

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

SEBARAN VERTIKAL TOTAL NITROGEN, TOTAL FOSFAT, DAN AMONIA PADA PERAIRAN PESISIR YANG BERDEKATAN DENGAN KAWASAN BUDIDAYA LAUT DI BALI UTARA

Reagan Septory[#], Afifah Nasukha, Sudewi, Ananto Setiadi, dan Ketut Mahardika

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

(Naskah diterima: 27 November 2020; Revisi final: 3 Mei 2021; Disetujui publikasi: 3 Mei 2021)

ABSTRAK

Buangan limbah organik dari kegiatan budidaya ikan berdampak pada naiknya konsentrasi senyawa nitrogen di perairan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran vertikal konsentrasi total nitrogen (TN), total fosfat (TP), dan amonia pada perairan pesisir yang berdekatan dengan kawasan budidaya ikan laut di Bali Utara. Titik *sampling* dipilih pada kedalaman 5, 10, 15, 20, dan 30 meter dengan arah tegak lurus garis pantai di kawasan perbenihan ikan dengan tingkat aktivitas tinggi (Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan) dan tiga titik *sampling* di sekitar karamba jaring apung (KJA) di Teluk Kaping, Desa Sumberkima. Sampel air diambil pada bagian permukaan, tengah, dan dasar pada tiap titik *sampling*. Penelitian ini dilakukan pada tahun 2019 dengan dua periode waktu yaitu bulan April sampai Juni dan Agustus sampai Oktober dengan satu kali pengambilan contoh air setiap bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran konsentrasi TN, TP, dan amonia secara vertikal cenderung homogen pada tiap titik pengamatan. Konsentrasi TN, TP, dan amonia selama penelitian berturut-turut adalah 1,2-1,5 mg/L; 0,081-0,090 mg/L; dan 0,054-0,057 mg/L. Nilai tersebut berada di bawah baku mutu air untuk kebutuhan budidaya ikan. Sebaran konsentrasi senyawa nitrogen dan fosfat secara vertikal di lokasi penelitian relatif homogen pada semua lapisan kedalaman air yang diamati. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pencampuran masa air terjadi secara merata di kawasan tersebut. Kualitas perairan di lokasi penelitian masih sesuai dengan nilai baku mutu untuk kegiatan budidaya laut.

KATA KUNCI: total nitrogen; total fosfat; amonia; sebaran vertikal; kualitas air

ABSTRACT: *Vertical distribution of total nitrogen, total phosphate, and ammonia in coastal waters adjacent to mariculture area at North Bali. By: Reagan Septory, Afifah Nasukha, Sudewi, Ananto Setiadi, and Ketut Mahardika*

Direct discharge of organic waste from aquaculture platforms is likely to increase nitrogen concentration in the surrounding waters. The study aimed to investigate the vertical distribution of total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), and ammonia concentration in the coastal waters adjacent to the three densest mariculture sites in North Bali (Gerokgak, Penyabangan, and Kaping Bay). Field surveys were conducted six times within two periods namely April to June and August to October 2019. Samples of different water columns (surface, middle, and bottom) were collected using a Nansen water sampler in each sampling point. The samples were immediately analyzed at the Research Institute for Mariculture and Fishery Extension, Gondol. Total nitrogen, total phosphate, and ammonia were analysed using sulfuric acid destruction and distillation, nitrate-acid destruction, and phenol-spectrophotometer, respectively. The result showed that TN, TP, and ammonia levels were 1.2-1.5 mg/L, 0.081-0.090 mg/L, and 0.054-0.057 mg/L, respectively. The vertical distribution of nitrogen and phosphorus compounds at all layers of water column were relatively homogenous indicating a strong mixing between the seawater layers. Thus, the study concludes that the variations of all water quality parameters are within the water quality standard needed for mariculture activities.

KEYWORDS: total nitrogen; total phosphorus; ammonia; vertical distribution; mariculture; North Bali

[#] Korespondensi: Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan
Jl. Br. Gondol, Kec. Gerokgak Kab. Buleleng, Po. Box 140, Singaraja, Bali 81101, Indonesia
E-mail: r.septory@gmail.com

PENDAHULUAN

Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Provinsi Bali telah lama dikenal sebagai salah satu kawasan pembenihan dan pembesaran ikan laut di Indonesia. Usaha budidaya tersebut memberi dampak positif terhadap peningkatan ekonomi masyarakat di kawasan tersebut, akan tetapi tingkat produksi yang tinggi melebihi daya dukung perairan dapat memberi dampak negatif terhadap mutu lingkungan perairan di sekitarnya (Mayerle *et al.*, 2019). Degradasi lingkungan akibat kegiatan budidaya ikan bukan hanya pada penurunan kualitas di perairan, tetapi sekitar lahan yang digunakan untuk fasilitas pembenihan ikan akibat intrusi air laut (Ismi *et al.*, 2012). Akumulasi limbah organik dan anorganik di perairan pantai memberi dampak negatif terhadap meningkatnya kejadian penyakit dan kematian ikan setiap tahun (Sembiring *et al.*, 2018; Mahardika *et al.*, 2018; 2020).

