

Kajian Bakteri Heterotropik di Perairan Laut Lamalera

Djoko Hadi Kunarso^{1*} dan Titiek Indhira Agustin²

¹Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jln. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta
Telepon: 021-64713850. Fax: 021-64911948. E-mail: kunarso@yahoo.com

²Universitas Hang Tuah, Surabaya, Jln. Arief Rachman Hakim 150, Sukolilo, Surabaya.
E-mail: titiek_aqustin@yahoo.com

Abstrak

Peranan bakteri yang sangat vital pada ekosistem perairan laut adalah sebagai dekomposer dengan hasil dekomposisi unsur-unsur mineral yang esensial sebagai sumber nutrisi pada rantai makanan. Penelitian produktivitas perairan Lamalera ditinjau dari aspek bakteriologis telah dilakukan pada bulan Juli 2011 dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bakteri heterotropik di Perairan Lamalera dan hubungannya dengan kesuburan perairan lautnya. Metode Total Plate Count digunakan untuk menentukan kandungan bakteri heterotrofik, sedangkan produktivitas bakteri ditentukan dengan metode Acridine Orange Direct Count. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan bakteri heterotrofik pada permukaan perairan di Selat Flores lebih tinggi bila dibandingkan dengan Selat Bolling dan Selat Alor dengan rata-rata kandungannya $3.70 \text{ CFU} \times 10^2/\text{ml}$. Sedangkan pada kedalaman termoklin dan di bawah termoklin Selat Alor paling tinggi kandungannya bila dibandingkan dengan Selat Flores dan Selat Bolling dengan rata-rata kandungannya yaitu $4.30 \text{ CFU} \times 10^2/\text{ml}$ dan $6.20 \times 10^2 \text{ CFU}/\text{ml}$. Untuk kandungan produktivitas bakteri dalam bentuk biomassa Carbon pada permukaan dan termoklin di perairan Selat Alor lebih tinggi bila dibandingkan dengan perairan Selat Flores dan Selat Bolling dengan nilai rata-rata $6.8 \times 10^{-10} \text{ grC}/\text{ml}$ dan $5.3 \times 10^{-10} \text{ grC}/\text{ml}$. Berdasarkan hasil penelitian terhadap kandungan bakteri heterotrofik dan produktivitasnya, mengindikasikan bahwa perairan Selat Alor cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan perairan Selat Bolling dan Selat Flores. Perbedaan jumlah kandungan bakteri ini dimungkinkan karena faktor musim dan lingkungan yang berpengaruh terhadap ekosistem perairan lautnya. Secara umum dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produktivitas perairan laut Lamalera relatif subur.

Kata kunci: Produktivitas bakteri, bakteri heterotrofik, perairan Lamalera.

Abstract

Study of Heterotrophic Bacteria in the Waters of Lamalera

The very important role of bacteria in the marine ecosystem was decomposer, the result of decomposition is mineral essential nutrient on the trophic level. The study of productivity Lamalera waters based on bacteriological aspect was conducted by using the Research Vessel Baruna Jaya VIII on July 2011. The objectives of this study were to find out the total numbers and pattern of distribution heterotrophic bacteria and bacterial productivity in the marine ecosystem of Lamalera and related with waters fertilize. The method for determine of heterotrophic bacteria was used the Total Plate Count, whereas Acridine Orange Direct Count method was used to determine material productivity. The result of study indicated that heterotrophic bacteria in the surface layers of Flores Strait was higher than that of compare with Bolling Strait and Alor Strait with an average $3.70 \text{ CFU} \times 10^2/\text{ml}$. Whereas at the thermocline layers and under the thermocline layers, heterotrophic layer in Alor strait was higher than Flores strait and Bolling strait with an average $4.30 \times 10^2 \text{ CFU}/\text{ml}$ and $6.20 \times 10^2 \text{ CFU}/\text{ml}$. For the bacterial productivity on the form of biomass Carbon, at the surface and thermocline layers in Alor Strait was higher than Flores Strait and Bolling Strait with an average $6.8 \times 10^{-10} \text{ grC}/\text{ml}$ and $5.3 \times 10^{-10} \text{ grC}/\text{ml}$. Based on the result of study of heterotrophic bacteria and bacterial productivity, was indicated that in Alor strait was higher number compare with Bolling strait and Flores strait. The differences numbers of bacterial contents perhaps due to monsoon and environmental were influenced on the marine ecosystem. In General it could be concluded that the condition of productivity Lamalera waters relatively fertile.

Key words: Bacterial Productivity, heterotrophic bacteria, Lamalera waters.

Pendahuluan

Berdasarkan aspek hidro-oseanografinya perairan Laut Lamalera mempunyai peranan penting terhadap sistem pola arus di Indonesia. Fenomena pola arus yang terjadi di perairan Lamalera menyebabkan adanya sirkulasi dan pertukaran massa air laut dari Samudera Pasifik memasuki Samudera Hindia. Hasil kajian Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang dilakukan oleh Gordon *et al.*, (2003) dan Vranes dan Gordon (2005) menemukan bahwa beberapa kawasan di Indo-Pasifik menunjukkan adanya proses pencampuran (*mixing*) massa air laut. Sebagai akibat dari proses ini menyebabkan kondisi ekosistem di perairan laut menjadi subur. Namun demikian, kesuburan di perairan Laut Lamalera dapat juga di pengaruhi oleh pasokan material organik yang berasal dari daratan melalui aliran sungai. Hal ini terlihat dari beberapa sungai yang bermuara ke laut dari Pulau Flores, Pulau Adonara, Pulau Lomblen dan Pulau Alor. Berdasarkan Laporan International Geosphere Biosphere Program (IGBP) No: 33 yang disampaikan oleh Pernetta dan Milliman (1995) bahwa perairan laut menerima sebanyak 0,4 Giga ton material organik karbon (C) per tahun dalam bentuk terlarut dan partikel yang berasal dari daratan melalui aliran sungai. Di perairan laut Lamalera kesuburan dapat juga dipengaruhi oleh migrasinya larva dan plankton yang berasal dari perairan Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia yang masuk melalui Selat Ombai dan perairan Laut Sawu. Oleh karena itu, posisi perairan Laut Lamalera yang meliputi perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor menjadi strategis ditinjau dari aspek oseanografi perairan Indonesia. Kahn *et al.* (2000) dan Reeves (2002) melaporkan bahwa perairan laut Lamalera secara ekologis merupakan jalur migrasi kelompok Cetacean terutama paus dan lumba-lumba yang berasal dari Samudera Pasifik menuju perairan Laut Banda dan Laut Flores. Selanjutnya memasuki kawasan perairan Laut Sawu melalui Selat Alor.

