

Dinamika Sebaran Bakteri Heterotrofik di Teluk Jakarta (Distribution Dynamic of Heterotrophic Bacteria in Jakarta Bay)

Flandrianto Sih Palimirmo^{1*}, Ario Damar², Hefni Effendi²

(Diterima Maret 2015/Disetujui Februari 2016)

ABSTRAK

Teluk Jakarta merupakan salah satu ekosistem perairan dengan tingkat pencemaran organik tertinggi di dunia. Kondisi ekologis perairan Teluk Jakarta akan memengaruhi kondisi ekosistem, termasuk sebaran bakteri heterotrofiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika sebaran bakteri heterotrofik di perairan Teluk Jakarta. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali ulangan selama tahun 2013. Data yang digunakan berupa data primer dan sekunder. Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan bakteri heterotrofik berfluktuasi dan relatif tinggi pada daerah dekat dengan muara sungai dan semakin menurun kelimpahannya di daerah laut. Kelimpahan tertinggi didapat di Stasiun 10 dengan kepadatan sebesar $3,5 \times 10^6$ CFU/ml dan kelimpahan terendah didapat di stasiun 1 dengan kepadatan sebesar $1,8 \times 10^5$ CFU/ml. Kepadatan tertinggi didapat pada bulan Oktober dengan rerata sebesar $1,3 \times 10^6$ CFU/ml dan kepadatan terendah didapat pada bulan Juli dengan rerata sebesar $3,5 \times 10^5$ CFU/ml. Kelimpahan bakteri heterotrofik memiliki hubungan erat dengan klorofil-a.

Kata kunci: bakteri heterotrofik, dinamika sebaran, teluk Jakarta

ABSTRACT

Jakarta Bay is one of the aquatic ecosystems with the highest level of organic pollution in the world. Ecological condition of Jakarta Bay's water will affect the ecosystem, including the distribution of heterotrophic bacteria. This study aims to determine the dynamics of the heterotrophic bacteria distribution in the Jakarta Bay. Sampling was conducted four times in 2013. Primary and secondary data was used in this research. The results showed that the abundance of heterotrophic bacteria fluctuated and were relatively high in the area near the mouth of the river and it decreased towards the outer of the bay. The highest abundance was obtained at Station 10 with $3,5 \times 10^6$ CFU/ml density and the lowest one was at Station 1 with $1,8 \times 10^5$ CFU/ml density. The highest density was obtained in October with an average of $1,3 \times 10^6$ CFU/ml and the lowest density was obtained in July with the average of $3,5 \times 10^5$ CFU/ml. Abundance of heterotrophic bacteria had strong relationships with chlorophyll-a.

Keywords: distribution, heterotrophic bacteria, Jakarta bay

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta adalah salah satu perairan dengan tingkat pencemaran organik tertinggi di dunia (Damar 2003; Damar *et al.* 2012) karena merupakan muara dari 13 sungai besar yang membawa bahan organik dari Kota Jakarta dan sekitarnya ke perairan Teluk Jakarta. Kondisi ekologis di perairan tersebut tentunya akan memengaruhi ekosistem di Teluk Jakarta, termasuk sebaran bakteri heterotrofik.

Bakteri heterotrofik merupakan komponen pada ekosistem laut yang berfungsi sebagai dekomposer untuk menghasilkan mineral-mineral sebagai nutrisi (Rheinheimer 1991). Fungsi bakteri heterotrofik sebagai dekomposer dan terkait erat dengan siklus hara terutama nitrat dan fosfat. Umumnya bakteri

heterotrofik tergolong dalam bakteri pengurai yang berukuran halus, hidupnya singkat, dan beregenerasi cepat. Bakteri ini tidak dapat berfotosintesis atau memakan partikel organik tetapi dengan enzimnya dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi satuan kecil yang mudah diserap dan diasimilasi. Oleh karena itu, bakteri pengurai ini memegang peranan penting dalam menjaga kelangsungan siklus hidup biota di laut. Kelimpahan bakteri heterotrofik pada stasiun yang terletak dekat dengan pantai karena pada pantai banyak terdapat bahan-bahan organik yang berasal dari darat. Menurut Kunarso (1988), distribusi bakteri heterotrofik tergantung pada faktor sumber nutrisi, kedalaman laut, habitat pada ekosistem laut, dan akses yang menghubungkan laut dan daratan.