Penggunaan pakan dengan kandungan protein tinggi pada sistem budidaya secara intensif menghasilkan produk limbah baik dalam bentuk senyawa terlarut maupun limbah padat terutama nitrogen dan fosfat (Dauda *et al.*, 2019; Islam, 2005). Hal ini menyebabkan perairan di sekitar kawasan budidaya memiliki konsentrasi nitrogen dan fosfat cenderung tinggi terutama karena limbah budidaya ikan terbuang secara langsung tanpa melalui proses *treatment* (Kawasaki *et al.*, 2016). Konsentrasi nitrogen dan fosfat yang tinggi melebihi tingkat kemampuan asimilasi ekosistem menyebabkan kualitas air menjadi turun (Bhateria & Jain, 2016). Sejumlah teknologi budidaya perairan telah diterapkan sebagai strategi untuk mengurangi dampak limbah nitrogen dan fosfat di antaranya *integrated multi-trophic aquaculture* (IMTA), penggunaan mikroorganisme (Crooker & Contreras, 2010) maupun penggunaan teknologi pengolahan air limbah (Turcios & Papenbrock, 2014). Selain itu, monitoring kondisi perairan pesisir perlu dilakukan untuk memperoleh perspektif dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya dengan lebih bijak (Mishra *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai kualitas perairan yang berkaitan dengan budidaya ikan di kawasan budidaya di Bali Utara antara lain; pengaruh suhu terhadap kesehatan ikan (Radiarta *et al.*, 2014), pengaruh suhu terhadap kematian ikan (Radiarta & Erlania, 2015), dan status trofik secara spasial dan temporal Teluk Pegametan (Tammi *et al.*, 2015). Penelitian terbaru menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi amonia dan penurunan suhu di perairan sekitar kawasan sentra budidaya ikan laut berdampak terhadap kegiatan budidaya ikan (Nasukha *et al.*, 2019), di mana hal tersebut berdampak pada peningkatan populasi bakteri dan infeksi ektoparasit pada ikan)

(Mahardika *et al.*, 2018; Karvonen *et al.*, 2019; Mahardika *et al.*, 2020). Kondisi tersebut juga dilaporkan berkaitan dengan kejadian penyakit yang secara regular terjadi pada kawasan tersebut (Sembiring *et al.*, 2018).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran vertikal total nitrogen (TN), total fosfat (TP), dan amonia (NH₃-N) di perairan yang berdekatan dengan kawasan budidaya ikan laut di Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng, Bali Utara di tahun 2019. Informasi ini diharapkan dapat dipergunakan oleh pemangku kebijakan dalam pengelolaan budidaya ikan secara berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2019 di perairan pesisir yang berdekatan dengan kawasan budidaya di Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Provinsi Bali. Penelitian dibagi dalam dua periode waktu *sampling* mengikuti pola sebaran suhu permukaan air laut yang sebelumnya dilaporkan oleh Nasukha *et al.* (2019). Periode pertama yaitu pada bulan April, Mei, dan Juni ketika pola perubahan suhu permukaan air laut secara *gradual* bergerak dari kondisi suhu tinggi ke rendah. Periode kedua adalah bulan Agustus, September, dan Oktober ketika suhu air laut menunjukkan pola perubahan dari suhu rendah ke tinggi.

Tiga lokasi penelitian dipilih mewakili kawasan yang memiliki aktivitas budidaya yang tinggi di Kecamatan Gerokgak. Lokasi-A dan B dan berturut turut adalah Desa Gerokgak dan Desa Penyabangan merupakan kawasan pembenihan ikan laut. Kedua lokasi yang dipilih berdekatan dengan titik pada penelitian yang dilakukan oleh Nasukha *et al.* (2019), sedangkan lokasi-C adalah Teluk Pegametan yang merupakan lokasi sentra pembesaran ikan laut menggunakan teknologi karamba jaring apung (KJA) (Gambar.1).

Sebaran Titik *Sampling* dan Prosedur

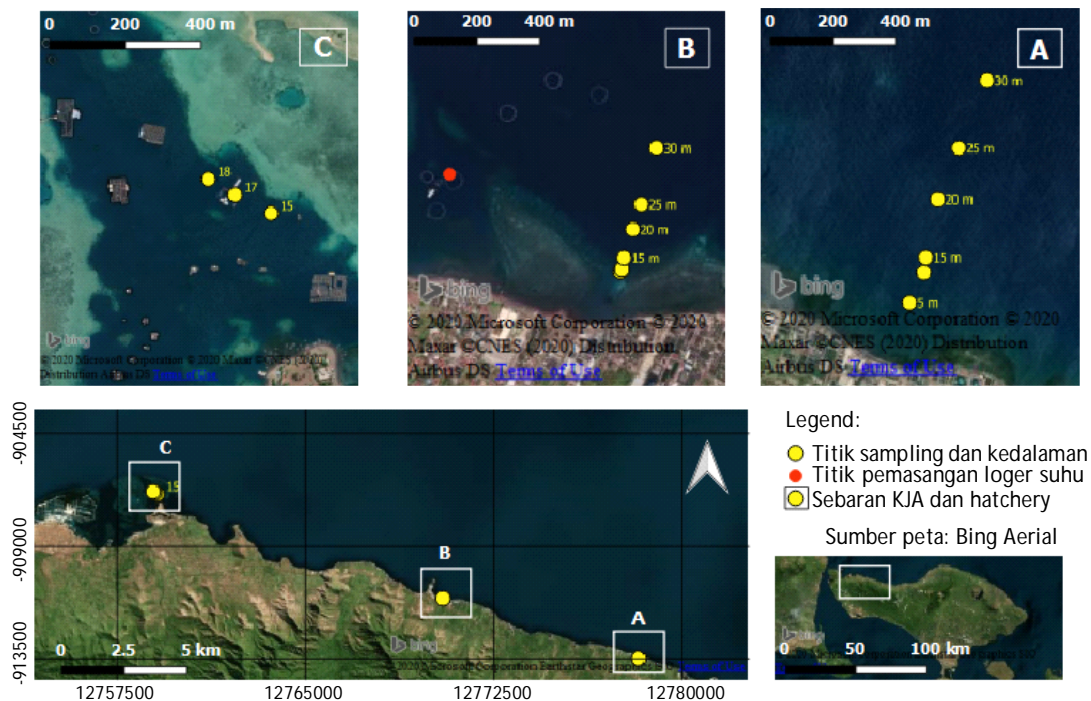
Penentuan kedalaman dilakukan menggunakan *echosounder* dan posisi koordinat setiap titik kedalaman direkam menggunakan *global positioning system* (GPS). Pada lokasi Gerokgak dan Penyabangan, titik *sampling* ditentukan tegak lurus menjauhi garis pantai pada kedalaman 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 meter (Tabel 1). Posisi koordinat dan rincian kedalaman *sampling* pada ketiga lokasi *sampling* disajikan pada Tabel 1.