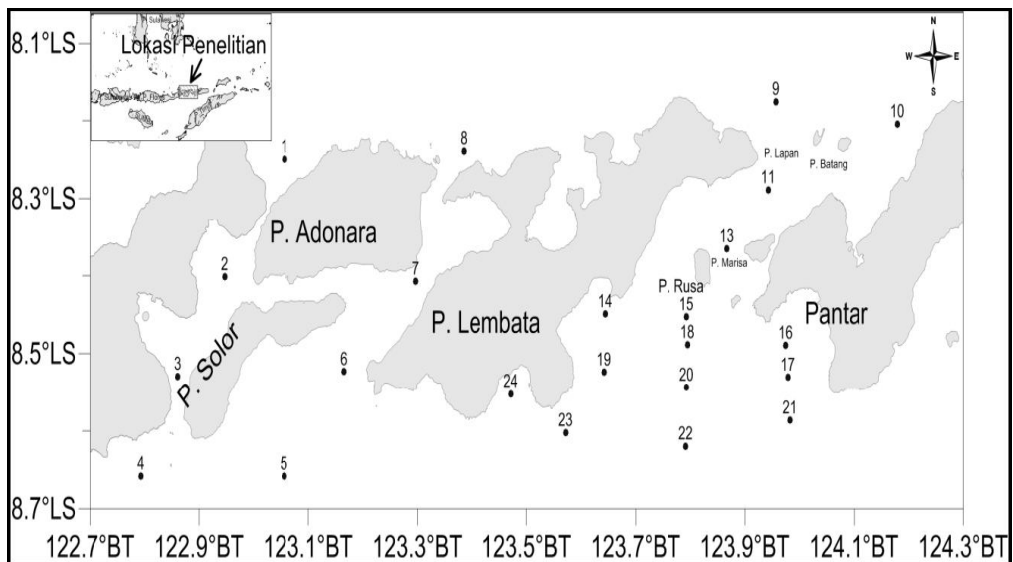
Perairan Laut Lamalera ditinjau dari ekosistem lingkungan perairannya mempunyai karakteristik terutama sekali dari aspek kesuburan lautnya. Sehubungan hal tersebut, telah dilakukan penelitian terhadap produktivitas perairan ditinjau dari aspek bakteriologinya. Sampai saat ini informasi penelitian tentang produktivitas perairan yang berkaitan dengan kesuburan di perairan laut Lamalera belum dilakukan. Oleh karena itu, dalam tulisan ini dikaji aspek bakteriologis terutama kondisi bakteri heterotrofik dan produktivitasnya di perairan Laut Lamalera yang meliputi Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor. Berdasarkan fungsinya bahwa keberadaan komunitas bakteri di dalam ekosistem perairan laut sangat penting karena merupakan

komponen biotik dalam proses biogeochemical (Cho dan Azam 1990; Fuhrman, 1999; Hyung dan Yang 2005). Menurut Caron (1983), Thysse *et al.* (2005) dan Lugiyo *et al.* (2007) kehadiran bakteri heterotrofik di dalam ekosistem laut berperan aktif sebagai dekomposer dari material-material organik menjadi unsur-unsur mineral yang esensial. Hasil dari proses mineralisasi tersebut merupakan sumber nutrisi bagi organisme laut sesuai dalam tropik levelnya di dalam ekosistem perairan laut. Sedangkan di lingkungan laut produktivitas bakteri adalah biomass bakteri, hasil konversi dari total sel bakteri yang dapat digunakan sebagai bioindikator kesuburan perairan. Menurut Maranon *et al.*, (2005) dan Kunarso *et al.*, (2008) jumlah produktivitas bakteri yang tinggi mengindikasikan produktivitas perairan lautnya di kategorikan subur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan dan pola sebaran bakteri heterotrofik dan produktivitas bakteri pada ekosistem perairan Laut Lamalera dan hubungannya dengan kesuburan perairan lautnya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi bagi penelitian yang erat kaitannya dengan kesuburan perairan, sehubungan dengan lokasi penelitian merupakan kawasan perikanan.

Materi dan Metode

Penelitian dilaksanakan di perairan Laut Lamalera yang meliputi Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor pada bulan Juli 2011, dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Pengambilan sampel dilakukan pada 21 stasiun dengan posisinya seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Pengambilan sampel air laut dilakukan pada tiga kedalaman laut yaitu di lapisan permukaan, termoklin dan di bawah termoklin (Tabel 1.) dengan menggunakan alat *Rosette Sampler* yang dilengkapi dengan CTD 911+ *sensor SeaBird* untuk mengukur kedalaman, suhu dan salinitas. Parameter bakteriologis yang dianalisa meliputi kandungan bakteri heterotrofik dan produktivitas bakteri. Penentuan kandungan bakteri heterotrofik menggunakan metode tuang (*Pour Plate Method*) menurut Rheinheimer (1980) dan Du *et al.*, (2006) dengan sampel air laut sebanyak 300 ml secara aseptis diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran berseri hingga 10^{-2} , kemudian diambil 1 ml untuk dituangkan kedalam cawan petri steril yang berisi media spesifik Marine agar E-2216 DIFCO. kemudian diinkubasikan selama 5–7 hari pada suhu kamar hingga koloni bakteri tumbuh.

Pengukuran produktivitas bakteri ditentukan berdasarkan konversi dari total sel bakteri kedalam biomass bakteri. Penentuan kandungan total sel bakteri menggunakan metode *Acridine Orange Direct Counting* (AODC) menurut Zimmerman dan Meyer-Reil (1974),



Gambar 1. Lokasi penelitian di perairan laut Lamalera, Propinsi Nusa Tenggara Timur, pada bulan Juli 2011

Tabel 1. Posisi stasiun dan Kedalaman Laut Sampling (m) di perairan laut Lamalera

| No Stasiun | Lokasi Penelitian | Posisi Stasiun | | Kedalaman Laut (m) | Kedalaman Laut Sampling (m) | | |
|------------|-------------------|----------------|-------------|--------------------|-----------------------------|-----------|--------------------|
| | | Bujur (E) | Lintang (S) | | Permukaan | Termoklin | Di bawah Termoklin |
| 1 | Selat Flores | 123° 03.410 | 08° 14.964 | 425 | 5 | 70 | 300 |
| 2 | | 122° 56.820 | 08° 24.098 | 240 | 5 | 24 | 200 |
| 3 | | 122° 51.654 | 08° 31.184 | 147 | 5 | 30 | 200 |
| 4 | | 122° 49.651 | 08° 39.494 | 1202 | 5 | 35 | 300 |
| 5 | Selat Bolling | 123° 03.336 | 08° 39.507 | 1985 | 5 | 17 | 200 |
| 6 | | 123° 09.958 | 08° 31.412 | 402 | 5 | 16 | 100 |
| 7 | | 123° 17.795 | 08° 24.441 | 47 | 5 | - | 40 |
| 8 | | 123° 23.110 | 08° 14.344 | 640 | 5 | 38 | 200 |
| 9 | Selat Alor | 123° 57.443 | 08° 10.596 | 674 | 5 | 35 | 150 |
| 11 | | 123° 56.566 | 08° 17.351 | 455 | 5 | 60 | 200 |
| 13 | | 123° 52.040 | 08° 21.928 | 305 | 5 | - | 300 |
| 14 | | 123° 38.935 | 08° 26.909 | 718 | 5 | 20 | 200 |
| 15 | | 123° 47.607 | 08° 27.175 | 499 | 5 | 22 | 200 |
| 16 | | 123° 68.481 | 08° 29.374 | 934 | 5 | 70 | 200 |
| 19 | | 123° 38.508 | 08° 31.354 | 1511 | 5 | 20 | 200 |
| 20 | | 123° 47.635 | 08° 32.613 | 2477 | 5 | 50 | 200 |
| 21 | | 123° 58.937 | 08° 35.205 | 2038 | 5 | 40 | 200 |
| 22 | | 123° 47.523 | 08° 37.199 | 2966 | 5 | 85 | 200 |
| 23 | | 123° 34.322 | 08° 36.158 | 1476 | 5 | 15 | 200 |
| 24 | | 123° 34.322 | 08° 33.139 | 505 | 5 | 24 | 200 |

