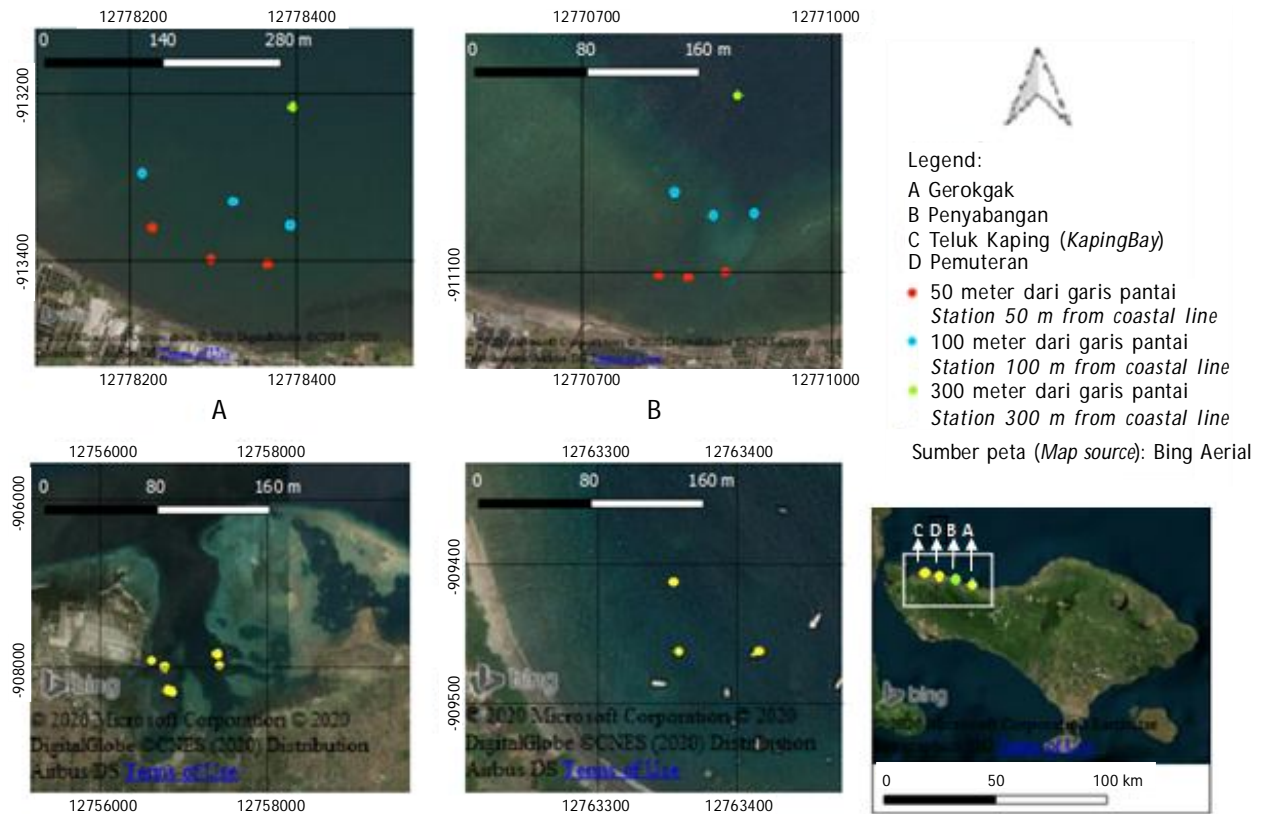
*Vibrio* spp. merupakan bakteri laut heterotrofik termasuk banyak simbiosis fakultatif dan patogen patologis. *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, dan *V. vulnificus* dilaporkan sebagai penyebab sebagian besar kasus keracunan makanan laut yang fatal (Collin & Rehnstam-Holm, 2011). Oleh karena itu, perlu diketahui pola fluktuasi populasi bakteri dan *Vibrio* spp. di perairan pantai selama satu tahun di sentra pembenihan ikan laut terutama di wilayah perairan yang menjadi tempat pemasukan atau pengambilan air (inlet) untuk usaha pembenihan, dan wilayah pesisir pantai sebagai tempat pembuangan limbah (outlet) dari usaha pembenihan maupun hasil cemaran lainnya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pola fluktuasi populasi bakteri secara umum dan *Vibrio* spp. secara khusus di perairan pantai dan teluk sebagai dampak dari aktivitas budidaya di pesisir Bali Utara.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Titik Sampling

Waktu pengambilan sampel air pada penelitian ini bersamaan dengan pengukuran kualitas air dari penelitian yang telah dilaporkan oleh Mahardika *et al.* (2018), yaitu dari bulan Februari hingga November tahun 2018 di perairan pantai Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Provinsi Bali. Empat kawasan yang dipilih yaitu dua kawasan dengan aktivitas pembenihan ikan kerapu (*Epinephelus* spp.), ikan kakap putih (*Lates calcarifer*), dan ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Desa Gerokgak (Stasiun-A) dan Desa Penyabangan (Stasiun-B), satu kawasan pembesaran ikan kerapu dan ikan kakap putih dalam karamba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping, Desa Sumberkima (Stasiun-C), dan satu lokasi kontrol terletak di perairan Desa Pemuteran (Stasiun-D) yang merupakan kawasan terumbu karang dan ekowisata laut yang dilindungi.

Titik koordinat *sampling* ditentukan mengikuti penentuan titik koordinat yang dilaporkan oleh Mahardika *et al.* (2018), yaitu menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS Garmin 680). Kawasan perairan Stasiun-A dan Stasiun-B merupakan daerah laut terbuka, sehingga *sampling* dilakukan pada titik perairan sejauh 50 m, 100 m, dan 300 m dari garis



Gambar 1. Lokasi stasiun *sampling* di sentra budidaya laut di perairan pantai Bali Utara; A). Desa Gerokgak, B). Desa Penyabangan, C). Teluk Kaping (Desa Sumberkima), D) Desa Pemuteran.

