

Perbandingan Jumlah Bakteri pada Sedimen Mangrove di Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Alami di Desa Perancak, Jembrana, Bali

Ni Putu Wira Argiantini ^a, Ima Yudha Perwira ^{a*}, Ni Made Ernawati ^a

^a Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali-Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-361-702802

Alamat e-mail: ima.yudha@unud.ac.id

Diterima (received) 28 Mei 2020; disetujui (accepted) 3 Agustus 2020; tersedia secara online (available online) 15 Februari 2021

Abstract

This study aimed to know the difference of total bacterial number on the sediment of rehabilitation and natural mangrove ecosystem in the Desa Perancak, Jembrana, Bali. Sediment sampling was carried out in November 2019. The sediment sampling was carried out at two different sites, 3 stations from the rehabilitation mangrove zone and 3 stations from natural mangrove zone. Total bacterial number in the sediment was enumerated using Total Plate Count Method, pH was measured using pH meter, and dissolved solid was measured using TDS meter. The result showed that there was no big difference in the bacterial amount between rehabilitation and natural mangrove ecosystem. The total dissolved solid in the rehabilitation mangrove was higher than that in the natural mangrove. The pH of sediment in the rehabilitation mangrove was lower than that in the natural mangrove. This result indicates that there is difference in the species community in both mangrove ecosystems.

Keywords: *Total bacterial number; sediment; rehabilitation mangrove; natural mangrove.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah total bakteri pada sedimen mangrove rehabilitasi dan alami di Desa Perancak, Jembrana, Bali. Pengambilan data dilakukan pada bulan November 2019. Lokasi yang diteliti adalah sebanyak 2 stasiun, yang terdiri dari 3 titik di kawasan mangrove rehabilitasi dan 3 titik di kawasan mangrove alami. Jumlah total bakteri pada sedimen dihitung dengan menggunakan *Total Plate Count*, pH diukur dengan menggunakan pH meter, dan kandungan padatan terlarut diukur dengan menggunakan TDS meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan jauh antara jumlah total bakteri pada ekosistem mangrove rehabilitasi dan alami. Jumlah padatan terlarut pada sedimen di ekosistem mangrove rehabilitasi lebih tinggi dibandingkan mangrove alami. Sedangkan pH sedimen ekosistem mangrove rehabilitasi lebih rendah dibandingkan mangrove alami. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan komposisi jenis bakteri diantara kedua ekosistem mangrove tersebut.

Kata Kunci: *Jumlah total bakteri; sedimen, mangrove rehabilitasi, mangrove alami.*

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang memiliki tingkat produktivitas tinggi serta memiliki laju dekomposisi bahan organik yang tinggi. Dengan demikian, maka hal tersebut menjadikannya sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan organisme perairan di sekitarnya (Irman, 2016). Menurut Kustanti (2011), fungsi dan manfaat ekosistem

mangrove antara lain tempat berlindung untuk fauna laut, habitat alami yang membentuk keseimbangan ekologis, perlindungan pantai terhadap bahaya abrasi serta sebagai perangkap sedimen. Salah satu peran penting mangrove juga sebagai *nursery ground* bagi anakan ikan (Descasari, 2016). Anakan ikan membutuhkan makanan yang cukup bagi perkembangan dan pertumbuhannya, baik berupa fitoplankton maupun zooplankton. Ketersediaan pakan berupa plankton tersebut di

ekosistem mangrove sangat dipengaruhi oleh keberadaan nutrien di tempat itu. Kelimpahan nutrien di suatu lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi bahan organiknya (Rahmawati, 2014), dimana pada proses tersebut akan terjadi mineralisasi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri pengurai di bagian sedimennya dan mengubahnya menjadi bentuk ammonia, nitrit dan nitrat.