Di Teluk Kaping, ditentukan tiga titik *sampling* di sekitar KJA aktif dengan jarak 100 m antar titik *sampling* (Gambar.1). Pengambilan sampel air dilakukan

Tabel 1. Sebaran titik koordinat dan kedalaman *sampling* kualitas air di lokasi penelitian
 Tabel 1. *Coordinate locations of sampling points and sampling layer depths in the study area*

Lokasi <i>Location</i>	Kedalaman titik <i>sampling</i> <i>Sampling point depth</i> (m)	Posisi koordinat <i>Coordinate position</i> ¹⁾		Sebaran kedalaman <i>sampling</i> air <i>Water sampling depth distribution</i> (m)		
		Selatan <i>South</i>	Timur <i>East</i>	Permukaan <i>Surface</i>	Tengah <i>Middle</i>	Dasar <i>Bottom</i>
Desa Gerokgak <i>Gerokgak Village</i>	5	9,095,529.73	256,497.83	0.3	-	5
	10	9,095,624.56	256,542.29	0.3	5	10
	15	9,095,671.51	256,548.31	0.3	7.5	15
	20	9,095,853.26	256,584.91	0.3	10	20
	25	9,096,014.71	256,650.93	0.3	12.5	25
	30	9,096,226.50	256,738.40	0.3	15	30
Desa Penyabangan <i>Penyabangan Village</i>	5	9,097,734.27	249,097.89	0.3	-	5
	10	9,097,741.93	249,102.26	0.3	5	10
	15	9,097,777.26	249,108.89	0.3	7.5	15
	20	9,097,867.14	249,135.84	0.3	10	20
	25	9,097,953.28	249,164.89	0.3	12.5	25
	30	9,098,122.47	249,209.25	0.3	15	30
Teluk Kaping <i>Kaping Bay</i>	15	9,101,693.49	237,365.93	0.3	12.5	15
	17	9,101,741.17	237,271.04	0.3	8.5	17
	18	9,101,781.81	237,200.35	0.3	9	18

Keterangan (Note): ¹⁾ Sistem proyeksi UTM 50 S (*Projection system UTM 50 S*)



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di kawasan budidaya ikan laut di Bali Utara; Gerokgak (A), Penyabangan (B), dan (C) Teluk Kaping.

Figure 1. Selected sampling stations for water quality measurement in mariculture areas of North Bali; Gerokgak (A), Penyabangan (B), and Kaping Bay (C).

pada bagian permukaan, tengah, dan dasar perairan menggunakan *Nansen water sampler*. Lapisan tengah untuk pengambilan sampel dihitung setengah dari kedalaman *insitu* pengambilan sampel pada masing-masing kedalaman. Semua sampel segera diawetkan pada saat pengambilan di lapangan sebelum dianalisis. Pengawetan dilakukan dengan cara disimpan pada kondisi suhu dingin menggunakan *coolbox* yaitu antara 10°C-15°C yang bertujuan untuk mereduksi proses dekomposisi oleh bakteri.

Pada penelitian ini juga ditentukan satu lokasi dekat Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP), Gondol untuk pengamatan suhu permukaan air menggunakan *data logger Tidbit®* yang diprogram untuk melakukan pengukuran setiap 30 menit. Data suhu permukaan laut yang diperoleh akan digunakan sebagai referensi perubahan suhu permukaan laut pada lokasi penelitian.

Analisis Kualitas Air

Total nitrogen (TN), total fosfat (TP), dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dianalisis untuk mengetahui konsentrasi nutrisi pada perairan. Konsentrasi nutrisi sangat berkaitan dengan buangan bahan organik dan anorganik dan menunjukkan tingkat pencemaran perairan. Konsentrasi TN, TP, dan amonia berturut-turut diuji menggunakan metode standar destruksi H_2S dan destilasi, destruksi- HNO_3 , dan *phenol-spectrophotometer*. Parameter pendukung kondisi lingkungan antara lain suhu, salinitas, intensitas cahaya, padatan tersuspensi (TSS), oksigen, dan pH. Semua parameter pendukung tersebut diukur secara langsung di lapangan.

Analisis Data

Data kualitas air yang diperoleh dari kegiatan *sampling* disajikan dalam grafik dan tabel dan dianalisis secara deskriptif. Nilai konsentrasi dari beberapa parameter yang terkait langsung dengan kondisi pencemaran dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas air yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2004 dan *Food and Agriculture Organization* (FAO).