Keberadaan bakteri heterotrofik sangat dipengaruhi oleh masukan bahan organik dari daratan yang masuk melalui muara sungai ke dalam perairan Teluk Jakarta. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dinamika sebaran bakteri heterotrofik di perairan Teluk Jakarta dan parameter yang memengaruhi kelimpahannya.

¹ Sekolah Pascasarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

² Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis Korespondensi: E-mail: fspalimirmo@gmail.com

METODE PENELITIAN

Pengukuran lapang dilakukan di kawasan Teluk Jakarta secara periodik di musim peralihan dan timur (Tabel 1) selama tahun 2013. Pengambilan sampel air dan pengukuran lapang dilakukan di setiap stasiun penelitian selama 4 kali. Terdapat 15 stasiun pengambilan sampel, di mana 3 diantaranya adalah di Sungai Angke, Sunter, dan Marunda (Gambar 1). Selanjutnya 3 stasiun berada di muara-muara terbesar dari ke-13 sungai yang masuk ke perairan Teluk Jakarta, yaitu Muara Angke di barat Jakarta, muara kali Ciliwung Priok di daerah tengah kota Jakarta, dan Kali Marunda yang mewakili daerah timur Jakarta. Sementara itu, 9 stasiun lainnya berada di perairan laut.

Metode Pengumpulan Data

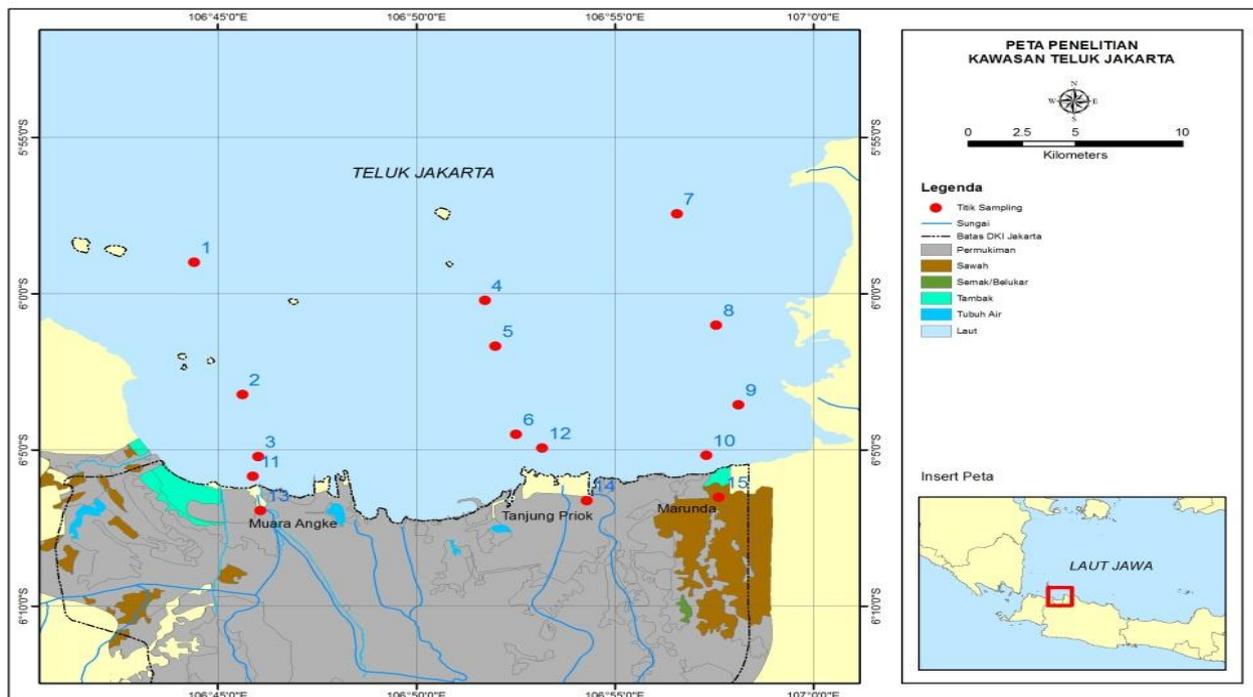
Data yang didapat berupa data primer dan data sekunder. Data primer meliputi kepadatan bakteri heterotrofik dan kebutuhan oksigen biologis (BOD) diambil di perairan Teluk Jakarta dan dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan (Proling), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (FPIK IPB); sedangkan data sekunder meliputi: suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut

(DO), dan klorofil-a mengacu pada penelitian Damar (2013).

Pengukuran kepadatan bakteri heterotrofik menggunakan metode *total plate count* (APHA 2005). Sampel air laut diambil pada daerah dekat permukaan perairan pada 15 stasiun dengan botol sampel steril, kemudian disimpan ke dalam *ice box* untuk dibawa ke laboratorium. Segera setelah sampel sampai di laboratorium, sebanyak 1 ml sampel air laut permukaan asli diambil menggunakan pipet steril, dimasukkan ke dalam 9 ml air laut pengencer steril (pengenceran 10^{-1}). Setelah itu, diambil lagi 1 ml sampel air laut dengan pipet steril dari pengenceran 10^{-1} , masukkan ke dalam cawan petri dengan 2 kali ulangan. Selanjutnya diambil 1 ml sampel air laut dengan pipet dari pengenceran 10^{-1} , masukkan ke dalam 9 ml air laut pengencer steril (pengenceran 10^{-2}). Hasil pengenceran 10^{-2} diambil lagi 1 ml dan dimasukkan ke dalam cawan petri dengan 2 kali ulangan. Selanjutnya, berdasarkan metode tuang (*pour plate*), 1 ml dari tiap sampel air yang telah mengalami seri pengenceran dari setiap stasiun dimasukkan ke dalam cawan petri, kemudian ditambahkan media agar, diratakan dengan cara menggoyang dengan arah membentuk angka “8”, dan kemudian ditunggu hingga mengeras pada suhu ruangan. Setiap sampel air dibuat dua ulangan (duplo), kemudian dibungkus dengan pembungkus kedap udara dan diinkubasi dalam suhu ruangan. Untuk memastikan bakteri yang tumbuh adalah bakteri heterotrofik adalah dengan membuat formula agar medium dasar *Nutrient Agar* dengan penyesuaian salinitas (Trivedi 2008). Penghitungan jumlah koloni bakteri dimulai setelah inkubasi 5 hari. Setelah 5 hari koloni yang tumbuh pada setiap cawan petri dicacah, kemudian dirata-ratakan, dan dikalikan dengan faktor pengencernya. Hasil yang didapat berupa jumlah unit

Tabel 1 Waktu pengambilan sampel dan variabilitas musim

Waktu pengambilan sampel ke-	Bulan	Keterangan musim (muson)
1	Juli	Peralihan
2	Agustus	Kemarau (timur) 1
3	September	Kemarau (timur) 1
4	Oktober	Peralihan



Gambar 1 Peta lokasi pengambilan sampel.

koloni bakteri heterotrofik per ml dalam satuan *colony-forming units* (CFU).