Bali memiliki potensi hutan mangrove yang cukup besar. Ekosistem mangrove di Bali tersebar secara luas di beberapa lokasi, dengan luas sekitar 3.067,71 ha. Hutan mangrove terbesar terdapat pada tiga lokasi, yaitu Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai (1.373,5 ha), Nusa Lembongan (202 ha), dan Taman Nasional Bali Barat (602 ha) (BROK, 2004). Diantara ketiga lokasi tersebut, kawasan hutan mangrove di Perancak merupakan salah satu ekosistem mangrove di Taman Nasional Bali Barat yang memiliki fungsi ekologis penting bagi wilayah pesisir Bali bagian barat. Kawasan ekosistem estuari Perancak terletak di Kabupaten Jembrana dengan luas mangrove sekitar 120 hektar yang tersebar di hutan mangrove maupun lahan bekas tambak (Proisy *et al.*, 2018). Ada dua macam pola terbentuknya mangrove di kawasan ini, yaitu terbentuk secara alami dan ditanam secara sengaja oleh masyarakat sebagai bagian dari rehabilitasi mangrove (Sidik *et al.*, 2019). Mangrove yang tumbuh secara alami, didiami oleh beberapa jenis mangrove yang tumbuh secara heterogen seperti: *Bruguiera Sp*, *Rhizophora Sp*, dan *Avicennia Sp*. Selain itu, pola persebaran pertumbuhannya juga tidak beraturan. Sedangkan pada mangrove rehabilitasi, lebih didominasi oleh *Rhizophora Sp*. Pola dan tatanan letak tumbuhnya juga lebih beraturan dibandingkan dengan mangrove alami.

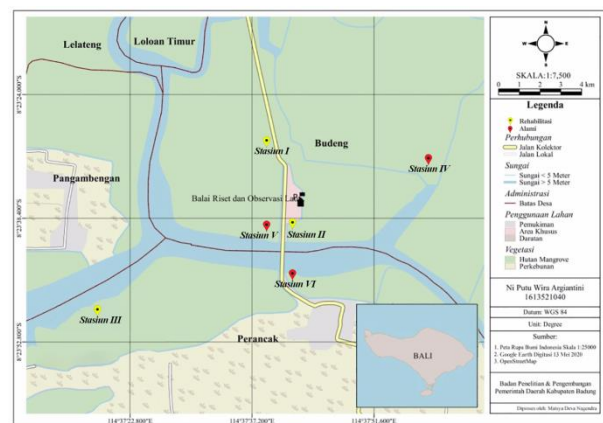
Kedua jenis mangrove tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, terutama terkait dengan produktifitas serta tingkat dekomposisi bahan organik yang terjadi di dalamnya. Dekomposisi bahan organik ini memiliki arti yang sangat penting terhadap kesuburan esturia (Andrianto, 2015), sehingga peran hutan mangrove sebagai pendukung dan penyedia jasa-jasa bagi kelangsungan hidup manusia dapat terjaga. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses dekomposisi bahan organik menjadi bahan inorganik adalah keterlibatan bakteri. Akan tetapi, tidak cukup banyak informasi yang menyebutkan tentang faktor kelimpahan bakteri yang ada di kedua jenis mangrove tersebut. Oleh karena itu,

diperlukan pengamatan pada jumlah total bakteri yang ada di sedimen mangrove alami dan rehabilitasi di daerah tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari Bulan November 2019 sampai Januari 2020. Pengambilan sampel dilaksanakan di Kawasan Hutan Mangrove Desa Perancak, Kabupaten Jembrana, Bali. Perhitungan jumlah total bakteri dan pengukuran ammonia serta nitrat pada sedimen dilaksanakan di Laboratorium Perikanan, Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: erlenmeyer, hotplate, timbangan analitik, oven incubator, autoclave, beaker glass, cawan petri, coloni counter, pH meter (Horiba Twin B-213, Jepang), TDS meter (Lutron YK 22CT, Taiwan), kertas label, kertas sampul, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel sedimen, media Plate Count Agar (PCA) (Merck, Jerman) dan aquades.