HASIL DAN BAHASAN

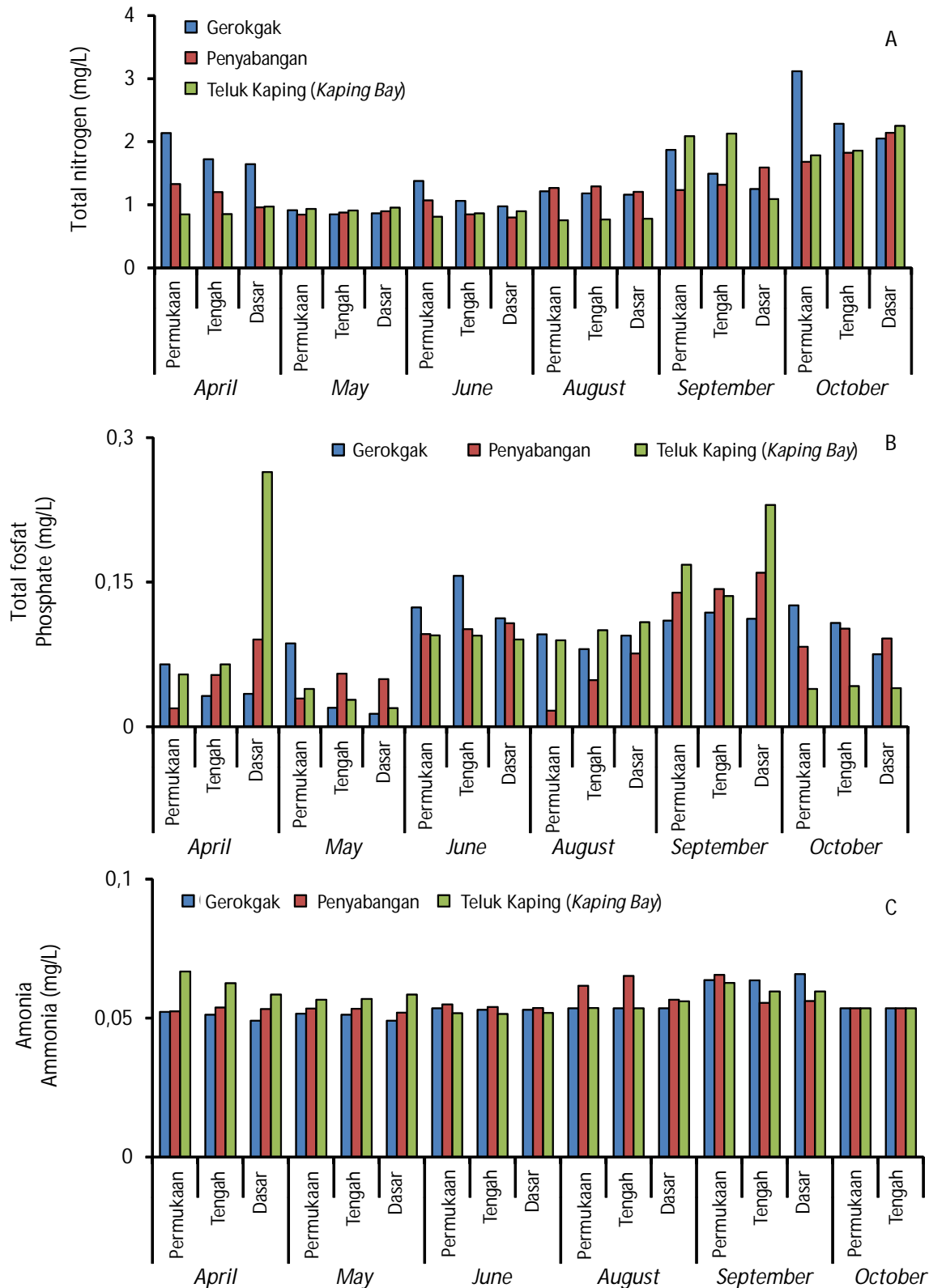
Sebaran vertikal TN, TP, dan amonia menunjukkan adanya perbedaan antara permukaan tengah dan dasar perairan di ketiga lokasi perairan (Gambar 2). Konsentrasi TN di perairan Gerokgak ($1,51 \pm 0,64$ mg/L) cenderung lebih tinggi dibandingkan perairan Penyabangan ($1,2 \pm 0,41$ mg/L) dan Teluk Kaping ($1,2 \pm 0,49$ mg/L) selama penelitian (Gambar 2A). Secara vertikal, konsentrasi TN yang tinggi pada lapisan permukaan cenderung dijumpai pada perairan

Gerokgak dan Penyabangan, sedangkan konsentrasi tinggi pada dasar perairan cenderung terjadi di perairan Teluk Kaping. Secara temporal, konsentrasi TN yang rendah pada ketiga lapisan air terjadi pada bulan Mei di ketiga lokasi pengamatan. Namun, terlihat bahwa konsentrasi TP di perairan Teluk Kaping selalu rendah dibanding kedua lokasi lain pada bulan April sampai Agustus. Konsentrasi TN tinggi pada bulan April di perairan Gerokgak dan Penyabangan, namun konsentrasi TN yang lebih tinggi pada semua lapisan air terjadi di ketiga lokasi *sampling* pada bulan September dan Oktober (Gambar 2A). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan aktivitas budidaya pada ketiga lokasi budidaya yang berdampak pada buangan air limbah.

Konsentrasi TP di Teluk Kaping ($0,090 \pm 0,07$ mg/L) lebih besar dari perairan Gerokgak ($0,087 \pm 0,53$ mg/L) dan Penyabangan ($0,081 \pm 0,04$ mg/L). Secara vertikal pada tiap lokasi terlihat cukup beragam pada tiap lokasi. Konsentrasi fosfat tinggi pada dasar perairan dijumpai pada perairan Penyabangan dan Teluk Kaping, sedangkan konsentrasi TP yang tinggi pada perairan Gerokgak cenderung dijumpai pada perairan permukaan (Gambar 2B).

Selama penelitian dijumpai nilai konsentrasi TP yang relatif tinggi pada dasar perairan di Teluk Kaping. Nilai tersebut diduga terkait dengan akumulasi limbah budidaya ikan yang menyebabkan konsentrasi senyawa fosfat menjadi tinggi. Secara temporal nilai TP dengan pola yang tinggi mulai dijumpai pada bulan Juni hingga bulan Oktober.