Untuk memvisualisasikan sebaran bakteri heterotrofik di perairan Teluk Jakarta digunakan *software Surfer 8.0* kemudian hasilnya dideskripsikan. Adapun untuk mengetahui hubungan kelimpahan bakteri heterotrofik dengan parameter lain digunakan analisis regresi dengan menggunakan *scatterplot* yang ada pada *software Microsoft Excel* dan analisis PCA (*Principle Componen Analysis*) yang ada pada *software Statistica 8.0*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Bakteri Heterotrofik

Kelimpahan bakteri heterotrofik selama penelitian di Teluk Jakarta memiliki nilai yang bervariasi pada setiap stasiun dan waktu pengamatan. Rerata kelimpahan bakteri heterotrofik yang diperoleh secara spasial berkisar antara $1,8 \times 10^5$ – $3,6 \times 10^6$ CFU/ml dan secara temporal berkisar antara $3,5 \times 10^5$ – $1,3 \times 10^6$ CFU/ml. Variasi kelimpahan bakteri heterotrofik antar stasiun pengambilan sampel menunjukkan pada Stasiun 10 memiliki kelimpahan tertinggi sedangkan pada Stasiun 1 memiliki kelimpahan terendah. Variasi secara temporal menunjukkan bahwa secara umum kelimpahan bakteri heterotrofik tertinggi ada pada bulan Oktober, sedangkan kelimpahan terendah ada pada bulan Juli (Gambar 2).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama penelitian, pada stasiun penelitian yang berlokasi di daerah muara sungai (Stasiun 9, 10, 12, 14, dan 15) cenderung lebih tinggi kelimpahan bakteri heterotrofiknya bila dibandingkan dengan stasiun penelitian di daerah perairan laut. Hal ini diduga karena daerah dekat muara sungai dipengaruhi aliran sungai yang membawa pasokan material organik secara terus menerus sehingga dapat memacu pertumbuhan bakteri heterotrofik yang memanfaatkan materi organik sebagai sumber nutrisinya. Perairan pantai merupakan zona eufotik di mana konsentrasi unsur hara dalam kolom air lebih tinggi kandungannya sehingga ekosistem perairannya lebih produktif dibandingkan

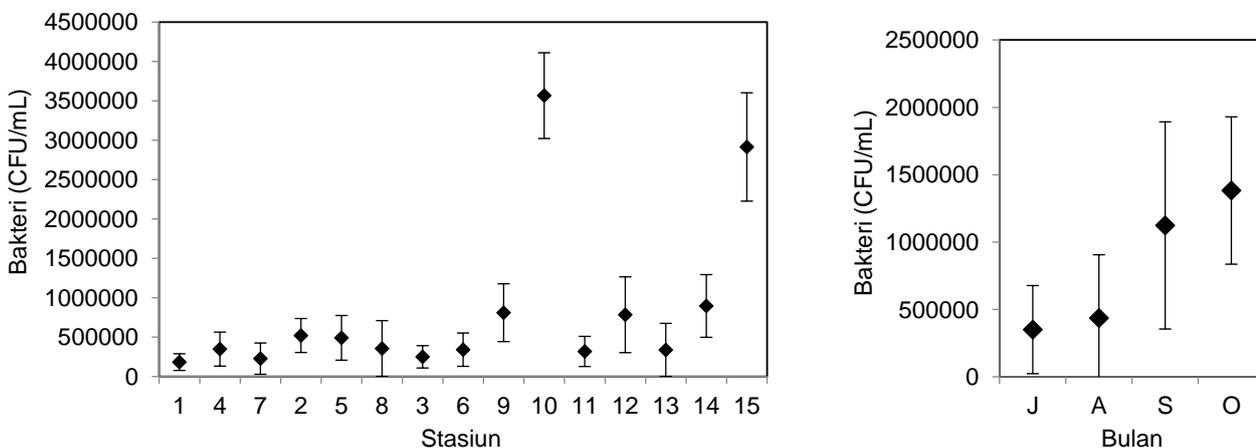
dengan di laut lepas (Vazquez-Dominguez *et al.* 2008), sedangkan daerah di perairan laut cenderung memiliki kelimpahan yang relatif rendah. Rendahnya kelimpahan bakteri heterotrofik ini erat kaitannya dengan suplai dan distribusi nutrisi di dalam ekosistem perairan laut. Oleh karena itu, jauh dan dekat perairan dari daratan akan memengaruhi kelimpahan bakteri heterotrofik di suatu perairan.