2.3 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 2 ekosistem mangrove yang berbeda: mangrove rehabilitasi dan mangrove alami. Sampel sedimen diambil sebanyak 250 g dengan menggunakan sediment grabber. Sampel sedimen yang digunakan adalah hasil komposit dari sedimen dengan

kedalaman 0 sampai 10 cm (dari permukaan). Sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *sampling bag* dan dimasukkan ke dalam *coolbox* yang sudah disterilkan dan diisi dengan *ice gel*. Proses pengambilan sampel tersebut dilakukan pada 3 stasiun di kawasan mangrove rehabilitasi dan 2 stasiun di kawasan mangrove alami (Gambar 1). Sampel tersebut kemudian disimpan pada suhu 4°C sampai dilakukan proses analisa lebih lanjut.

2.5 Penghitungan Jumlah Total Bakteri

Pengukuran bakteri dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count (TPC)*. Media yang digunakan dalam tahapan ini adalah *Plate Count Agar (PCA)* (Merck, Jerman). Media PCA (22,5 gram) dilarutkan dalam 1 liter akuades steril (volume total), kemudian dipanaskan di atas hotplate sampai terlarut. Setelah itu, media tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri sebanyak 20 ml dan ditunggu sampai media memadat.

Proses penghitungan jumlah total bakteri diawali dengan pengenceran sampel sedimen. Sampel sedimen (1 gram) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan ditambahkan dengan 9 ml larutan NaCl fisiologis dan difortex sampai homogen. Larutan yang sudah homogen kemudian diambil secara aseptik sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril yang sudah diisi dengan 9 ml NaCl fisiologis. Hal ini bertujuan untuk didapatkan pengenceran sebanyak 100×. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga didapatkan pengenceran 10.000×.

Langkah berikutnya adalah kultur bakteri dari hasil pengenceran sampel sedimen. Dari pengenceran sampel sedimen tersebut diambil sampel sebanyak 100µl, dan dimasukkan ke dalam media PCA yang sudah memadat dalam cawan petri. Teknik kultur yang digunakan adalah Teknik *Spread Plate* (Metode Cawan Tebar), dengan cara menebarkan sampel sedimen hasil pengenceran ke permukaan media. Media tersebut kemudian di inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Setelah proses inkubasi, koloni yang terbentuk diamati dan dihitung. Proses perhitungan koloni bakteri hanya dilakukan pada hasil kultur dengan kepadatan antara 50-300 koloni.

2.6 Pengukuran pH

Proses pengukuran pH pada sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital. Pertama-tama sampel (5 g) dicampurkan

dengan aquades sebanyak 12,5 ml (1:2,5 berat/volume) di dalam sebuah *beaker glass* (Kai *et al.*, 2016). Kemudian campuran tersebut distirer selama 60 menit. Setelah itu, pH meter dicelupkan ke dalam campuran tersebut untuk mendapatkan nilai pH dari sampel sedimen tersebut. Langkah tersebut diulangi pada setiap sampel sedimen di masing-masing stasiun.

2.7 Pengukuran Jumlah Padatan Terlarut (TDS)

Tahap pertama pada pengukuran jumlah padatan terlarut (TDS) pada sedimen adalah menyediakan sampel sedimen basah sebanyak 5 gram dan aquades sebanyak 12,5 ml (1:2,5 berat/volume). Sampel sedimen dimasukkan ke dalam gelas beker yang sudah berisi aquades, kemudian dihomogenkan. Setelah homogen larutan tersebut diukur derajat keasamannya menggunakan TDS, lalu dicatat nilai TDS yang tertera pada TDS. Langkah tersebut diulangi pada setiap sampel sedimen di masing-masing stasiun.