Secara vertikal sebaran konsentrasi amonia cenderung homogen pada semua lapisan perairan di ketiga lokasi *sampling*. Konsentrasi amonia di Teluk Kaping ($0,057 \pm 0,004$ mg/L) cenderung lebih tinggi dibanding perairan Gerokgak ($0,054 \pm 0,005$ mg/L) dan Penyabangan ($0,056 \pm 0,004$ mg/L). Konsentrasi amonia dengan nilai sedikit lebih tinggi ditemukan di Teluk Kaping pada bulan April dan September. Tren sebaran amonia terlihat lebih stabil sepanjang pengamatan bila dibanding kedua parameter TN dan TP (Gambar 2C). Namun demikian, diduga stabilnya konsentrasi amonia menunjukkan bahwa suplai bahan organik ke perairan selalu terjadi secara konstan sepanjang tahun. Kondisi tersebut terkait aktivitas perbenihan dan pembesaran di KJA yang dilakukan sepanjang tahun. Secara vertikal, senyawa total nitrogen, fosfat, dan amonia terdistribusi hampir homogen pada permukaan, tengah, dan dasar perairan pada perairan di sekitar kawasan budidaya ikan. Kondisi tersebut terjadi bukan hanya pada perairan dangkal kurang dari 20 m, namun merata hingga kedalaman 30 m. Titik kedalaman 30 m di perairan Gerokgak dan Penyabangan masing-masing berjarak



Gambar 2. Sebaran vertikal (permukaan, tengah, dan dasar total nitrogen, total fosfat , dan amonia di ketiga lokasi Gerokgak, Penyabangan, dan Teluk Kaping

Figure 2. Vertical distributions (surface, middle, and bottom) of total nitrogen, total phosphate and ammonia in the three sampling sites (Gerokgak, Penyabangan, and Kaping Bay).

500 m dan 900 m dari garis pantai. Kondisi tersebut juga terjadi di Teluk Kaping yaitu di sekitar KJA dengan kedalaman kurang dari 20 m. Hal ini menunjukkan bahwa perairan pesisir di Gerokgak dan Penyabangan yang terdampak buangan limbah kegiatan budidaya ikan seperti yang juga dilaporkan oleh Nasukha *et al.* (2019).

Kandungan amonia menjadi parameter utama penentu kualitas air yang berkaitan dengan konsentrasi nitrogen dalam perairan. Kandungan amonia dalam perairan menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) adalah $< 0,5$ mg/L (FAO, 1989) dan Kementerian Lingkungan Hidup adalah $< 0,3$ mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004). Hal serupa juga ditunjukkan oleh nilai TP yang terlihat masih sangat rendah dibanding konsentrasi TP yang mungkin ada di perairan umum yaitu antara 0.01-200 mg/L. Nilai TP yang direkomendasikan oleh FAO untuk pembesaran ikan di KJA adalah < 70 mg/L (FAO, 1989). Walaupun konsentrasi senyawa nitrogen dan fosfat di kawasan budidaya tersebut berada pada kondisi aman ($< 0,1$ mg/L), namun dilaporkan banyak terjadi kasus kematian dan penyakit di kawasan tersebut terutama yang berkaitan dengan peningkatan suhu air laut (Radiarta *et al.*, 2014). Peningkatan suhu perairan dilaporkan erat hubungannya dengan fluktuasi populasi bakteri (Mahardika *et al.*, 2021). Menurut Kim & Lee (2017), tingkat populasi bakteri dan *Vibrio* spp. dalam perairan berbanding lurus terhadap tingkat populasi bakteri dan *Vibrio* spp. pada ikan. Lebih jauh dilaporkan bahwa pola peningkatan populasi total bakteri dan *Vibrio* spp. cenderung berdampak pada prevalensi infeksi virus VNN (Mahardika *et al.*, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa kegiatan budidaya ikan di kawasan tersebut cukup rentan terdampak kondisi lingkungan perairan.

Kegiatan produksi benih ikan laut yang berbasis pada penggunaan lahan daratan (*land based aquaculture*) di Kecamatan Gerokgak menyumbang bahan organik dan anorganik dari kegiatan pembenihan bandeng, pembenihan kerapu, pembenihan ikan kakap, dan tambak udang (Nasukha *et al.*, 2019). Skala produksi secara intensif dilakukan sepanjang tahun menggunakan pakan komersil, pupuk pertanian, dan obat-obatan seperti insektisida belum didukung oleh fasilitas pengolahan limbah. Praktek budidaya seperti ini telah menurunkan mutu lingkungan dan menimbulkan masalah pada kesehatan dan kematian ikan.

Kegiatan budidaya ikan yang mulai dilakukan sejak akhir tahun 1980-an menyebabkan akumulasi limbah dan secara perlahan menurunkan kualitas perairan pesisir di kawasan tersebut (Ismi *et al.*, 2012). Kualitas