Figure 1. Location of *sampling* stations in the clustered marine fish farm areas of North Bali; A) Gerokgak Village, B) Penyabangan Village, C) Kaping Bay (Sumberkima Village), D) Pemuteran Village.

pantai pada saat pasang tertinggi di lokasi pantai pembenihan ikan laut terpadat (Gambar 1A dan B). *Sampling* perairan di koordinat sejauh 50 m dilakukan dengan pertimbangan sebagai lokasi *outlet* (pembuangan limbah) yang dimiliki oleh sebagian besar panti pembenihan. Koordinat *sampling* sejauh 100 m dilakukan dengan pertimbangan sebagai lokasi *inlet* (pengambilan atau pemasukan air) dari sebagian besar panti pembenihan. *Sampling* air pada koordinat 300 m dilakukan sebagai tambahan titik *sampling* untuk memperluas area deteksi sebaran dampak air limbah budidaya yang dimulai dari bulan Mei. Stasiun-3 merupakan daerah teluk dengan luasan 595 ha, di mana daerah tersebut memiliki 860 unit KJA yang tersebar hampir di seluruh teluk (Hanafi *et al.*, 2006; Nasukha *et al.*, 2019). Di kawasan ini dilakukan *sampling* air di tiga titik koordinat (titik 1, 2, dan 3 pada Gambar 1C) *sampling* yang berada sekitar 1 m dan 20 m dari tiga KJA yang sedang beroperasi. Stasiun-D dilakukan *sampling* pada satu koordinat yaitu titik sejauh  $\pm 100$  m dari garis pantai (Gambar 1D).

### Sampling Air di Perairan Pantai

Pengambilan sampel air dilakukan pada tiga titik untuk koordinat 50 m dan 100 m, dan satu titik untuk koordinat 300 m. Pengambilan sampel air di Teluk Kaping dilakukan pada dua titik untuk masing-masing koordinat *sampling* (total tiga koordinat) yang berada sekitar 1 m dan 20 m dari tiga KJA. Sampel air diambil menggunakan tabung kaca steril volume 15 mL (setelah di-*oven* pada suhu 150°C selama 15 menit) yang dilengkapi dengan tutup plastik yang telah di-*autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Tabung kaca tersebut dibawa dalam kondisi dingin menggunakan *coolbox* yang diisi dengan es. Air permukaan diambil pada kedalaman  $\pm 1$  m. Masing-masing sampel air pada masing-masing titik koordinat diambil menggunakan tabung kaca berbeda. Tabung kaca dicelupkan ke dalam air laut dengan posisi permukaan atau mulut tabung menghadap ke bawah yang ditutup dengan jari telunjuk. Tabung dibuka pada kedalaman yang ditentukan dan ditutup kembali dengan jari telunjuk sampai ke permukaan air laut, selanjutnya

ditutup dengan tutup plastik. Tabung kaca yang telah berisi air laut tersebut disimpan dalam *coolbox* dan dibawa ke Laboratorium Patologi, Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) untuk kultur bakteri.

### Sampling Air di Panti Pembenuhan

*Sampling* air juga dilakukan pada panti pembenuhan (*hatchery*) yang sejajar dengan koordinat pengambilan air pantai (50 m dan 100 m). *Sampling* air di panti pembenuhan dilakukan dalam waktu yang bersamaan dengan *sampling* air di perairan pantai. *Sampling* ini dilakukan dari bulan Mei sampai bulan November 2018. Sampel air diambil dari bak penampungan (bak *reservoir*) pada masing-masing tiga panti pembenuhan di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan. Air laut diambil menggunakan tabung kaca steril volume 15 mL dan disimpan dalam *coolbox*.

### Kultur Bakteri

Kultur bakteri dilakukan dengan mengambil 1 mL sampel air dengan mikropipet dan diencerkan dalam 9 mL air laut steril (*autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit) yang telah disiapkan sebelumnya dalam tabung kaca steril volume 15 mL (pengenceran 10x). Larutan tersebut dihomogenkan dengan *fortex* selama  $\pm 10$  detik. Sebanyak 100  $\mu$ L larutan tersebut dikultur dalam media TSA dalam cawan petri *disposable plastic* (tryptic soy agar: 40 g TSA, 20 g NaCl, 1 L akuades yang di-*autoclave* 121°C selama 15 menit untuk 20 cawan petri). Kultur bakteri tersebut diinkubasi dalam inkubator pada suhu 30°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dengan alat *colony counter*.

Sampel air tersebut juga dikultur dalam media TCBSA dalam cawan petri *disposable plastic* (Thiosulfate citrate bile salt sucrose agar: 88 g TCBSA dalam 1 L akuades yang dipanaskan dalam kompor gas sampai larut merata untuk 20 cawan petri). Sebanyak 100  $\mu$ L sampel air di kultur dalam media TCBSA dan diinkubasi dalam inkubator pada suhu 30°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dengan alat *colony counter*.

### Analisis Data

Jumlah koloni (JK) ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$JK \text{ (cfu/mL)} = JK \text{ yang tumbuh dalam media} \times P \times 10$$

di mana:

P = Pengenceran

P =  $\times 10$  (total bakteri) dan  $\times 1$  (*Vibrio* spp.)

10 = jumlah sampel air yang dikultur dalam media (100  $\mu$ L dijadikan mL =  $\times 10$ )

Jumlah sampel air untuk isolasi bakteri pada titik koordinat 50 m dan 100 m adalah masing-masing tiga

sampel, sedangkan titik koordinat 300 m berjumlah satu sampel di setiap lokasi perairan (Gerokgak dan Penyabangan). Pada tiga titik koordinat di KJA diambil masing-masing dua sampel air di setiap titik koordinat. Hasil perhitungan koloni bakteri dirata-ratakan dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