2.8 Analisa Data

Data TDS dan pH dianalisa dengan menggunakan analisa korelasi untuk mendapatkan gambaran hubungan antara TDS sebagai hasil mineralisasi oleh bakteri dengan tingkat keasaman sedimen mangrove yang mempengaruhi proses mineralisasi tersebut. Tingkat keeratan hubungan digambarkan dengan nilai koefisien korelasi (Bakhtiyar, *et al.*, 2012). Koefisien korelasi digunakan sebagai ukuran keeratan hubungan linier antara X dan Y yang bisa bernilai positif atau negatif. Jika nilai koefisien korelasi positif itu berarti setiap kali nilai X meningkat, maka dapat diprediksi nilai Y juga semakin meningkat, sedangkan jika nilai koefisien korelasi negatif itu berarti setiap kali nilai X meningkat maka dapat diprediksi nilai Y akan menurun.

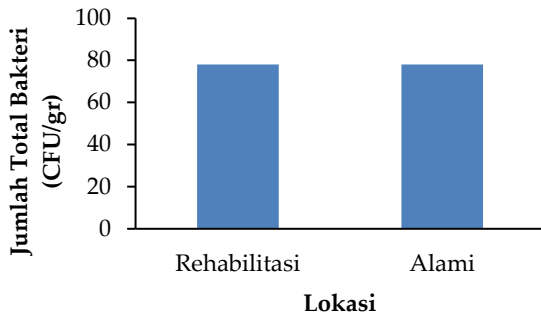
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Jumlah Total Bakteri pada Sedimen

Hasil pengukuran jumlah total bakteri pada sedimen mangrove di Kawasan Hutan Mangrove Perancak menunjukkan bahwa jumlah total bakteri pada mangrove rehabilitasi berkisar antara 75-81 × 10⁴ CFU/g, dengan rata-rata sebesar 78 × 10⁴ CFU/g.

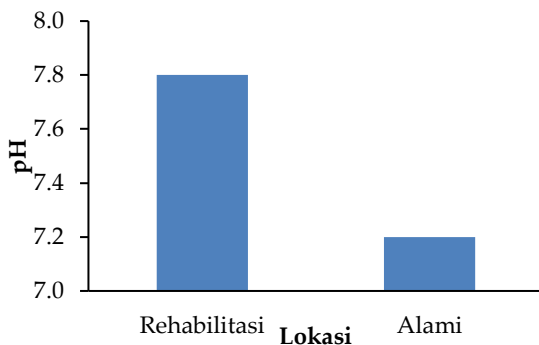
Kemudian hasil pengukuran jumlah total bakteri pada lokasi mangrove alami berada pada kisaran $68-82 \times 10^4$ CFU/g dengan nilai rata-rata sebesar 78×10^4 CFU/g. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti pada jumlah bakteri di kedua jenis mangrove tersebut.



Gambar 2. Perbandingan Jumlah Total Bakteri pada Sedimen Mangrove Rehabilitasi dan Alami

3.1.2 Nilai pH sedimen

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH pada kondisi mangrove rehabilitasi yaitu sebesar 7,8, sedangkan pada kondisi mangrove alami yaitu sebesar 7,2. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH pada mangrove rehabilitasi lebih tinggi dibandingkan nilai pH pada mangrove alami.

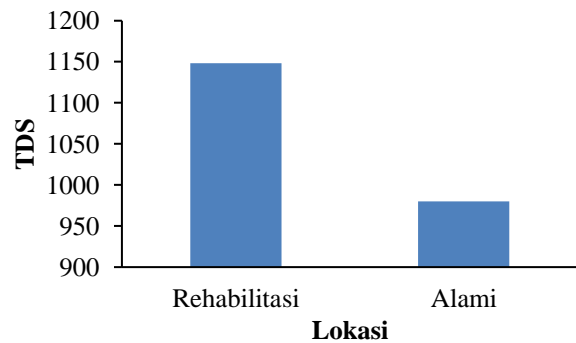


Gambar 3. Perbandingan Nilai pH pada Sedimen Mangrove Rehabilitasi dan Alami

3.1.3 Padatan Terlarut pada Sedimen

Hasil pengukuran padatan terlarut (TDS) pada kawasan hutan mangrove rehabilitasi menunjukkan nilai yang berkisar antara 791-1.700 ppm dengan nilai rata-rata sebesar 1.148 ppm. Kemudian pada kawasan hutan mangrove alami berkisar antara 915-1.085 ppm dengan nilai rata-rata sebesar 980 ppm. Hasil ini menunjukkan