Hobbie *et al.* (1977); Janskowska *et al.* (2005) dan Podgorska *et al.* (2008). Sampel air laut diambil secara aseptis sebanyak 10 ml kemudian difiksasi dengan zat pengawet formalin 2%. Selanjutnya sampel air laut diambil sebanyak 1 ml lalu ditransfer ke dalam *filter holder* dan ditambah zat warna *Acridine Orange* 0.001%. Kertas *filter* yang dipakai sebelumnya telah diwarnai dengan *sudan black*. Kertas *filter* terbuat dari bahan polikarbonat dengan ukuran pori 0,22 μm dan diameter 25 mm. Setelah dilakukan proses penyaringan, filtrat diletakkan pada *object glass* dan diamati di mikroskop Epifluorescence NIKON. Hasil konversi dari total sel bakteri menjadi biomass bakteri dalam bentuk elemen Carbon (C) adalah produktivitas bakteri (Van Es dan Meyer-Reil, 1982; Bratbak, 1985 dan Posch *et al.*, 2001).

Hasil dan Pembahasan

Bakteri heterotrofik

Kandungan bakteri heterotrofik di perairan Selat Flores pada lapisan permukaan rata-rata $3,70 \times 10^2$ CFU/ml. Sedangkan pada kedalaman termoklin dan dibawah lapisan termoklin rata-rata kandungannya masing-masing adalah $4,0 \times 10^2$ CFU/ml dan $3,90 \times 10^2$ CFU/ml. Di perairan Selat Bolling rata-rata jumlah kandungan bakteri heterotrofik pada lapisan permukaan adalah $2,6 \times 10^2$ CFU/ml. Pada kedalaman termoklin dan dibawah permukaan adalah $2,6 \times 10^2$ CFU/ml. Pada kedalaman termoklin dan dibawah termoklin rata-rata kandungan bakteri tersebut masing-masing adalah $1,8 \times 10^2$ CFU/ml dan $4,3 \times 10^2$ CFU/ml. Perairan Selat Alor yang terletak diantara pulau Lembata dan pulau Pantar menunjukkan jumlah kandungan bakteri heterotrofik di lapisan permukaan rata-ratanya $2,3 \times 10^2$ CFU/ml. Kedalaman termoklin dan dibawah termoklin rata-rata kandungan bakteri tersebut adalah $4,30 \times 10^2$ CFU/ml dan $6,20 \times 10^2$ CFU/ml (Tabel 2).

Berdasarkan pengamatan pola sebaran kandungan bakteri heterotrofik pada tiga lokasi sampling menunjukkan densitas yang berbeda pada permukaan laut, termoklin dan di bawah termoklin. Densitas kandungan bakteri heterotrofik pada stasiun penelitian yang terletak di perairan pantai cenderung lebih tinggi daripada di perairan lepas pantai. (Hyung dan Yang, 2005; Lugioyo *et al.*, 2007; Kunarso, 2009). Secara umum, jumlah bakteri heterotrofik di lapisan dan bawah termoklin lebih tinggi daripada di permukaan perairan.

Pada permukaan laut, pola sebaran kandungan bakteri heterotrofik tertinggi dijumpai di

perairan Selat Flores pada Stasiun 2 dengan kandungan $7,4 \times 10^2$ CFU/ml. Kandungan bakteri heterotrofik terendah di perairan Selat Alor dan Selat Bolling ditemukan pada Stasiun 9 ($0,02 \times 10^2$ CFU/ml) dan Stasiun 5 ($0,09 \times 10^2$ CFU/ml). Pada kedalaman laut termoklin kandungan bakteri heterotrofik tertinggi dijumpai di Selat Alor (Stasiun 19) dengan densitas 22×10^2 CFU/ml. Terendah kandungan bakterinya dijumpai pada Stasiun 16 (perairan Selat Alor) dengan densitas $0,68 \times 10^2$ CFU/ml. Demikian juga pada kedalaman laut di bawah termoklin di perairan Selat Alor menunjukkan jumlah kandungan bakteri heterotrofik tertinggi pada Stasiun 19 dengan kandungannya 14×10^2 CFU/ml, dan terendah di perairan Selat Bolling (stasiun 8) dengan jumlah kandungan bakteri $0,68 \times 10^2$ CFU/ml (Tabel 2, Gambar 2 & 3).

Hasil pengamatan menunjukkan kondisi di perairan Selat Flores cenderung relatif hampir sama jumlah kandungan bakteri heterotrofiknya di permukaan laut, termoklin dan di bawah termoklin. Namun pada kedalaman termoklin cenderung lebih tinggi daripada di permukaan dan di bawah termoklin dengan kisaran densitasnya $0,86-8,20 \times 10^2$ CFU/ml. Sedangkan di perairan Selat Bolling pada kedalaman di bawah termoklin cenderung lebih tinggi daripada di lapisan permukaan dan termoklin dengan kisaran densitas $(0,06-5,90) \times 10^2$ CFU/ml (Tabel 2 dan Gambar 2).

Hal yang sama terlihat di perairan Selat Alor pada kedalaman di bawah termoklin, kandungan bakteri heterotrofik lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan laut dan pada lapisan termoklin dengan kisaran densitasnya $1,20-4,00 \times 10^2$ CFU/ml (Gambar 3).

Berdasarkan hasil data penelitian diperoleh pola sebaran dan profil vertikal densitas bakteri heterotrofik yang berbeda di perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor. Stasiun penelitian perairan Selat Flores ini pada umumnya terletak di perairan pantai yang dangkal, sehingga kandungan bakteri heterotrofik cenderung homogen pada permukaan laut, termoklin dan sampai kedalaman di bawah termoklin. Oleh karena itu, densitas bakteri heterotrofik pada pola sebaran baik horizontal dan vertikal cenderung kandungannya relatif sama (Cho dan Azam, 1990; Kunarso, 2005; Lugioyo, 2007). Pada permukaan Laut Selat Flores cenderung lebih tinggi densitasnya bila dibandingkan dengan kedalaman termoklin dan di bawah termoklin, hal ini dikarenakan akibat pengaruh dari daratan melalui aliran sungai yang bermuara ke laut terutama dari daratan Pulau Flores. Dampak adanya aliran sungai tersebut membawa pasokan material organik secara terus menerus sehingga memacu proses perkembangan bakteri laut sebagai sumber nutrisinya (Rheinheimer, 1980).