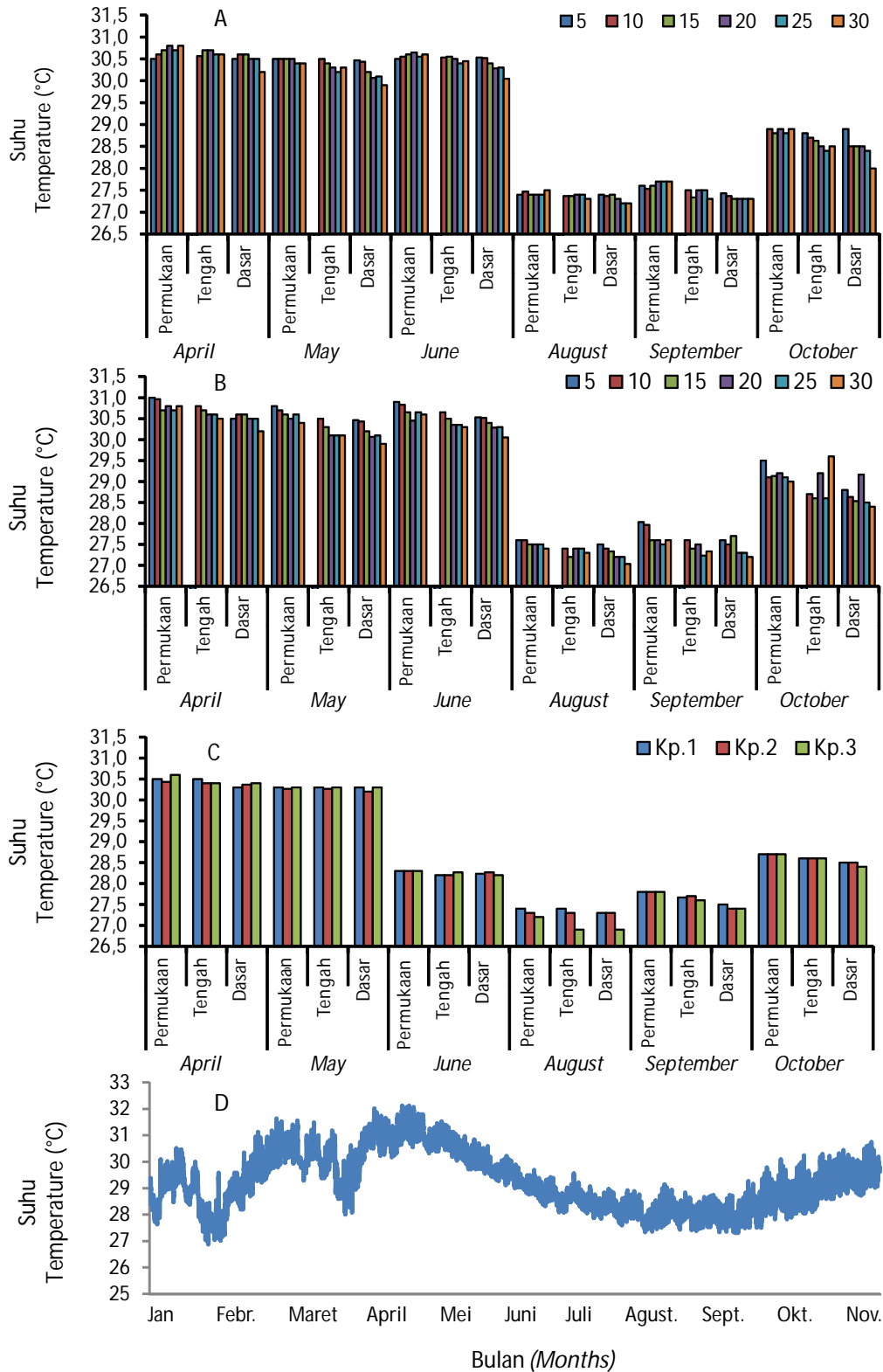
lingkungan perairan pesisir berdampak negatif terhadap kejadian penyakit dan kematian ikan secara massal. Kondisi tersebut telah dilaporkan terjadi secara berulang setiap tahun pada kawasan budidaya ini (Mahardika *et al.*, 2020). Sebelumnya Radiarta *et al.* (2014) melaporkan bahwa kematian ikan berkaitan dengan perubahan suhu. Perubahan suhu perairan juga meningkatkan prevalensi infeksi virus VNN dan iridovirus (Sembiring *et al.*, 2018). Kondisi kematian dan serangan penyakit terjadi ketika suhu air laut mulai bergerak naik dari suhu rendah pada bulan Februari dan Agustus seperti juga terkonfirmasi oleh data suhu tahun 2019 (Gambar 3).

Data temperature logger (Gambar 3D) menunjukkan bahwa pola suhu perairan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa suhu perairan tinggi terjadi pada dua periode waktu selama *sampling*. Periode suhu tertinggi pada tahun 2019 terjadi pada periode bulan Maret sampai April dan periode Agustus sampai Oktober dengan suhu dapat mencapai $32,1^{\circ}\text{C}$. Kondisi perubahan suhu perairan secara vertikal di ketiga lokasi menunjukkan pola yang sama. Perairan Gerokgak (Gambar 3A) dan perairan Penyabangan (Gambar 3C) memiliki pola yang relatif sama dibandingkan perairan di Teluk Kaping (Gambar 3D). Kondisi ini dapat terjadi karena dasar perairan masih relatif dangkal yang memungkinkan suhu air masih terdistribusi secara homogen.

Kondisi tersebut diperparah oleh konsentrasi amonia yang relatif stabil sepanjang tahun (Gambar 2). Jika kondisi ini terus berlangsung maka tingkat produksi budidaya ikan akan terus terganggu pada pola yang sama. Oleh karena itu, praktek budidaya ikan perlu dilakukan dengan cara yang baik untuk mendukung perbaikan kualitas air baku (Kawasaki *et al.*, 2016).

Kondisi Perairan dan Kebutuhan Air Baku

Kondisi perairan di sebelah utara Pulau Bali terutama pada kawasan budidaya ikan di Kecamatan Gerokgak sangat mendukung kegiatan budidaya ikan hampir sepanjang tahun (Tabel 1). Gelombang tinggi hanya terjadi pada bulan tertentu dengan intensitas yang rendah sehingga sangat mendukung metode budidaya ikan dengan teknologi KJA (van Der Wulp *et al.*, 2010). Selain itu, kecepatan arus di Teluk Kaping antara $0,15$ - $0,2$ m/detik sangat dipengaruhi oleh pasang surut (Tammi *et al.*, 2015). Tingkat curah hujan sedang hingga kering dan penyinaran sinar matahari dengan intensitas yang tinggi ($9,460$ - $121,000$ lux) juga mendukung kestabilan kondisi fisik perairan untuk kegiatan budidaya ikan sepanjang tahun (Setiawan, 2012).



Gambar 3. Sebaran suhu vertikal (permukaan, tengah, dan dasar) di lokasi Geroggak (A), Penyabangan (B), dan Teluk Kaping (C); dan sebaran suhu permukaan perairan Geroggak (D).

Figure 3. Vertical temperature distribution (surface, middle, and bottom) of water column in three sampling sites: Geroggak (A), Penyabangan (B), and Kaping Bay (C); and seawater surface temperature variation in Geroggak waters (D).