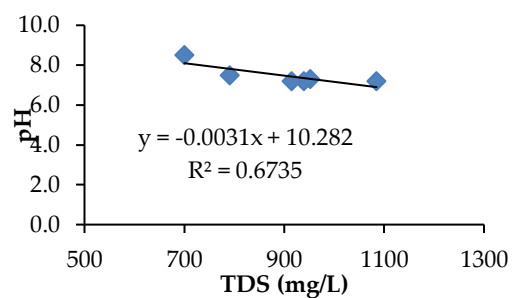
bahwa jumlah padatan terlarut pada sedimen mangrove rehabilitasi lebih tinggi dibandingkan pada sedimen mangrove alami. Hasil ini mengindikasikan bahwa padatan terlarut yang terdiri dari berbagai macam ion dan mineral di mangrove rehabilitasi lebih banyak dibandingkan pada sedimen mangrove alami.



Gambar 4. Perbandingan Nilai TDS pada Sedimen Mangrove Rehabilitasi dan Alami

3.1.4 Hubungan antara TDS dengan pH

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang erat antara jumlah padatan terlarut dengan pH pada sedimen. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah padatan terlarut dan pH saling mempengaruhi, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,6735 (Gambar 5). Semakin tinggi kandungan padatan terlarut pada sedimen, maka semakin rendah pH pada sedimen tersebut.



Gambar 5. Grafik hubungan antara TDS dan pH sedimen mangrove

3.2 Pembahasan

3.2.1 Faktor Lingkungan yang Terkait dengan Mikroorganisme pada Sedimen Mangrove

Kondisi lingkungan di wilayah mangrove sangat berkaitan dengan kondisi mikrobiologisnya. Salah

satu faktor yang terpengaruh oleh adanya aktifitas mikrobiologis pada ekosistem mangrove adalah pH dan jumlah padatan terlarut (TDS). Aktifitas mikroorganisme yang berbeda akan menyebabkan perbedaan pada eksponensial hidrogen yang ada pada sedimen mangrove. Mikroba umumnya hidup pada pH netral (6,6 – 6,7), dan bakteri dapat tumbuh pada pH (4,0 – 8,0) (Hafsan, 2011; Andria, 2018). Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa pH sedimen baik pada mangrove alami maupun mangrove rehabilitasi (Gambar 3) berada pada kisaran tersebut. Hal itu menunjukkan bahwa lingkungan mangrove baik pada mangrove alami maupun mangrove rehabilitasi berada pada kondisi optimal untuk kehidupan bakteri. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri ini berkaitan dengan proses enzimatis yang ada dalam tubuh bakteri tersebut. Jika sedimen dalam kondisi yang terlalu asam (pH rendah), maka hal tersebut berpotensi untuk meningkatkan kepekaan terhadap proses biologis bakteri. Selain itu, pH juga dapat menjadi indikator terjadinya proses biologis di suatu lingkungan perairan. Proses dekomposisi yang menghasilkan mineral dapat mengubah kondisi keasaman (Hartati *et al*, 2014; Hapit *et al.*, 2009).