### Identifikasi Koloni Bakteri yang Dominan

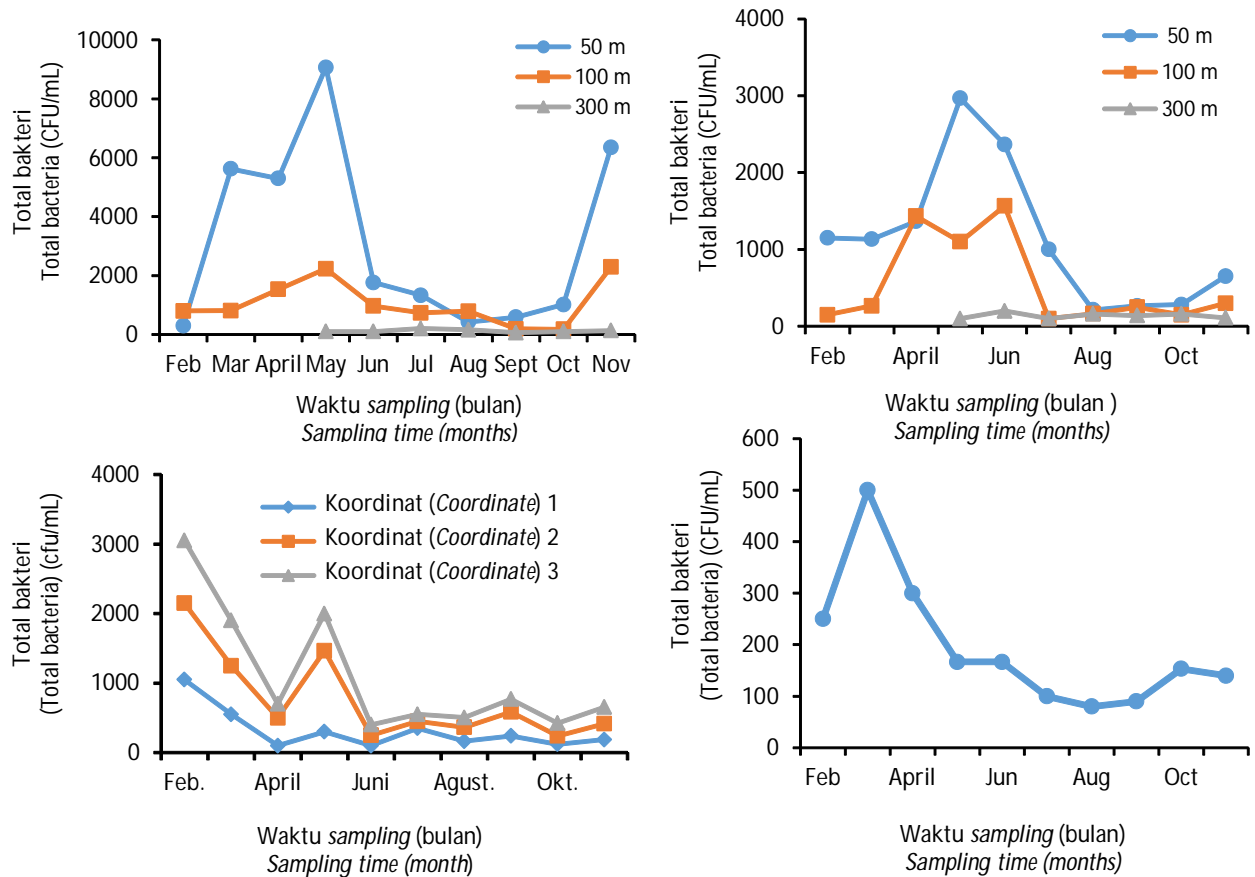
Dari hasil isolasi yang dilakukan selama 10 bulan *sampling* ditemukan beberapa bentuk koloni yang dominan tumbuh pada media TSA dan TCBSA. Hasil *screening* diperoleh tujuh koloni bakteri yang berbeda. DNA bakteri-bakteri tersebut selanjutnya diekstraksi menggunakan kit ekstraksi dan purifikasi (Wizard Promega) sesuai prosedur pemakaian dengan penambahan 50 mM EDTA dan 10 mg/mL Lysozyme. Genom DNA selanjutnya diamplifikasi mengikuti prosedur yang sebelumnya dilaporkan oleh Sudewi *et al.* (2019). Amplifikasi DNA menggunakan kit GoTag<sup>®</sup> PCR core system (Promega) dengan sepasang primer 16S rRNA (27F dan 1492R) dengan target amplicon sebesar 1.492 bp. Produk PCR dipurifikasi dengan Genomic DNA purification kit (Promega) dan dianalisis sekuensing menggunakan jasa 1<sup>st</sup> BASE, Singapura. Hasil sekuensing diidentifikasi dalam *GenBank database* dengan program BLAST ([blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi](http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi)). Minimal nilai sekuen diidentifikasi homolog dengan spesies bakteri tertentu jika memiliki *query cover* lebih besar atau sama dengan 97% (Rungrassamee *et al.*, 2014).

## HASIL DAN BAHASAN

### Total Bakteri Permukaan Air Laut

Hasil *sampling* air permukaan pantai di Desa Gerokgak menunjukkan bahwa rata-rata total bakteri pada koordinat 50 m lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata total bakteri pada koordinat 100 m dan 300 m (Gambar 2A). Total bakteri meningkat pada bulan Februari hingga bulan Mei, dan menurun di bulan selanjutnya hingga pada bulan Oktober terjadi peningkatan kembali. Populasi bakteri tertinggi mencapai  $9.067 \pm 7.481$  CFU/mL pada koordinat 50 m,  $2.233 \pm 587$  CFU/mL pada koordinat 100 m dan 200 CFU/mL pada koordinat 300 m. Total bakteri terendah terjadi di bulan Juli pada koordinat 100 m hingga  $733 \pm 306$  CFU/mL, pada bulan Agustus pada koordinat 50 m mencapai  $427 \pm 156$  CFU/mL, dan di bulan September pada koordinat 300 m hingga 60 CFU/mL.

Total bakteri air permukaan pantai Desa Penyabangan menunjukkan jumlah yang lebih rendah dibandingkan dengan total bakteri di perairan pantai Desa Gerokgak (Gambar 2B). Pola peningkatan total bakteri yang sama ditunjukkan pada semua koordinat



Gambar 2. Pola total bakteri selama bulan Februari hingga November 2018 di keempat stasiun *sampling*; Desa Gerokgak (A), Desa Penyabangan (B), Teluk Kaping (C), dan Desa Pemuteran (D).

Figure 2. Variation of total bacteria from February to November 2018 in four sampling sites: Gerokgak Village (A), Penyabangan Village (B), Kaping Bay (C), and Pemuteran Village (D).

antara Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan. Total bakteri koordinat 50 m lebih tinggi dibandingkan dengan koordinat 100 m dan 300 m. Total bakteri tertinggi pada koordinat 50 m mencapai  $2.967 \pm 764$  CFU/mL, sedangkan total bakteri tertinggi pada koordinat 100 m dan 300 m terjadi di bulan Juni yaitu  $1.567 \pm 306$  CFU/mL dan  $200$  CFU/mL. Total bakteri terendah terjadi pada bulan Juli pada koordinat 100 m dan 300 m yaitu  $100 \pm 0$  CFU/mL, sedangkan populasi bakteri terendah pada koordinat 50 m terjadi pada bulan Agustus yaitu  $213 \pm 84$  CFU/mL.