Budidaya ikan dengan metode KJA di Bali Utara berada di Teluk Pegamatan. Hanafi *et al.* (2006) menghitung daya dukung ikan berdasarkan nilai kelarutan oksigen dan menunjukkan bahwa jumlah produksi masih dapat ditingkatkan dari kondisi yang sudah ada pada saat tersebut. Hal tersebut menunjukkan daya dukung perairan tersebut masih sangat tinggi. Namun, menurut (Selamet *et al.*, 2012), dan kondisi perairan di kawasan tersebut telah mengalami pencemaran ringan dengan; sedangkan Tammi *et al.* (2015) menyatakan tingkatan trofik perairan Teluk Pegamatan antara mesotrofik hingga eutrofik. Kondisi kesuburan perairan berkaitan dengan intensitas dan skala produksi budidaya ikan pada suatu kawasan perairan.

Namun demikian, kegiatan produksi yang dilakukan sepanjang tahun juga berdampak pada proses buangan partikel limbah ke perairan (Zhang *et al.*, 2019). Buangan limbah terutama dalam bentuk partikel dapat terakumulasi dan mengendap membentuk lapisan lumpur dan dapat teraduk akibat turbulensi atau gangguan lainnya. Nilai TSS yang sangat tinggi (768,8 mg/L) dijumpai pada perairan Teluk Kaping mengindikasikan substrat dasar perairan berlumpur akibat akumulasi buangan limbah budidaya. Proses sedimentasi di sekitar kawasan budidaya ikan dapat terjadi terutama pada perairan semi-tertutup dengan

kondisi arus yang lemah. Proses pemulihan kualitas air sulit terjadi jika konsentrasi TSS tinggi akibat volume budidaya yang melebihi kapasitas asimilasi perairan. Namun demikian konsentrasi oksigen pada ketiga lokasi masih berada pada kondisi yang aman (4,9-6,9 mg/L) dengan tingkat salinitas yang stabil sepanjang tahun.

Pembudidaya berupaya memperoleh kualitas air yang baik dengan menempatkan titik *intake* pipa yang jauh dari garis pantai untuk mendapatkan air laut baku yang lebih baik. Akan tetapi, sebagian besar pembudidaya hanya mampu menempatkan titik *intake* pipa kurang dari 500 m dari garis pantai dengan kedalaman perairan kurang dari 15 m. Kondisi tersebut masih berisiko terhadap resuspensi sedimen dasar perairan akibat hampasan gelombang di perairan dangkal. Resuspensi sedimen yang kaya akan bahan organik dan anorganik berpotensi menghasilkan gas beracun dan meningkatkan jumlah mikroorganisme patogen terhadap ikan yang dibudidayakan (Bentzon-Tilia *et al.*, 2016; Fitzhenry *et al.*, 2018). Oleh karena itu, upaya untuk memperoleh sumber air baku yang baik untuk kegiatan budidaya ikan tidak hanya dilakukan melalui peningkatan fasilitas *intake* air dan sarana filtrasi, tetapi juga dengan memperbaiki teknik pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan perairan.

Tabel 2. Nilai kisaran parameter fisik dan kimia perairan di tiga lokasi selama penelitian
 Table 2. The range of physical and chemical water quality parameters of three sampling sites during sampling periods

Parameter Parameters	Lokasi (Location)			Nilai standar Standard value	Acuan Reference
	Gerokgak	Penyabangan	Teluk Kaping Kaping Bay		
Oksigen terlarut Dissolved oxygen (mg/L)	5.9 ± 0.30	5.8 ± 0.28	5.5 ± 0.27	> 4	FAO (1989); KLH (2004)
Total nitrogen Nitrogen total (mg/L)	1.51 ± 0.64	1.24 ± 0.41	1.21 ± 0.49	< 70	FAO (1989)
Total fosfat Phosphate total (mg/L)	0.09 ± 0.05	0.08 ± 0.04	0.09 ± 0.07	< 200	FAO (1989)
Amonia Ammonia (mg/L)	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.00	< 0.5	FAO (1989); LKH (2004)
pH	7.44 ± 1.04	7.33 ± 1.00	7.16 ± 1.06	7.0 – 8.5	FAO (1989); LKH (2004)
Salinitas Salinity	32.08 ± 0.97	32.31 ± 1.11	32.00 ± 0.84	15 – 35	FAO (1989); LKH (2004)
Intensitas cahaya Light intensity (lux)	65,873.48 ± 30,186.81	67,704.74 ± 30,501.87	44,845.89 ± 27,730.48	-	
Padatan tersuspensi Suspended solids (mg/L)	25.6 ± 3.45	36.16 ± 43.62	54.37 ± 123.07	> 10	FAO (1989); LKH (2004)