Selain pH, faktor lain yang terkait dengan aktifitas mikroorganisme adalah jumlah padatan terlarut yang ada pada sedimen mangrove. Padatan terlarut umumnya menggambarkan jumlah mineral dan ion yang terlarut dalam air. Beberapa mineral yang ada pada sedimen mangrove dan diduga terkait dengan aktifitas mikroorganisme adalah ammonia, nitrit, dan nitrat. Walaupun tidak dilakukan pengukuran kandungan mineral tersebut, tetapi perbedaan jumlah padatan terlarut pada sedimen mangrove alami dan rehabilitasi menunjukkan perbedaan proses yang terjadi diantara keduanya. Padatan terlarut pada sedimen mangrove rehabilitasi diketahui lebih besar dibandingkan pada sedimen mangrove alami (Gambar 4). Hal ini menunjukkan tingginya tingkat dekomposisi bahan organik yang ada pada sedimen mangrove rehabilitasi. Dalam proses dekomposisi tersebut, partikel-partikel organik dalam bentuk partikulat dan tersuspensi akan dipecah menjadi ammonia dalam proses amonifikasi dan melibatkan bakteri amonifikasi (Aliati *et al.*, 2014). Selain itu, proses nitrifikasi akan mengubah ammonia menjadi nitrat yang melibatkan bakteri nitrifikasi (Hastuti, 2011). Kedua proses tersebut terjadi secara aerobik, dimana

keberadaan oksigen memegang peran penting dalam berlangsungnya proses tersebut.

Tingginya jumlah padatan terlarut pada sedimen di ekosistem mangrove rehabilitasi terkait erat dengan nilai pHnya (Gambar 5). Semakin tinggi kandungan padatan terlarut pada sedimen diikuti dengan rendahnya pH sedimen. Hal ini tidak mengejutkan, sebab padatan terlarut yang dianggap sebagai representasi ion-ion mineral merupakan hasil dari proses dekomposisi bahan organik (amonifikasi) dan nitrifikasi. Dalam proses tersebut, molekul oksigen akan diubah menjadi karbondioksida dalam proses respirasi. Tingginya kandungan karbondioksida (sebagai hasil dari proses respirasi mikroba di dalam sedimen) akan meningkatkan reaksi dengan molekul air, yang kemudian akan membentuk asam karbonat. Pada reaksi selanjutnya, asam karbonat akan kehilangan ion hidrogennya dalam bentuk ion H^+ (Perwira, 2019). Reaksi tersebut yang bertanggungjawab atas penurunan pH pada sedimen mangrove.

3.2.2 Perbandingan Jumlah Total Bakteri pada Sedimen Mangrove Alami dan Rehabilitasi

Jumlah total bakteri pada mangrove alami dan rehabilitasi menunjukkan tidak adanya perbedaan yang berarti. Walaupun demikian, perbedaan pada jumlah padatan terlarut menunjukkan adanya perbedaan mekanisme mikroorganisme yang ada pada kedua jenis mangrove tersebut. Tingginya padatan terlarut pada sedimen mangrove rehabilitasi diduga terkait dengan tingginya bakteri amonifikasi dan nitrifikasi yang ada di wilayah tersebut (Hastuti, 2011). Bakteri amonifikasi dan nitrifikasi umumnya lebih dominan di daerah yang aerobik (Hastuti, 2011). Sedangkan mangrove alami memiliki keseimbangan dekomposisi yang lebih baik dibandingkan dengan mangrove rehabilitasi. Dengan demikian, kawasan ini memiliki kandungan mineral yang lebih rendah dibandingkan mangrove rehabilitasi. Hal ini terkait dengan keseimbangan antara mineralisasi dan imobilisasi nitrogen yang ada pada kawasan mangrove alami.

4. Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah bakteri di ekosistem mangrove alami dan rehabilitasi tidak berbeda jauh. Akan tetapi, analisa pada pH dan kandungan padatan terlarut pada sedimen menunjukkan adanya perbedaan proses

mikrobiologis diantara kedua ekosistem mangrove tersebut. Tingginya kandungan padatan terlarut dan rendahnya pH pada sedimen mangrove rehabilitasi menunjukkan adanya dominasi bakteri aerobik, yang berperan dalam proses dekomposisi (amonifikasi) dan nitrifikasi. Sedangkan ekosistem mangrove alami diduga memiliki keragaman jenis bakteri yang lebih seimbang, antara bakteri aerobik (amonifikasi dan nitrifikasi) maupun anaerobik (denitrifikasi).