Total bakteri pada tiga koordinat di perairan Teluk Kaping memiliki kisaran nilai yang sama dengan koordinat 100 m pada perairan pantai di sentra pembenihan ikan laut di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan (Gambar 2C). Pola peningkatan total bakteri perairan di Teluk Kaping sama dengan pola total bakteri perairan di dua desa sebelumnya yaitu tinggi di bulan Februari sampai Mei, dan menurun di bulan Juni sampai akhir *sampling* (bulan November) dengan jumlah sedikit berfluktuasi. Total bakteri tertinggi terjadi di bulan Mei hingga  $1.167 \pm 231$

CFU/mL dan terendah hingga populasi  $120 \pm 14$  CFU/mL di bulan Oktober. Total bakteri di perairan yang berjarak 100 m dari garis pantai di Desa Pemuteran memiliki kisaran total bakteri sama dengan kisaran total bakteri perairan pada koordinat 300 m di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan (Gambar 2D). Pola peningkatan total bakteri mengikuti pola peningkatan total bakteri di ketiga lokasi sentra budidaya ikan laut. Total bakteri tertinggi terjadi pada bulan Maret yang mencapai  $500 \pm 52$  CFU/mL, dan terendah mencapai  $80 \pm 27$  CFU/mL.

Konsentrasi amonia di Teluk Kaping dilaporkan lebih tinggi dibandingkan konsentrasi amonia di perairan pantai Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan (Nasukha *et al.*, 2019), namun total bakteri permukaan di tiga koordinat lebih rendah dibandingkan dengan total bakteri di perairan pantai pada titik koordinat 50 m di dua desa tersebut. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena ketiga titik koordinat tersebut berada pada perairan yang lebih dalam ( $> 15$  m) dibandingkan dengan koordinat 5 m (kedalaman  $< 5$  m) dari garis pantai. Walaupun diduga bahwa kondisi

kegiatan budidaya yang padat di Teluk Kaping dengan 830 petak KJA per luasan 595 ha menjadi pemicu jenuhnya kadar bahan organik di perairan (Sutarmat *et al.*, 2014; Nasukha *et al.*, 2019), namun beban limbah padat yang kemungkinan mengendap di dasar perairan dengan kondisi air yang relatif tenang tidak menimbulkan dampak yang signifikan terhadap populasi bakteri permukaan air.

Total bakteri yang terdata di Desa Pemuteran kemungkinan merupakan dampak dari usaha budidaya perikanan. Sebaran limbah budidaya kemungkinan juga berdampak sampai ke perairan pesisir pantai Desa Pemuteran, mengingat wilayah tersebut berada di antara Teluk Kaping dan Desa Penyabangan yang disinyalir berpengaruh terhadap fluktuasi total bakteri di perairan Desa Pemuteran (Nasukha *et al.*, 2019).

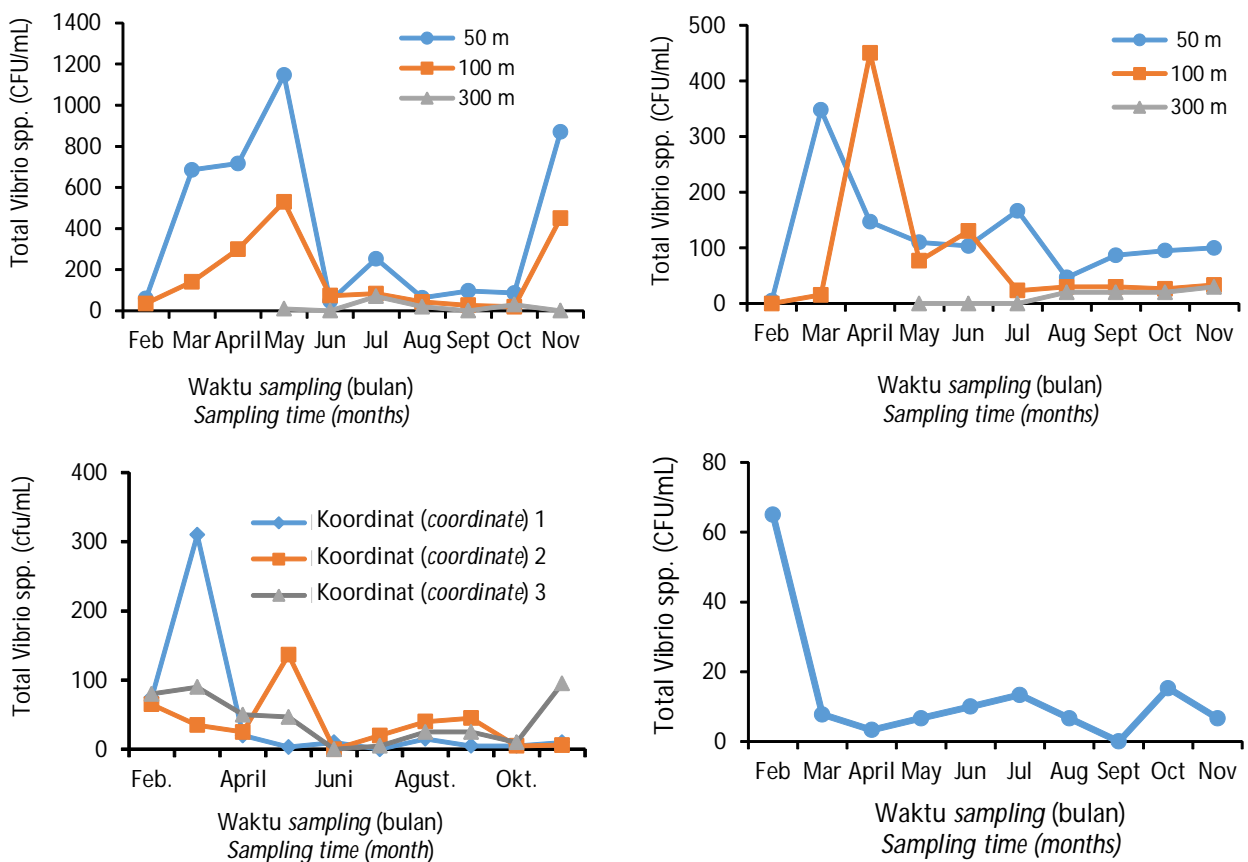
**Vibrio spp. Permukaan Air Laut**

Secara umum, fluktuasi populasi *Vibrio* spp. di keempat lokasi *sampling* memiliki pola yang sama dengan total bakteri (Gambar 3).