Disamping itu, perairan pantai merupakan zona eufotik sehingga konsentrasi unsur-unsur hara dalam kolom air lebih tinggi, sehingga ekosistem perairannya lebih produktif dibandingkan dengan laut dalam (Maranon *et al.*, 2005). Unsur hara tersebut dapat juga berasal dari material organik yang telah tersedia dari ekosistem perairan laut itu sendiri (*autochthonous*) (Jankowska *et al.*, 2005). Sedangkan kondisi yang berbeda terlihat di perairan di Selat Bolling dan Selat Alor, bahwa profil pola sebaran kandungan bakteri heterotrofik pada kedalaman laut termoklin dan di bawah termoklin cenderung lebih tinggi daripada di permukaan laut. Sedangkan secara alami pada ekosistem perairan laut dalam bahwa kandungan bakteri heterotrofik cenderung lebih rendah densitasnya. Oleh karena itu, terlihat pengaruh daratan yang sangat signifikan terhadap jumlah kandungan bakteri terutama pada stasiun penelitian yang terletak di perairan pantai bila dibandingkan dengan stasiun-stasiun penelitian di lepas pantai. Akan tetapi tingginya kandungan bakteri di perairan Selat Bolling dan Selat Alor pada kedalaman laut termoklin dan di bawah termoklin diduga akibat terjadinya upwelling. Pengaruh upwelling ini dapat menyebabkan kondisi lingkungan perairan laut sekitarnya kaya unsur-unsur hara (Vranes dan Gorodon, 2005; Thyssen *et al.*, 2005). Adanya unsur-unsur hara dapat berperan sebagai nutrisi terhadap bakteri heterotrofik pada ekosistem perairan laut, yang akan dapat memacu perkembangan bakteri heterotrofik (Rheinheimer 1980; Lugioyo, 2007). Seperti yang diungkapkan oleh Maranon *et al.*, (2005) pada ekosistem perairan laut dalam (oseanik) umumnya produktivitas perairannya rendah, namun dapat menjadi produktif perairan apabila terjadi upwelling. Berdasarkan pengamatan kondisi hidro.

Ditinjau dari hasil perbandingan kondisi kandungan bakteri heterotrofik terhadap permukaan laut, termoklin dan di bawah termoklin di perairan Selat Alor, Selat Bolling dan Selat Flores menunjukkan bahwa pada kedalaman laut permukaan di perairan Selat Flores tinggi kandungan bakterinya dengan rata-rata $3,70 \times 10^2$ CFU/ml (Gambar 4). Sedangkan yang terendah di perairan Selat Alor dengan kandungan rata-ratanya $2,30 \times 10^2$ CFU/ml. Pada lapisan termoklin di perairan Selat Alor menunjukkan jumlah kandungan bakteri tertinggi dengan rata-rata $4,30 \times 10^2$ CFU/ml, serta yang terendah di perairan Selat Bolling dengan kandungan rata-ratanya $1,80 \times 10^2$ CFU/ml. Pada lapisan di bawah termoklin jumlah kandungan bakteri tertinggi di perairan Selat Alor dengan rata-ratanya $6,20 \times 10^2$ CFU/ml dan terendah di perairan Selat Bolling dengan kandungan rata-ratanya $3,30 \times 10^2$ CFU/ml. Oleh karena itu, secara umum terlihat bahwa hasil rata-rata jumlah

kandungan bakteri yang tinggi dijumpai di perairan Selat Alor, hal ini dapat mengindikasikan bahwa Selat Alor, hal ini dapat mengindikasikan jumlah kandungan material organik yang terkandung cenderung tinggi bila dibandingkan dengan di perairan Selat Flores dan Selat Bolling.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh terutama pada kedalaman laut permukaan terhadap jumlah kandungan bakteri heterotrofik di perairan laut Lamalera (Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Flores) apabila dibandingkan dengan beberapa lokasi perairan laut di Indonesia antara lain Muara Digul dan Laut Arafura (Kunarso, 2005), Perairan Selat Makassar (Kunarso, 2009) dan perairan Pulau Enggano (Kunarso, 2010) menunjukkan nilai yang bervariasi (Tabel 2 dan Tabel 3). Secara umum menunjukkan bahwa perairan Laut Lamalera masih rendah kandungan bakteri heterotrofiknya daripada perairan pulau Enggano dan Muara Digul dan laut Arafura akan tetapi masih lebih tinggi daripada perairan Selat Makassar. Kondisi ini terlihat dari rata-rata kandungannya yaitu berkisar antara $(2.3 \text{ } 3.7) \times 10^2$ CFU/ml, di perairan pulau Enggano 59.7×10^2 CFU/ml, di perairan Muara Digul dan laut Arafura 46×10^2 CFU/ml dan di perairan Selat Makassar 2.90×10^2 CFU/ml.

Produktivitas bakteri

Hasil pengamatan produktivitas bakteri di perairan Laut Lamalera secara umum menunjukkan di permukaan laut kandungannya yang lebih tinggi daripada di lapisan termoklin. Di perairan Selat Flores produktivitas bakteri pada permukaan laut rata-rata kandungannya $4,8 \times 10^{-10}$ grC/ml dan pada lapisan termoklin $3,8 \times 10^{-10}$ grC/ml. Di perairan Selat Bolling pada permukaan laut rata-rata kandungannya $5,1 \times 10^{-10}$ grC/ml dan di lapisan termoklin berkisar $4,2 \times 10^{-10}$ grC/ml. dan pada lapisan termoklin $3,8 \times 10^{-10}$ grC/ml. Di perairan Selat Bolling pada permukaan laut rata-rata kandungannya $5,1 \times 10^{-10}$ grC/ml dan di lapisan termoklin berkisar $4,2 \times 10^{-10}$ grC/ml. Sedangkan di perairan Selat Alor pada permukaan laut rata-rata kandungannya $6,8 \times 10^{-10}$ grC/ml dan di lapisan termoklin berkisar $5,3 \times 10^{-10}$ grC/ml (Tabel 2). Berdasarkan pola sebaran produktivitas bakteri menunjukkan bahwa di ketiga lokasi penelitian di perairan Laut Lamalera terlihat bahwa pada permukaan laut dan termoklin perairan Selat Alor produktivitas bakteri cenderung lebih tinggi daripada perairan Selat Bolling dan Selat Flores, namun pola sebaran produktivitas bakteri secara horisontal dan vertikal bersifat fluktuatif.