Ucapan terimakasih

Terima kasih kepada Balai Riset dan Observasi Laut Bali yang telah memberikan izin untuk pengambilan sampel di kawasan monitoring mangrove Balai Riset dan Observasi Laut Bali (BROL) dan memberikan peminjaman alat untuk melakukan pengambilan sampel.

Daftar Pustaka

- Andrianto, F., Bintoro, A., & Yuwono, S. B. (2015). Produksi dan laju dekomposisi *Serasah (Rhizophora sp.)* di Desa Durian dan Desa Batu Menyan Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari*, **3**(1), 9-20.
- Andria, F. A. M., & Sri, R. (2018). Kajian Teknis Faktor Abiotik pada Embung Bekas Galian Tanah Liat PT. Semen Indonesia Tbk. untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan dengan Teknologi KJA. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, **10**(2), 95-105
- Bakhtiyar, A., Soehardjono, A., & Hasyim, M. H. (2012). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek konstruksi pembangunan gedung di kota lamongan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, **6**(1), 55-66.
- BROK. (2004). *Pengembangan Teknologi Struktur Lunak (Greenbelt) untuk Perlindungan Pantai*. Jakarta, Indonesia: Balai Riset dan Observasi Kelautan, Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Descasari R, Setyobudiandi I, & Affandi R. (2016). Keterkaitan Ekosistem Mangrove dengan Keanekaragaman Ikan di Pabean Ilir dan Pagirikan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. *Bonorowo Wetlands*, **6**(1), 43-58.
- Hafsan, 2011. *Mikrobiologi Umum*. Makassar, Indonesia: Alauddin Universitas Press.
- Hapit, A., Maidie, A., & Septiani, G. (2009). Populasi bakteri *Vibrio Sp.* berpendar pada berbagai pemanfaatan lahan mangrove di Wilayah Perairan Bontang. *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, **2**(1), 1-11.
- Hartati, D. Y., Soedarsono, P., & Anggoro, S. (2018). Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada wawasan tutupan Eceng Gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Diponegoro Journal of Maquares*, **3**(1), 37-43
- Hastuti, Y. P. (2011). Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, **10**(1), 89-98.
- Imran, A., & Efendi, I. (2016). Inventarisasi Mangrove di Pesisir Pantai Cemare Lombok Barat. *Jurnal Pendidikan Mandala*, **1**(1), 105-112.
- Kustanti, A. 2011. *Manajemen Hutan Mangrove*. Bogor, Inodnesia: IPB Press.
- Perwira, I.Y. 2019. Tingkat dan laju penurunan kualitas air di DAS Brantas Malang Raya. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, **5**(2), 185-191.
- Proisy, C., Viennois, G., Sidik, F., Andayani, A., Enright, J. A., Guitet, S., Gusmawati, N., Lemonnier, H., Muthusankar, G., Olagoke, A., & Prospero, J., (2018). Monitoring Mangrove Forest After Aquaculture Abandonment Using Times Series of Very High Spatial Resolusion Satellite Images: A Case Study from the Perancak Estuary, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, **131**(Part B), 61-71.
- Rahmawati, I., Hendrarto, I.B., Purnomo, P.W. 2014. Fluktuasi Bahan Organik dan Sebaran Nutrien serta Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-A di Muara Sungai Ayung Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, **3**(1):27-36.
- Sidik, F., Wigati, N., Zaky, A. R., Hidayat, J. J., Kadarisman, H. P., & Islami, F. (2019). *Panduan Mangrove Estuari Perancak*. Jembrana, Indonesia: Balai Riset Observasi Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Takamitsu Kai, Masaki Mukai, Kiwako S. Araki, Dinesh Adhikari, Motoki Kubo. 2016. Analysis of Chemical and Biological Soil Properties in Organically and Conventionally Fertilized Apple Orchards. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, **5**, 92-99