Populasi *Vibrio* spp. pada perairan pantai Desa Gerokgak di koordinat 50 m (Gambar 3A) terdata lebih

tinggi dibandingkan dengan populasi *Vibrio* spp. di koordinat 100 m dan 300 m. Populasi *Vibrio* spp. pada koordinat 50 m dan 100 m meningkat di bulan Maret dan mencapai puncaknya di bulan Mei hingga  $1.147 \pm 689$  CFU/mL dan  $530 \pm 235$  CFU/mL. Populasi *Vibrio* spp. tersebut menurun di bulan Juni hingga mencapai populasi terendah pada bulan Agustus yaitu  $47 \pm 15$  CFU/mL pada koordinat 50 m dan  $30 \pm 20$  CFU/mL pada koordinat 100 m. Populasi *Vibrio* spp. teramati meningkat kembali pada bulan November. *Vibrio* spp. pada koordinat 300 m teramati dengan populasi tertinggi mencapai 60 CFU/mL dan terendah hingga 0 CFU/mL.

Populasi *Vibrio* spp. di perairan pantai Desa Penyabangan teramati lebih rendah (Gambar 3B) dibandingkan dengan populasi *Vibrio* spp. di perairan pantai Desa Gerokgak. Populasi *Vibrio* spp. terlihat meningkat di bulan Februari hingga mencapai puncaknya di bulan Maret pada koordinat 50 m sebesar  $348 \pm 100$  CFU/mL, dan di bulan April pada koordinat 100 m sebesar  $450 \pm 70$  CFU/mL. Selanjutnya populasi *Vibrio* spp. menurun dengan nilai terendah di bulan Juli (koordinat 100 m) dan bulan Agustus (koordinat



Gambar 3. Fluktuasi *Vibrio* spp. selama bulan Februari hingga November 2018 di keempat stasiun *sampling*; Desa Gerokgak (A), Desa Penyabangan (B), Teluk Kaping (C), dan Desa Pemuteran (D).

Figure 3. Fluctuation of *Vibrio* spp. from February to November 2018 in four sampling sites: Gerokgak Village (A), Penyabangan Village (B), Kaping Bay (C), and Pemuteran Village (D).



50 m) sebesar  $23 \pm 15$  CFU/mL dan  $47 \pm 15$  CFU/mL. Populasi *Vibrio* spp. tersebut mengalami kenaikan kembali di bulan September. Populasi *Vibrio* spp. pada koordinat 300 m menunjukkan nilai tertinggi hingga 30 CFU/mL dan terendah sebesar 20 CFU/mL.

Fluktuasi populasi *Vibrio* spp. di perairan Teluk Kaping (Gambar 3C) menunjukkan pola yang sama dengan fluktuasi populasi *Vibrio* spp. di perairan pantai lainnya. Populasi *Vibrio* spp. tertinggi teramati pada koordinat-1 hingga  $310 \pm 141$  CFU/mL (bulan Maret) diikuti oleh koordinat-2 dan 3 masing-masing  $137 \pm 74$  CFU/mL dan  $47 \pm 31$  CFU/mL di bulan Mei. Populasi *Vibrio* spp. juga teramati di perairan pantai Desa Pemuteran (Gambar 3D) dengan pola fluktuasi yang sama dengan ketiga perairan di atas. Populasi *Vibrio* spp. tertinggi terdata di bulan Maret mencapai  $65 \pm 7$  CFU/mL.

Secara umum, total bakteri dan *Vibrio* spp. di keempat lokasi *sampling* terlihat memiliki pola yang konsisten. Pola fluktuasi total bakteri dan *Vibrio* spp. tersebut mengikuti musim yang memengaruhi pola pergerakan suhu. Menurut Koji *et al.* (2015), musim dapat memengaruhi populasi bakteri pada permukaan air. Selama musim hujan dilaporkan terjadi peningkatan populasi bakteri *Vibrio* spp. dan *Aeromonas* spp. yang menempel di permukaan kopepoda. Berdasarkan rata-rata curah hujan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng (2017) menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi di awal tahun (bulan Januari-Juni) dan di akhir tahun (bulan November-Desember). Musim hujan di tahun tersebut hampir sama dengan musim hujan pada tahun 2018. Pada musim hujan di perairan Bali Utara di tahun 2018 dilaporkan terjadi peningkatan suhu di pertengahan bulan Januari ( $28,20 \pm 0,84^\circ\text{C}$ ) hingga bulan April ( $30,10 \pm 1,01^\circ\text{C}$ ). Suhu perairan pantai selanjutnya mengalami penurunan pada peralihan musim hujan ke musim kemarau dengan nilai terendah di bulan Agustus ( $28,22 \pm 0,36^\circ\text{C}$ ). Aliran udara yang dingin di Kecamatan Gerokgak pada kurun waktu peralihan musim hujan ke musim kemarau kemungkinan memengaruhi suhu perairan pantai. Pada akhir bulan Agustus terjadi pengulangan pola kenaikan suhu hingga bulan Desember (Nasukha *et al.*, 2019); di mana waktu tersebut merupakan peralihan musim panas ke hujan. Joint & Smale (2017) melaporkan bahwa suhu memengaruhi aktivitas bakteri, di mana aktivitas mikroba maksimum terjadi pada suhu tinggi. Frekuensi dan besarnya gelombang panas laut cenderung meningkat dan dapat memengaruhi peran kumpulan bakteri dalam proses biogeokimia. Peningkatan suhu air juga memengaruhi proses nitrifikasi, di mana amonia dioksidasi menjadi nitrit ( $\text{NO}_2$ ) yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat ( $\text{NO}_3$ ).

Langkah oksidasi pertama dimediasi oleh bakteri pengoksidasi amonia (AOB), sedangkan langkah kedua dimediasi oleh bakteri pengoksidasi nitrit. Dalam siklus nitrogen, nitrifikasi menghubungkan mineralisasi N dengan denitrifikasi yang menghasilkan gas  $\text{N}_2$  (Chen *et al.*, 2010; Isnansetyo *et al.*, 2014). Nitrogen merupakan unsur yang paling berpengaruh dalam meningkatkan pengayaan bahan organik dan memicu adanya eutrofikasi pada perairan pantai (Howarth & Marino, 2006). Peningkatan konsentrasi karbon organik terlarut dilaporkan memiliki korelasi yang signifikan terhadap populasi bakteri di perairan pantai (Wang *et al.*, 2017).