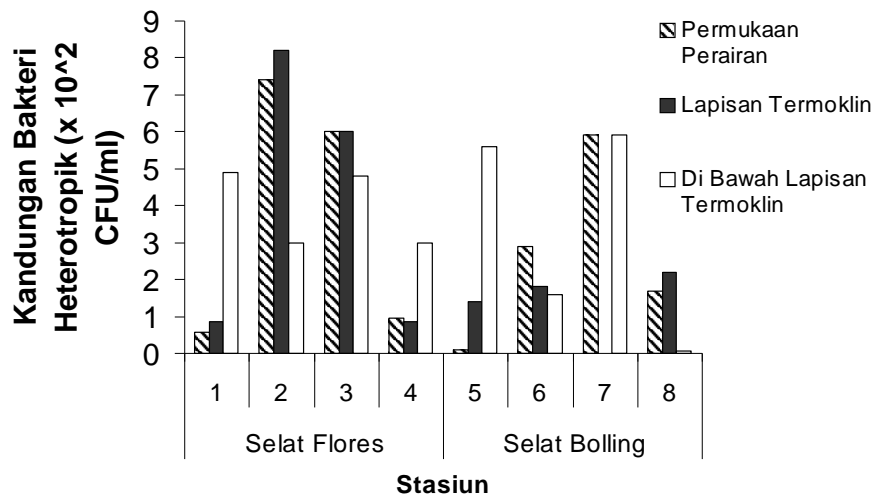
Di permukaan laut kandungan produktivitas bakteri tertinggi dijumpai di perairan Selat Alor (St 19) ($10,2 \times 10^{-10}$ grC/ml) dan terendah di perairan Selat Flores pada Stasiun 1 ($3,4 \times 10^{-10}$ gr C/ml). Pada lapisan

Tabel 2. Jumlah kandungan bakteri heterotrofik dan produktivitas bakteri pada permukaan laut, termoklin dan di bawah termoklin di perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur, periode Juli 2011

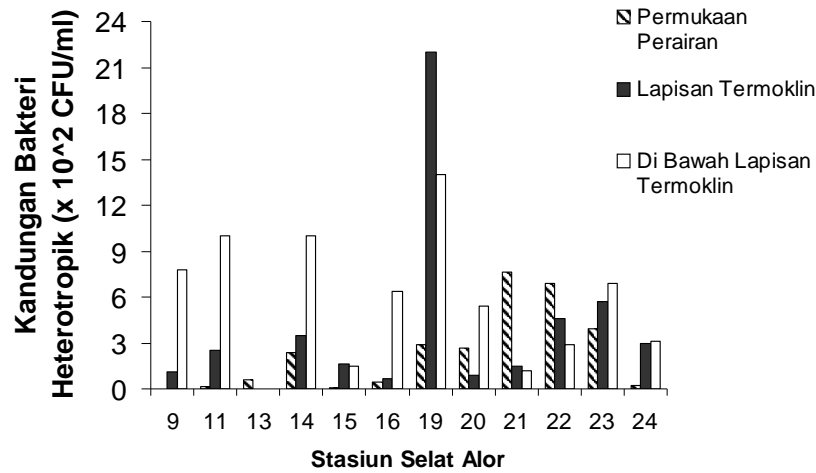
| Lokasi | Stasiun | Kandungan Bakteri Heterotrofik (x 10 ² CFU/ml) | | | Produktivitas Bakteri (x 10 ⁻¹⁰ gC/ml) | |
|---------------|---------|---|--------------|--------------------|---|-----------|
| | | Permukaan | Termoklin | di Bawah Termoklin | Permukaan | Termoklin |
| Selat Flores | 1 | 0,56 | 0,87 | 4,9 | 3,4 | 2,8 |
| | 2 | 7,40 | 8,20 | 3,0 | 5,7 | 4,2 |
| | 3 | 6 | 6,0 | 4,8 | 5,4 | 3,8 |
| | 4 | 0,94 | 0,86 | 3,0 | 4,8 | 4,6 |
| Kisaran | | 0.56 - 7.40 | 0.86 - 8.20 | 3.00 - 4.90 | 3.4 - 5.7 | 2.8 - 4.6 |
| Rata – rata | | 3,7 | 4 | 3,9 | 4,8 | 3,8 |
| Selat Bolling | 5 | 0,09 | 1,4 | 5,6 | 5,4 | 3,6 |
| | 6 | 2,9 | 1,8 | 1,6 | 4,6 | 4,5 |
| | 7 | 5,9 | - | 5,9 | 6,4 | 6,1 |
| | 8 | 1,7 | 2,2 | 0,06 | 3,9 | 2,7 |
| Kisaran | | 0.09 – 5.90 | 1.40 – 2.20 | 0.06 – 5.90 | 3.9 - 6.4 | 2.7 - 6.1 |
| Rata – rata | | 2,6 | 1,8 | 3,3 | 5,1 | 4,2 |
| Selat Alor | 9 | 0,02 | 1,1 | 7,8 | 5,7 | 4,4 |
| | 11 | 0,18 | 2,5 | 10 | 4,1 | 2,8 |
| | 13 | 0,6 | - | - | 8,3 | 6,2 |
| | 14 | 2,4 | 3,5 | 10 | 8,5 | 5,9 |
| | 15 | 0,06 | 1,6 | 1,5 | 3,5 | 2,3 |
| | 16 | 0,48 | 0,68 | 6,4 | 6,6 | 4,6 |
| | 19 | 2,9 | 22 | 14 | 10,2 | 8,5 |
| | 20 | 2,7 | 0,89 | 5,4 | 8,9 | 8,4 |
| | 21 | 7,6 | 1,5 | 1,2 | 8,1 | 6,3 |
| | 22 | 6,9 | 4,6 | 2,9 | 5,8 | 4,6 |
| | 23 | 3,9 | 5,7 | 6,9 | 6,2 | 5,4 |
| 24 | 0,21 | 3 | 3,1 | 4,3 | 4,2 | |
| Kisaran | | 0.02 – 7.60 | 0.68 – 22.00 | 1.20 – 14.00 | 4.1 - 10.2 | 2.3 - 8.5 |
| Rata – rata | | 2,3 | 4,3 | 6,2 | 6,8 | 5,3 |

Tabel 3. Perbandingan jumlah kandungan bakteri heterotrofik pada kedalaman laut permukaan di perairan Laut Lamalera (Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor Juli 2011) dan beberapa lokasi penelitian di perairan Indonesia.