KESIMPULAN

Sebaran konsentrasi TN, TP, dan amonia secara vertikal di lokasi penelitian berada pada kondisi yang cukup homogen. Kondisi tersebut terjadi hingga kedalaman 30 m dengan jarak 900 m dari garis pantai tempat *outlet* buangan air limbah kegiatan budidaya ikan. Sebaran konsentrasi TN, TP, dan amonia secara vertikal yang berdekatan pada kawasan budidaya cenderung memiliki tren yang sama dengan suhu air laut pada kawasan tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter fisik perairan dapat memengaruhi perubahan konsentrasi parameter kimia perairan. Tren konsentrasi TN dan TP yang fluktuatif dan konsentrasi amonia yang stabil sepanjang waktu dan cukup tinggi menunjukkan perairan pesisir di lokasi penelitian telah terdampak buangan limbah budidaya ikan namun masih berada pada nilai yang relatif rendah menurut standar nilai baku mutu lingkungan. Untuk menjaga kualitas air tetap pada kondisi yang baik pembudidaya ikan di kawasan pesisir diharapkan dapat melakukan pengolahan air limbah sederhana sebelum dibuang ke perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh APBN Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) DIPA Tahun Anggaran 2019. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teknisi litkayasa kesehatan ikan dan lingkungan BBRBLPP (Bapak Muslim Romdlianto, Bapak Agus Supriyatna, Ibu Ni Kadek Ariani, dan Bapak Muhamad Ansari) yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Bentzon-Tilia, M., Sonnenschein, E.C., & Gram, L. (2016). Monitoring and managing microbes in aquaculture: Towards a sustainable industry. *Microbial Biotechnology*, 9(5), 576-584. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12392>.
- Bhateria, R. & Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable Water Resources Management*, 2(2), 161-173. <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0014-7>.
- Crooker, P.C. & Contreras, J.O. (2010). Bioremediation of aquaculture wastes. *Biotechnology*, 2, 313-317. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.04.001>.
- Dauda, A.B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S., & Akinwale, A.O. (2019). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1989). Site selection criteria for marine finfish netcage culture in Asia. July. <http://www.fao.org/3/AC262E/AC262E00.htm>.
- Fitzhenry, K., Rowan, N., Finnegan, W., Zhan, X., & Clifford, E. (2018). Microbiological characterisation and impact of suspended solids on pathogen removal from wastewaters in dairy processing factories. *Journal of Dairy Research*, 85(3), 391-395. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000602>.
- Islam, M.S. (2005). Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: Review and analysis towards model development. *Marine Pollution Bulletin*, 50(1), 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.08.008>.
- Ismi, S., Arthana, I W., & Suyasa, I W.B. (2012). Studi dampak perkembangan pembenihan ikan laut terhadap penurunan kualitas lingkungan di Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng. *Eotrophic*, 3, 35-40.
- Karvonen, A., Fenton, A., & Sundberg, L.R. (2019). Sequential infection can decrease virulence in a fish–bacterium–fluke interaction: Implications for aquaculture disease management. *Evolutionary Applications*, 12(10), 1900-1911. <https://doi.org/10.1111/eva.12850>.
- Kawasaki, N., Kushairi, M.R.M., Nagao, N., Yusoff, F., Imai, A., & Kohzu, A. (2016). Release of nitrogen and phosphorus from aquaculture farms to Selangor River, Malaysia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(2), 113-116. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2016.v7.751>.
- Kementerian Lingkungan Hidup [KLH]. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, Lampiran III. Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut.
- 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(MAY), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00147>.
- Mahardika, K., Mastuti, I., Roza, D., Syahidah, D., Astuti, W.W., & Ismi, S. (2020). Pemantauan insidensi penyakit pada ikan kerapu dan kakap di pembenihan dan karamba jaring apung di Bali Utara. *Jurnal Riset Akuakultur*, 15(2), 89-102.
- Mahardika, K., Mastuti, I., & Sudewi, Z. (2018). 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. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/iaj>.
- Mayerle, R., Niederndorfer, K., Fernández Jaramillo, J., & Runte, K.-H. (2019). Hydrodynamic method for estimating production carrying capacity of coastal finfish cage aquaculture in Southeast Asia. *Aquacultural Engineering*, 102038. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102038>.
- Mishra, P., Panda, U.S., Pradhan, U., Kumar, C.S., Naik, S., Begum, M., & Ishwarya, J. (2015). Coastal water quality monitoring and modelling off Chennai city. *Procedia Engineering*, 116(1), 955-962. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.386>.
- Nasukha, A., Septory, R., Setiadi, A., & Mahardika, K. (2019). Sebaran temporal parameter kimia dan fisika perairan pantai yang berdekatan dengan beberapa lokasi budidaya laut di Bali Utara. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(1), 17-27. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>.
- Radiarta, I N., & Erlania. (2015). Pemetaan karamba jaring apung ikan laut di Teluk Pegametan dan Teluk Penerusan, Kabupaten Buleleng, Bali. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, hlm. 675-682.
- Radiarta, I N., Erlania, Sugama, K., Yudha, H.T., & Wada, M. (2014). Frequent monitoring of water temperature in Pegametan Bay, Bali: A preliminary assessment towards management of marine aquaculture development. *Indonesian Aquaculture Journal*, 9(2), 177-185. <https://doi.org/10.15578/iaj.9.2.2014.177-185>.
- Selamet, B., Arthana, I W., & Suyasa, I W.B. (2012). Studi kualitas lingkungan perairan di daerah budidaya perikanan laut di Teluk Kaping dan Teluk Pegametan, Bali. *Ecotrophic*, 3(1), 16-20.
- Sembiring, S.B.M., Wibawa, G.S., Mahardika, K., Widiastuti, Z., & Haryanti. (2018). Prevalensi infeksi viral nervous necrosis (VNN) dan iridovirus pada hatcheri dan budidaya ikan laut. *Media Akuakultur*, 13(2), 83-90. <https://doi.org/10.15578/ma.13.2.2018.83-90>.
- Setiawan, O. (2012). Rainfall and temperature variability analysis in Bali. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 9(1), 66-79.
- Tammi, T., Pratiwi, N.T.M., & Radiarta, I N. (2015). Aplikasi analisis kluster dan indeks trix untuk mengkaji variabilitas status trofik di Teluk Pegametan, Singaraja, Bali. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(2), 271-281. <https://doi.org/10.15578/jra.10.2.2015.271-281>.
- Turcios, A.E. & Papenbrock, J. (2014). Sustainable treatment of aquaculture effluents-What can we learn from the past for the future?. *Sustainability (Switzerland)*, 6(2), 836-856. <https://doi.org/10.3390/su6020836>.
- van Der Wulp, S.A., Niederndorfer, K.R., Hesse, K.J., Runte, K.H., Mayerle, R., & Hanafi, A. (2010). Sustainable environmental management for tropical floating net cage mariculture: A modelling approach. *XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), February 2019*, p. 1-10.
- Zhang, Y., Yu, J., Su, Y., Du, Y., & Liu, Z. (2019). Long-term changes of water quality in aquaculture-dominated lakes as revealed by sediment geochemical records in Lake Taibai (Eastern China). *Chemosphere*, 235, 297-307. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.179>.