Populasi *Vibrio* spp. di perairan pantai Desa Gerokgak teramati lebih tinggi dibandingkan dengan perairan pantai dan teluk lainnya. Hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya alih fungsi lahan, lokasi pembenihan yang mengelompok dalam satu area/lokasi dan kondisi, serta manajemen beberapa pembenihan yang masih kurang baik sehingga berdampak terhadap peningkatan cemaran limbah bahan organik dan anorganik di perairan pantai tersebut. Hal tersebut berbeda dengan kondisi perairan pantai Desa Penyabangan yang terlihat lebih jernih dengan lokasi pembenihan lebih menyebar dan merata sepanjang pantai, dan manajemen pembenihan yang lebih baik (Mahardika *et al.*, 2019). Dampak dari alih fungsi dan kondisi pembenihan tersebut juga dilaporkan kemungkinan berpengaruh terhadap populasi bakteri dalam substrat pantai seperti total bakteri, *Vibrio* spp., *Enterobacter* spp., bakteri halotoleran, dan bakteri mikrofilik anaerob. Populasi bakteri substrat pantai Desa Gerokgak teramati lebih tinggi dibandingkan dengan substrat pantai Desa Penyabangan sepanjang tahun 2018-2019 (Mahardika *et al.*, 2018; 2019).

#### **Total Bakteri dan *Vibrio* spp. pada Bak Penampungan Air di Panti Pembenihan**

Pola fluktuasi total bakteri dan *Vibrio* spp. air laut di bak penampungan pada unit pembenihan di Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan mengikuti pola fluktuasi bakteri air laut (Gambar 4A dan B). Populasi total bakteri di kedua desa tersebut hampir sama yaitu populasi tertinggi terdata di bulan Mei hingga  $9.133 \pm 1.222$  CFU/mL dan  $8.500 \pm 1.202$  CFU/mL, dan terendah di bulan September mencapai  $17 \pm 6$  CFU/mL dan  $86 \pm 23$  CFU/mL. *Vibrio* spp. mengalami fase tinggi pada bulan Mei-Juni dan Oktober-November yaitu  $33 \pm 6$ — $53 \pm 15$  CFU/mL dan  $47 \pm 15$ — $63 \pm 31$  CFU/mL. Pola fluktuasi populasi bakteri pada air budidaya memengaruhi populasi bakteri pada ikan budidaya. Menurut Kim & Lee (2017), tingkat populasi bakteri dan *Vibrio* spp. pada ikan berbanding lurus

dengan tingkat populasi bakteri dan *Vibrio* spp. dalam air budidaya. Oleh karena itu, pengawasan kepadatan *Vibrio* spp. pada perairan budidaya dapat menjadi salah satu indikator adanya kontaminasi mikroba pada ikan. Hal tersebut juga dibuktikan dengan ditemukannya kepadatan bakteri dengan konsentrasi tinggi ( $10^7$ - $10^8$  CFU/g) pada organ hati ikan kerapu dan kakap putih yang dipelihara di unit pembenihan di bulan Februari, April, sampai Juli. Pola tersebut diikuti pula dengan populasi *Vibrio* spp. dalam tubuh ikan yang mana populasi tinggi ( $10^4$ - $10^6$  CFU/g) dan sangat tinggi ( $10^7$ - $10^9$  CFU/g) terjadi di bulan Maret, April, dan Juni (Mahardika *et al.*, 2020). Lebih jauh dilaporkan bahwa tingginya populasi bakteri pada organ dalam ikan memicu terjadinya infeksi virus VNN yang menimbulkan kematian massal benih ikan kerapu dan ikan kakap putih di panti pembenihan. Di mana prevalensi infeksi virus VNN banyak terjadi di bulan Maret sampai Juli dan meningkat pada bulan November.

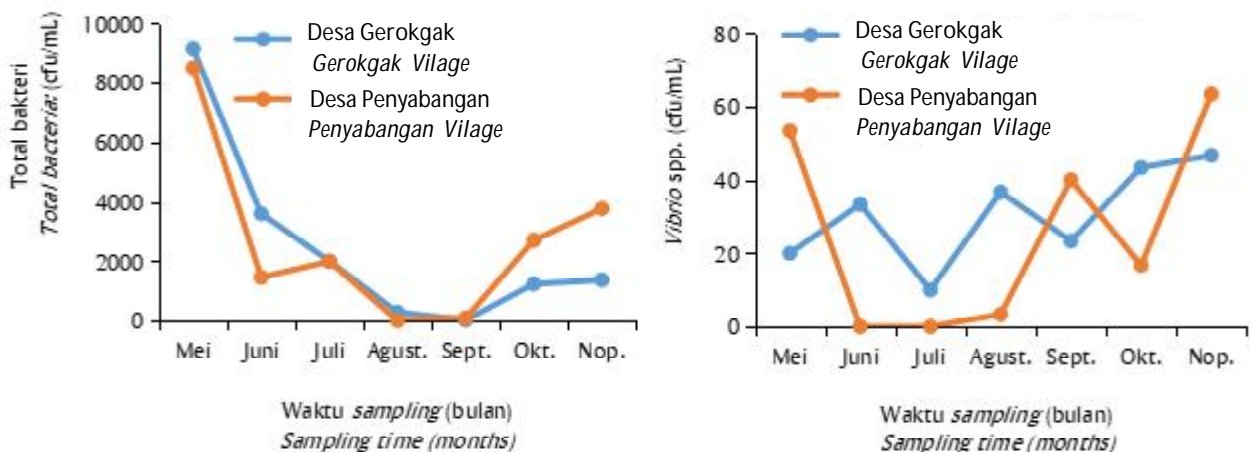
**Bakteri Dominan pada Perairan Pantai di Sentra Budidaya Ikan Laut di Kecamatan Gerokgak**

Hasil sekuensing isolat bakteri yang ditemukan di perairan pantai di sentra budidaya ikan laut di Kecamatan Gerokgak seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil sekuensing dari koloni bakteri yang diperoleh selama 10 bulan pemantauan perairan pantai di Kecamatan Gerokgak adalah *Bacillus cereus*, *Vibrio alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, dan *Staphylococcus sciuri*. Bakteri *Vibrio* spp. merupakan bakteri yang ditemukan secara alami di perairan laut dan muara. Beberapa *Vibrio* spp.