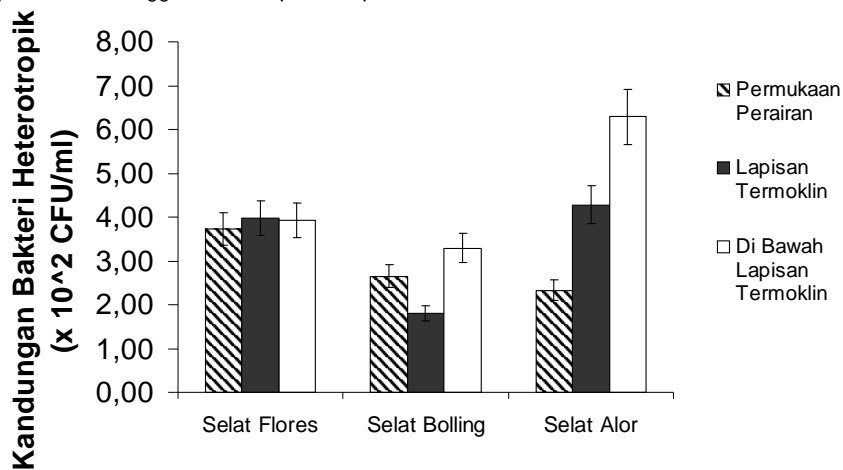
| No | Lokasi Penelitian | Kisaran kandungan bakteri heterotrofik | Rata-rata kandungan bakteri heterotrofik | Sumber |
|----|-------------------------------------|---|--|--------------|
| 1 | Muara Sungai Digul dan Laut Arafura | (6 - 124) CFU x 10 ² /ml | 46 x CFU 10 ² /ml | Kunarso,2005 |
| 2 | Perairan Selat Makasar | (0.5 – 2.23) CFU x 10 ² /ml | 2.90 x CFU 10 ² /ml | Kunarso,2009 |
| 3 | Perairan Pulau Enggano | (2.3 – 47.08) CFU x 10 ² /ml | 59.7x CFU 10 ² /ml | Kunarso,2010 |



Gambar 2. Kandungan bakteri heterotrofik pada kedalaman permukaan, termoklin dan di bawah termoklin di perairan Selat Flores dan Selat Bolling, Propinsi Nusa Tenggara Timur, periode bulan Juli 2011.



Gambar 3. Kandungan bakteri heterotrofik pada kedalaman permukaan, termoklin dan di bawah termoklin di perairan Selat Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur, periode penelitian bulan Juli 2011.



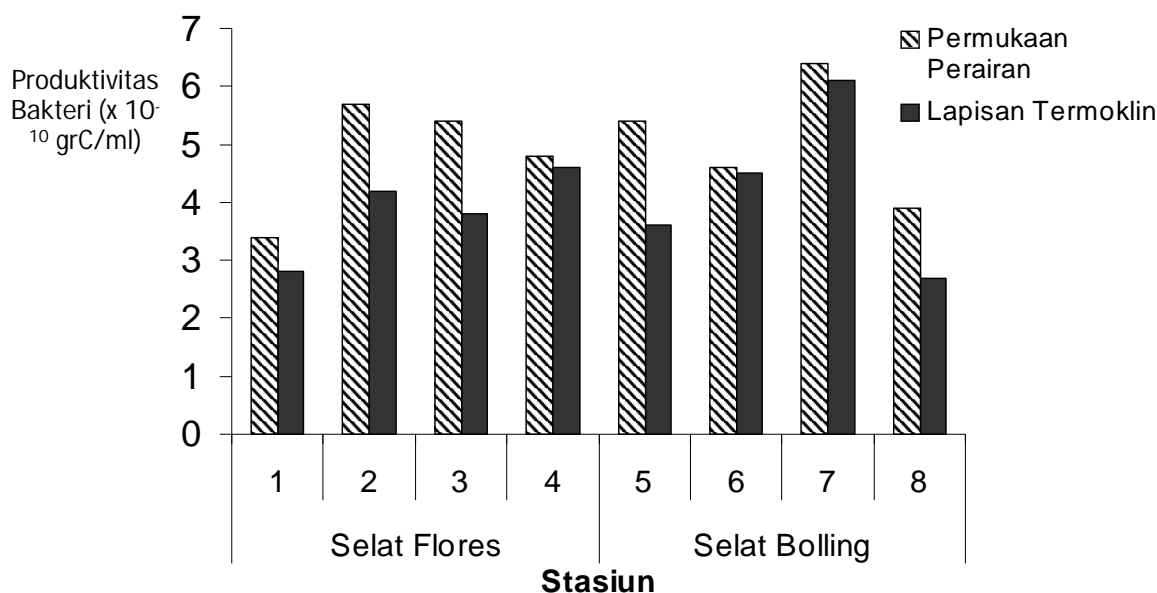
Gambar 4. Perbandingan kandungan bakteri heterotrofik pada kedalaman laut permukaan, termoklin dan dibawah termoklin di perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur pada bulan Juli 2011

termoklin di perairan Selat Alor menunjukkan produktivitas bakteri yang tinggi daripada di perairan Selat Flores dan Selat Bolling. Produktivitas bakteri tertinggi dijumpai di perairan Selat Alor (St 19) ($8,5 \times 10^{-10} \text{grC/ml}$) dan yang terendah di perairan Selat Bolling (Stasiun 8; $2,7 \times 10^{-10} \text{grC/ml}$) dan Selat Flores (Stasiun 1; $2,8 \times 10^{-10} \text{grC/ml}$). Hasil penelitian menunjukkan pola sebaran produktivitas bakteri di permukaan laut lebih tinggi daripada di lapisan termoklin. Kondisi ini terlihat di perairan Selat Flores, Selat Bolling maupun Selat Alor (Gambar 5).

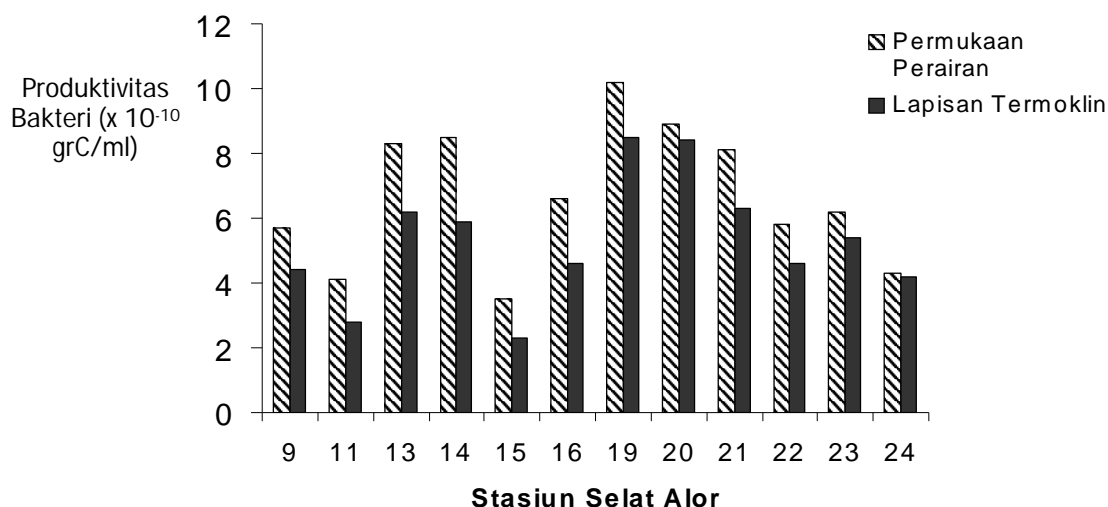
Ditinjau dari pola penyebaran produktivitas bakteri, terlihat adanya perbedaan densitas kandungan bakteri pada tiga lokasi penelitian yaitu di perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor. Hasil pengamatan menunjukkan produktivitas bakteri di perairan Selat Alor lebih tinggi daripada di perairan Selat Flores dan Selat Bolling (Gambar 5 dan 6). Sedangkan profil vertikal produktivitas bakteri di permukaan laut terlihat lebih tinggi dari pada di lapisan termoklin. Hasil ini menunjukkan terdapat perbedaan produktivitas bakteri dan berhubungan erat dengan besarnya *run-off* dari daratan melalui aliran sungai yang ada di sekitar pulau-pulau di kawasan perairan Laut Lamalera. Menurut Cho dan Azam (1990) dan Podgorska *et al.*, (2008), material organik dari daratan lebih dominan masuk ke dalam ekosistem perairan laut. Akan tetapi material organik dapat juga telah tersedia di dalam ekosistem perairan