ditemukan pada air laut hingga air payau dengan kelimpahan populasi tunggal berkisar dari  $5 \times 10^2$  hingga  $7 \times 10^4$  sel/L (Eiler *et al.*, 2006). Menurut Caburlotto *et al.* (2012) dan Böer *et al.* (2013), suhu dan salinitas merupakan dua parameter lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap populasi *Vibrio* spp. Lebih jauh dilaporkan bahwa *Vibrio* spp. dalam sedimen atau substrat pantai memiliki populasi lebih tinggi dari pada air. *Vibrio. harveyi* merupakan jenis *Vibrio* spp. yang paling patogen pada ikan kakap putih dan ikan kerapu (Rangsangan *et al.*, 2012). Lebih jauh dilaporkan bahwa *V. harveyi* yang menyerang ikan kakap putih dan ikan kerapu memiliki perbedaan gen hemolisin dengan *V. harveyi* yang menyerang udang windu (*Penaeus monodon*). *V. vulnificus* dan *V. parahaemolyticus* juga dilaporkan sebagai penyebab utama penyakit bakteri dari produk makanan laut (Baker-Austin *et al.*, 2010). *Bacillus cereus* ditemukan di perairan pantai kemungkinan berasal dari tambak udang dan panti pembenihan ikan kerapu. *B. cereus* ini banyak digunakan sebagai probiotik untuk budidaya udang dan ikan kerapu (Nurhidayu *et al.*, 2012; Buruianã *et al.*, 2014). *Staphylococcus* spp. memiliki berbagai aktivitas degradatif dan dapat berkontribusi pada detoksifikasi limbah dan daur ulang nutrisi di laut. Spesies dari *Staphylococcus* spp. yang ditemukan di perairan pantai hingga muara seperti *S. hominis*, *S. Epidermidis*, dan *S. sciuri* (Gunn & Colwell, 1983).

Bakteri *Vibrio* spp. dapat berperan sebagai patogen primer ataupun patogen sekunder. Sebagai patogen primer, *Vibrio* spp. masuk melalui kontak langsung dengan organisme, sedangkan sebagai patogen sekunder, *Vibrio* spp. menginfeksi organisme yang telah terlebih dahulu terinfeksi penyakit lain (Ayini *et*



Gambar 4. Fluktuasi total bakteri dan *Vibrio* spp. selama bulan Mei hingga November 2018 pada bak penampungan air di panti pembenihan; Desa Gerokgak (A) dan Desa Penyabangan (B).

Figure 4. Variations of total bacteria and *Vibrio* spp. from May to November 2018 in reservoir tanks of different hatcheries: Gerokgak Village (A) and Penyabangan Village (B).



Tabel 1. Spesies bakteri yang ditemukan pada perairan laut di sentra budidaya ikan laut, Kecamatan Gerokgak tahun 2018

Table 1. Species of bacteria found in the sampling locations of Gerokgak coastal waters in 2018

Identitas isolat <i>Isolate ID</i>	Spesies terdekat <i>Closest species</i>	Nomor akses database <i>Database accession number</i>	Kemiripan sekuen <i>Similarity: maximal score/total score- (Query cover/Per Ident)</i>
Ks_ALK_6	<i>Bacillus cereus strain D21 16S</i> rRNA gene._partial sequence	KC441762.1	2597/2597 (98%/99,51%)
PaK_ALK_7	<i>Vibrio alginolyticus strain CHN-17 16S</i> rRNA gene._partial sequence	KR347188.1	2586/2586 (98%/99.37%)
Km_ALK-13	<i>Vibrio harveyi strain HH101315 16S</i> rRNA gene._partial sequence	KF746885.1	2573/2573 (99%/98.96%)
Ks_ALK_14	<i>Bacillus cereus strain D21 16S</i> rRNA gene._partial sequence	KC441762.1	2597/2597 (98%/99.51%)
Ps_ALK_21	<i>Staphylococcus sciuri strain DZ-T1 16S</i> rRNA gene._partial sequence	KRA476410.1	2649/2649 (99%/99.52%)
Kb_ALK_52	<i>Vibrio parahaemolyticus strain Vp-4 16S</i> rRNA gene._partial sequence	MK377081.1	2584/2584 (99%/98.90%)
Ks_ALK_60-9	<i>Vibrio parahaemolyticus strain Vp-4 16S</i> rNA gene._partial sequence	MK377081.1	2547/2547 (99%/98.41%)

al., 2014). Populasi total bakteri dan *Vibrio* spp. di perairan pantai Desa Gerokgak, Desa Penyabangan, Desa Pemuteran, dan Teluk Kaping masih dalam batas normal sesuai dengan standar Laboratorium Patologi, Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan, Gondol, Bali yang telah terakreditasi (ISO/IEC 17025:2017) yaitu total bakteri berkisar antara  $10^3$ - $10^6$  CFU/mL dan *Vibrio* spp. berkisar antara  $10^2$ - $10^3$  CFU/mL.

### KESIMPULAN

Populasi bakteri dan *Vibrio* spp. di beberapa lokasi yang berbeda di Bali Utara menunjukkan bahwa fluktuasinya dipengaruhi oleh musim dan keberadaan panti pembenihan, serta karamba jaring apung di lokasi-lokasi tersebut. Total bakteri dan *Vibrio* spp. di tiga lokasi perairan di sentra budidaya laut di Kecamatan Gerokgak, Bali menunjukkan populasi tinggi di bulan Maret hingga Mei dan di bulan Oktober hingga November. Fluktuasi populasi bakteri ini erat hubungannya dengan peralihan musim (musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya). Oleh karena itu, pembudidaya ikan laut perlu melakukan perbaikan manajemen budidaya yang lebih baik. Salah satunya adalah menyesuaikan tahapan budidaya/siklus hidup ikan budidaya yang rentan dengan populasi *Vibrio* spp. yang tinggi untuk menghindari terjadinya penyakit pada ikan budidaya tersebut.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh APBN Balai Besar Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) DIPA Tahun 2018. Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Prof. Dr. Ketut Sugama, M.S. atas saran dan masukan dalam tulisan ini, serta teknisi litkayasa pada Laboratorium Patologi, Laboratorium Kimia, dan Laboratorium Lingkungan BBRBLPP, Gondol yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR ACUAN

- Ayini, U., Harnina, S.B., & Dewi, T.C. (2014). Efek antibakteri ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) terhadap bakteri *Vibrio alginolyticus* secara *In Vitro*. *Biosaintifika*, 6(1), 67-75.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng. (2017). Rata-rata curah hujan dan hari hujan di Kabupaten Buleleng menurut bulan. *Update* terakhir 01 Oktober 2018. <https://bulelengkab.bps.go.id/statictable/2015/03/16/32/rata-rata-curah-hujan-dan-hari-hujan-di-kabupaten-buleleng-menurut-bulan-2017.html>. Diakses 14 Juni 2020.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng. (2018). Statistik Daerah. Pemerintah Kabupaten Buleleng, 75 hlm. [www.statistik.bulelengkab.go.id](http://www.statistik.bulelengkab.go.id).
- Baker-Austin, C., Stockley, L., Rangdale, R., & Martinez-Urtaza, J. (2010). Environmental