laut itu sendiri (*autochthonous*). Pada penelitian ini nampak jelas bahwa pengaruh daratan sangat dominan terhadap perairan Selat Alor daripada perairan Selat Flores dan Selat Bolling. Beberapa sungai di pulau Pantar dan pulau Lomblen bermuara ke Selat Alor. Namun demikian pengaruh dari kondisi hidro-seangrafinya terutama pola arus dan massa air juga sangat signifikan (Gordon *et al.*, 2003; Jankowska *et al.*, 2005) karena perairan Selat Alor merupakan pertemuan antara Selat Ombai dan Laut Sawu. Oleh karena itu, adanya pertemuan pola arus tersebut memungkinkan membawa material organik ke perairan Selat Alor. Akan tetapi pengaruh daratan cenderung lebih dominan mempengaruhi ekosistem perairan laut di Selat Alor. Seperti yang diungkapkan oleh Pernetta dan Milliman (1995) bahwa ekosistem perairan laut setiap tahunnya menerima sebanyak $0,4 \times 10^9$ ton material organik dalam bentuk Carbon yang berasal dari daratan melalui aliran sungai.

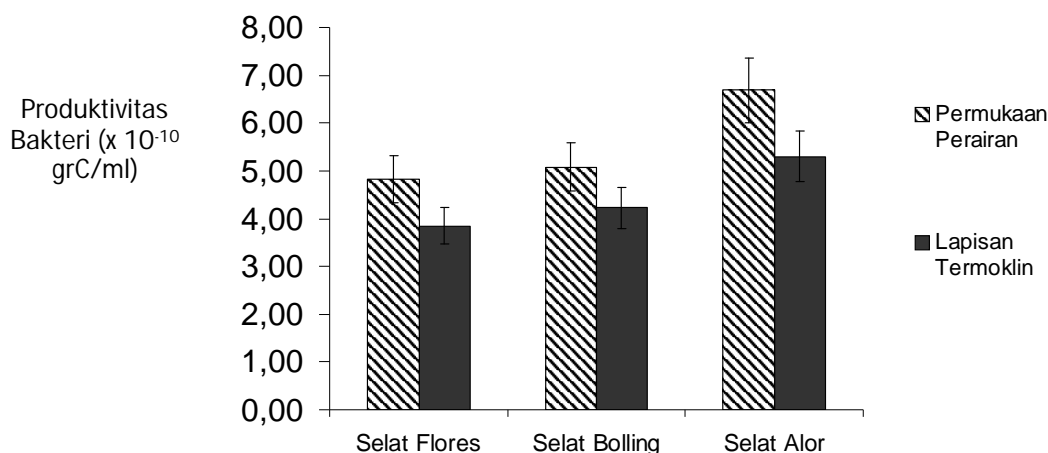
Profil vertikal produktivitas bakteri di permukaan laut terlihat lebih tinggi daripada di lapisan termoklin. Pada permukaan laut kondisi perairannya dangkal sehingga tingkat produktivitas perairannya subur, menyebabkan peningkatan konsentrasi nutrisi pada lapisan permukaan dan menyebabkan peningkatan produktivitas bakteri. Menurut Kunarso *et al.*, (2008) adanya perbedaan jumlah kandungan bakteri di kedalaman laut yang berbeda ini dikarenakan faktor terbatasnya kandungan nutrisi, mikroorganisme



Gambar 5. Produktivitas bakteri pada kedalaman laut permukaan dan lapisan termoklin di perairan Selat Flores dan Selat Bolling, Propinsi Nusa Tenggara Timur, periode penelitian Juli 2011.



Gambar 6. Produktivitas bakteri pada kedalaman laut permukaan dan lapisan termoklin di perairan Selat Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur, periode penelitian bulan Juli 2011.



Gambar 7. Nilai rata-rata Produktivitas bakteri pada kedalaman laut permukaan dan kedalaman termoklin di perairan Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur pada periode penelitian bulan Juli 2011.

autotrofik dan penetrasi cahaya matahari. Kandungan biomass bakteri di lingkungan laut merupakan konversi produktivitas bakteri yang sangat penting sebagai penyedia unsur karbon (C). Unsur karbon adalah salah satu sumber nutrisi bagi organisme laut yang berperan dalam siklus rantai makanan ekosistem perairan laut (Cho dan Azam, 1990; Posch *et al.*, 2001). Oleh karena itu, bila produktivitas bakteri tinggi maka dapat dikategorikan tingkat kesuburan suatu perairan akan semakin baik (Maranon *et al.*, 2005). Namun demikian kriteria tingkat kesuburan untuk ekosistem perairan laut tropikal belum ada terutama di perairan Indonesia. Produktivitas bakteri pada lapisan permukaan di perairan Selat Alor paling tinggi dengan rata-rata kandungannya $6,8 \times 10^{10} \text{grC/ml}$ dan terendah di perairan Selat Flores yaitu $4,8 \times 10^{10} \text{grC/ml}$ (Gambar 7). Sedangkan pada lapisan termoklin, produktivitas

bakteri di perairan Selat Alor paling tinggi dengan rata-rata kandungannya $5,3 \times 10^{10} \text{grC/ml}$ dan terendah di perairan Selat Flores yaitu $3,8 \times 10^{10} \text{grC/ml}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan material organik dalam bentuk Carbon (C) di perairan Selat Alor relatif lebih tinggi daripada di perairan Selat Flores dan Selat Bolling.

Hasil penelitian yang diperoleh terutama pada kedalaman laut permukaan terhadap jumlah kandungan produktivitas bakteri di perairan laut Lamalera (Selat Flores, Selat Bolling dan Selat Alor) bila dibandingkan dengan beberapa lokasi perairan laut di Indonesia antara lain di perairan Muara Digul dan Laut Arafura (Kunarso, 2005), perairan Laut Aceh (Kunarso, 2006), perairan Muara Cisadane (2008) dan Laut China Selatan (2009) cenderung lebih rendah kandungannya (Tabel 2 dan Tabel 4). Kondisi ini terlihat bahwa di

(perairan Laut Lamalera pada kedalaman laut permukaan rata-rata kandungannya berkisar antara $4,8-6,8 \times 10^{-10}$ grC/ml sedangkan yang tertinggi kandungannya di perairan Muara Digul dan laut Arafura yaitu $5,74 \times 10^{-7}$ grC/ml. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut perairan terlihat bahwa perairan Muara Digul dan laut Arafura merupakan perairan yang dikategorikan berproduktivitas subur, hal ini terindikasi dengan jumlah kandungan bakteri produktivitasnya yang tinggi.