- occurrence and clinical impact of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*: A European perspective. *Environmental Microbiology Reports*, 2(1), 7-18.
- Böer, S.I., Heinemeyer, E.-A., Luden, K., Erler, R., Gerds, G., Janssen, F., & Brennholt, N. (2013). Temporal and spatial distribution patterns of potentially pathogenic *Vibrio* spp. at recreational beaches of the German North Sea. *Microb. Ecol.*, 65, 1052-1067.
- Buruiană, C.-T., Profir, A.G., & Vizireanu, C. (2014). Effects of probiotic bacillus species in aquaculture-an overview. *AUDJG-Food Technology*, 38(2), 9-17.
- Caburlotto, G., Bianchi, F., Gennari, M., Ghidini, V., Socal, G., Aubry, F.B., Bastianini, M., Tafi, M.C., & Lleo, M.M. (2012). Integrated evaluation of environmental parameters influencing *Vibrio* occurrence in the coastal Northern Adriatic Sea (Italy) facing the Venetian Lagoon. *Microb. Ecol.*, 63, 20-31.
- Chen, G., Cao, X., Song, C., & Zhou, Y. (2010). Adverse effects of ammonia on nitrification process: The case of Chinese Shallow Freshwater Lakes. *Water Air Soil Pollut.*, 210, 297-306.
- Collin, B. & Rehnstam-Holm, A-S'. (2011). Occurrence and potential pathogenesis of *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, and *Vibrio vulnificus* on the South Coast of Sweden. *FEMS Microbiology Ecology*, 78, 306-313.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Buleleng. (2017). Laporan akuntabilitas kinerja instansi pemerintah (LAKIP) tahun 2016. Pemerintah Kabupaten Buleleng. 27 hlm. <https://bulelengkab.go.id/bankdata>.
- Eiler, A., Johansson, M., & Bertilsson, S. (2006). Environmental influences on *Vibrio* populations in Northern Temperate and Boreal Coastal Waters (Baltic and Skagerrak Seas). *Applied and Environmental Microbiology*, 72(9), 6004-6011.
- Gunn, B.A. & Colwell, R.R. (1983). Numerical taxonomy of staphylococci isolated from the marine environment. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 33(4), 751-759.
- Hanafi, A., Andriyanto, W., Syahidah, D., & Sukresno, B. (2006). Characteristic and carrying capacity of Kaping Bay, Buleleng Regency, Bali for marine aquaculture development. *Prosiding Kajian Keragaan dan Pemanfaatan Perikanan Budidaya*, hlm. 83-95.
- Howarth, R.W. & Marino, R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for Eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. *Limnol. Oceanography*, 51(1 part 2), 164-376.
- Isnansetyo, A., Getsu, S., Seguchi, M., & Koriyama, M. (2014). Independent effects of temperature, salinity, ammonium concentration and pH on nitrification rate of the Ariake seawater above mud sediment. *Hayati Journal of Biosciences*, 21(1), 21-30.
- Joint, I. & Smale, D.A. (2017). Marine heatwaves and optimal temperatures for microbial assemblage activity. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(2), 1-9.
- Kardi, C. & Wiasta, I W. (2016). Pengembangan agrowisata budidaya perikanan laut berbasis masyarakat pesisir di Kecamatan Gerokgak. *Prosiding Seminar Nasional. Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat (LPPM) Unmas Denpasar, hlm. 911-924.
- Kim, J.Y. & Lee, J.-L. (2017). Correlation of total bacterial and *Vibrio* spp. populations between fish and water in the aquaculture system. *Frontiers in Marine Science*, 4, article 147, 1-10.
- Koji, E., Arfao, A.T., Djimeli, C.L., Ewoti, O.V.N., Nougang, M.E., Bricheux, G., Nola, M., & Sime- Ngando, T. (2015). Impact of rainfall and some water abiotic factors on the abundance dynamic of vibrio and aeromonas adhered to copepods surface in some coastal streams and rivers in Cameroon (Central Africa). *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 3(9), 11-21.
- Mahardika, K., Zafran, Roza, D., Mastuti, I., Syahidah, D., Nasukha, A., Septory, R., Sudewi, Astuti, N.W.W., Ismi, S., & Setiadi, A. (2018). Pemantauan lingkungan dan kejadian penyakit di kawasan budidaya laut, Bali Utara. *Laporan Teknis Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan, Gondol, Bali*, 39 hlm.
- 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.
- Mahardika, K., Mastuti, I., Roza, D., Syahidah, D., Astuti, N.W.W., Ismi S., & Zafran (2020). Pemantauan insidensi penyakit pada ikan kerapu dan kakap di pembenihan dan keramba jaring apung di Bali Utara. *Jurnal Riset Akuakultur*, 15(2), 89-102.

- 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.
- Nurhidayu, A., Ina-Salwany, M.Y., Daud, H.M., & Harmin, S.A. (2012). Isolation, screening and characterization of potential probiotics from farmed tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). *African Journal of Microbiology Research*, 6(9), 1924-1933.
- Parmar, T., Rawtani, D., & Agrawal, Y.K. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110-118.
- Rungrassamee, W., Klanchui, A., Maibunkaew, S., Chaiyapechara, S., Jiravanichpaisal, P., & Karoonuthaisiri, N. (2014). Characterization of intestinal bacteria in wild and domesticated adult black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *PLoS ONE*, 9(3), 1-11.
- Sudewi, Widiastuti, Z., Mastuti, I., & Mahardika, K. (2019). Identification and pathogenicity test of some bacteria isolated from wild and farmed spiny lobster *Panulirus Homarus*. *Berita Biologi*, 18(3), 265-272.
- Sutarmat, T., Permana, I G.N., Mahardika, K., Giri, I N.A., Pujiastuti, R., & Andriyanto, W. (2014). Pendugaan limbah nutrisi nitrogen dan fosfor dari aktivitas budidaya ikan dalam keramba jaring apung di Teluk Pegametan. *Laporan Teknis Kegiatan Kementerian Kelautan dan Perikanan*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Budidaya Laut Gondol (BBRPBL-Gondol), 25 hlm.
- Sumampouw, O.J. & Risjani, Y. (2014). Bacteria as indicators of environmental pollution: Review. *International Journal of Ecosystem*, 4(6), 251-258.
- Todd, P.A., Ong, X., & Chou, L.M. (2010). Impacts of pollution on marine life in Southeast Asia. *Biodivers Conserv*, 19, 1063-1082.
- Wang, P., Joo, J.-H., Park, B.S, Kim, J.-H., Kim, J.H., & Han, M.-S. (2017). Relationship between dissolved organic carbon and bacterial community in the coastal waters of Incheon, Korea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 46(1), 50-61.