Kesimpulan

Jumlah kandungan bakteri heterotrofik dan produktivitas bakteri di perairan Selat Alor lebih tinggi daripada perairan Selat Bolling dan Selat Flores. Hal ini mengindikasikan bahwa ekosistem di perairan Selat Alor kandungan material organik relatif tinggi dan kandungan material organik dalam bentuk Carbon (C) yang relatif tinggi. Perairan Selat Alor memiliki produktivitas yang lebih subur daripada perairan Selat Flores dan Selat Bolling.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional dan Pusat Penelitian Oseanografi LIPI atas terlaksananya kerjasama penelitian dalam rangka Ekspedisi Perairan Lamalera. Terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada Kapten dan ABK Kapal Riset Baruna Jaya VIII atas bantuannya dalam pengambilan sampel di lapangan.

Daftar Pustaka

- Bratbak, G. 1985. Bacterial biovolume and biomass estimasi. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49: 1488–1493.
- Caron, D.A. 1983. Technique for enumeration of heterotrophic N phototrophic, Nanoplankton, Using epifluorescence microscopy and comparison with other procedures. *Appl. Environ. Microbiol.*, 46: 491–498.
- Cho, B.C., & F. Azam. 1990. Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean euphotic zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 63: 253 – 259.
- Du, H., N. Jiao, Y. Hu, & Y. Zeng. 2006. Diversity and distribution of pigmented heterotrophic bacteria in marine environments. *Microbiol. Ecol.*, 57: 92–105.
- Fuhrman, J.A. 1999. Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature*. 399: 541–548.
- Gordon, A.L., C.F. Giulivi, & A.G. Ilahude. 2003. Deep topographic barriers within the Indonesian seas. *Deep-Sea Research*, 50: 2205 –2228.
- Hobbie, J.E., R.J. Daley, & S. Jasper. 1977. Use Nucleopore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33: 1225–1228.
- Hyung, J.H., & E.J. Yang. 2005. Meso-scale spatial variation in bacterial abundance and production associated with surface convergence and divergence in the NE equatorial Pacific. *Aquat. Microb. Ecol.*, 41: 1–13.
- Janskowska, K., M.W. Kowalczyk, & P. Wieczorek. 2005. Abundance and biomass of bacteria in two Arctic glacial fjords. *Polish Polar Research*, 26(1): 77– 84.
- Kahn, B., Y. James, & J.S. Pet. 2000. Komodo National Park Cetacean Survey-A Rapid ecological assessment of Cetacean diversity, Abundance and Distribution. *Pesisir dan Lautan*, 3(2): 41– 59.
- Kunarso, D. H. 2005. Penelitian kondisi bakteriologi di perairan muara Sungai Digul dan laut Arafura, Irian Jaya. *Dalam: Subagja, J., E. Semiarti. R.S. Kasiamdari. R. Pratiwi & T.R. Nuringtyas (Ed.). Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Biologi XIII. himpunan Biologi Indonesia dan Fakultas Biologi UGM, Jogjakarta. Hal. 182–185.*
- Kunarso, D. H. 2006. The assessment of bacterial productivity and bacterial pollution in the water of Nanggroe Aceh Darussalam Province. *In: Serigstad, B. & M. Muchtar (Eds.). Proceedings Seminar and Workshop on Post-Tsunami Expedition, Indonesian Institute of Sciences, Jakarta. Pp. 35–50.*
- Kunarso, D. H., R. Nuchsin, & Darmayati, Y. 2008. Kajian bakteri produktivitas di estuari Cisadane. *Dalam: Syahailatua, A., M. Muchtar, Pramudji, Sulistijo & T. Susana (Ed). Ekosistem Estuari Cisadane. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta. Hal. 27–37.*
- Kunarso, D. H. 2009. Kandungan bakteri produktiviti

- di perairan Laut Cina Selatan. *Dalam*: Permadi, A., Y.H. Sipahutar. Safurridjal. A. Basith. E. Sugriwa. A.N. Siregar. E.A. Thaib. R. Surya dan N.S. Wulandari (Eds). *Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2009*. Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta: 98 – 103.
- Kunarso, D. H. 2009. Studi dinamika bakteriologi di perairan Selat Makassar. *Dalam*: P. Sudjono., N.T. Ginting, W.D. Nugraha & I.K. Priyambada. *Lingkungan Tropis*. IATPI, Bandung: 411 - 422.
- Kunarso, D. H. 2010. Kajian bakteriologis di perairan pulau Enggano, Bengkulu. *Dalam*: Ruyitno., M.Muchtar. Pramudji. Sulistijo. T. Susana & Fahmi (Ed.). *Sumber Daya Laut di Perairan Pantai Barat Sumatra*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta. Hal. 181-197.
- Lugioyo, G.M., Loza, S. & Abreu, P.C. 2007. Biomass distribution of heterotrophic and autotrophic microorganisms of the photic layer in Cuban southern oceanic waters. *Rev. Biol. Trop.*, 55(2): 449 – 457.
- Maranon, E., P. Cermeno, & Perez, V. 2005. Continuity in the photosynthetic production of dissolved organic carbon from eutrophic to oligotrophic waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 299: 7 – 17.
- Podgorska, B., Z.J. Mudryk, & P. Skorczewski. 2008. Abundance and production of bacteria in a marine beach (Southern Baltic Sea). *Pol.J. Ecol.*, 56(3): 405–414.
- Posch, T., M.L. Krobbacher, G. Gao, A. Alfreider, J. Pernthaler, & R. Psenner. 2001. Precision of bacterioplankton biomass determination: A comparison of two fluorescent dyes and of allometric and linear volume – to- carbon conversion factors. *Aquat. Microb. Ecol.*, 25: 55 -63.
- Rheinheimer, G. 1980. *Aquatic microbiology*. A Wiley Inter Science Publication, Chichester. 225 pp.
- Reeves, R.R. 2002. The Origins and character of aboriginal subsistence whaling: a global review. *Mammal Rev.*, 32(2): 71-106.
- Thyssen, M., D. Lefevre, G. Caniaux, J. Ras, C.I. Fernandez, & M. Denis. 2005. Spatial distribution of heterotrophic bacteria in the northeast Atlantic (POMME stud area) during spring 2001. *J. Geophys.Res.*, 110: 1–16.
- Van Es, F.B & L.A. Meyer-Reil. 1982. Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria. *Advances in Microbial Ecology*, 6: 111 – 170.
- Vranes, K., & A.L. Gordon. 2005. Comparison of Indonesian throughflow transport observation, Makassar strait to eastern Indian Ocean. *J. Geophys. Res.*, 32: 1-5.
- Zimmerman, R., & L.A. Meyer-Reil. 1974. A new Method for Fluorescence Staining of Bacterial Populations on Membran Filter. *Kieler Meeresforsch*, 30: 24 – 27.