Berdasarkan data yang diperoleh, kelimpahan jumlah bakteri dari laut ke daerah muara sungai memiliki tren meningkat, semakin dekat dengan muara sungai semakin tinggi kelimpahan bakteri heterotrofik. Di dalam ekosistem laut sendiri selain bakteri heterotrofik air laut juga terdapat bakteri heterotrofik air tawar yang termasuk ke dalam bakteri halotoleran. Rheinheimer (1991) menjelaskan bakteri halotoleran adalah bakteri yang toleran terhadap lingkungan laut atau toleran terhadap salinitas dan terhadap air tawar. Perairan yang sering terdapat jenis bakteri ini adalah perairan di daerah dekat dengan mulut sungai karena daerah tersebut merupakan tempat pertemuan ekosistem air laut dan ekosistem air tawar sehingga kepadatan koloni bakteri yang terdapat di daerah tersebut juga relatif tinggi, hal ini ditambah dengan daerah mulut sungai biasanya merupakan tempat terkumpulnya limbah organik, limbah rumah tangga, dan limbah-limbah lainnya sehingga semakin mempertinggi jumlah bakteri yang ada di perairan tersebut.

Kelimpahan bakteri heterotrofik tertinggi didapat pada bulan Oktober. Hal ini diduga karena pada bulan Oktober merupakan musim peralihan dari kemarau ke penghujan sehingga Teluk Jakarta mendapat pengaruh *run off* dari daratan akibat hujan yang terjadi di Jakarta dan sekitarnya. Keadaan perairan Teluk Jakarta pada bulan Oktober yang menerima limpasan material organik dari daratan ke perairan teluk akibat hujan menjadikan kelimpahan bakteri heterotrofik lebih banyak dibandingkan bulan-bulan sebelumnya.

Sebaran Suhu, Klorofil-a, Salinitas, pH, BOD, dan DO

Suhu perairan selama penelitian berkisar antara 25–32 °C (Tabel 2). Fluktuasi suhu cenderung sema-



Gambar 2 Spasial dan temporal rerata kelimpahan bakteri heterotrofik di perairan Teluk Jakarta.

Tabel 2 Kisaran nilai parameter penelitian di perairan Teluk Jakarta (Sumber: Damar 2013)

Stasiun	Parameter				
	Suhu (°C)	Klorofil-a (µg/l)	Salinitas (psu)	pH	DO (mg/l)
1	29,9–30,4	0,64–6,89	28–30	8,17–8,65	6,1–8,4
2	29,6–30,5	2,42–21,00	23–27	8,14–8,82	6,5–8,8
3	29,2–30,9	3,09–12,35	8–21	7,45–8,35	4,1–5,8
4	30,2–30,7	1,39–27,82	28–31	8,29–8,68	6,6–9,4
5	30,1–30,6	1,86–31,07	26–31	8,24–8,83	6,7–11,0
6	30,8–31,4	4,58–29,24	29–31	8,37–8,84	5,8–10,3
7	30,7–31,0	2,39–17,37	31–30	8,40–8,71	6,8–10,1
8	29,9–31,5	5,84–23,34	27–31	8,33–8,93	7,0–10,5
9	30,4–32,1	1,10–58,35	8–31	7,40–8,50	5,4–9,4
10	30,8–32,4	8,91–135,09	31–21	8,43–8,98	6,2–14,5
11	29,9–30,7	1,83–11,45	5–18	7,40–8,22	2,2–3,6
12	29,9–31,2	7,29–59,85	5–31	8,30–8,83	6–10,6
13	30,0–30,8	0,73–10,28	0–29	7,30–7,59	0,6–10,7
14	25,0–32,4	0,09–27,49	0–5	6,54–8,06	0,5–1,7
15	25,0–32,6	9,41–125,65	0–25	7,52–8,85	5,5–9,7

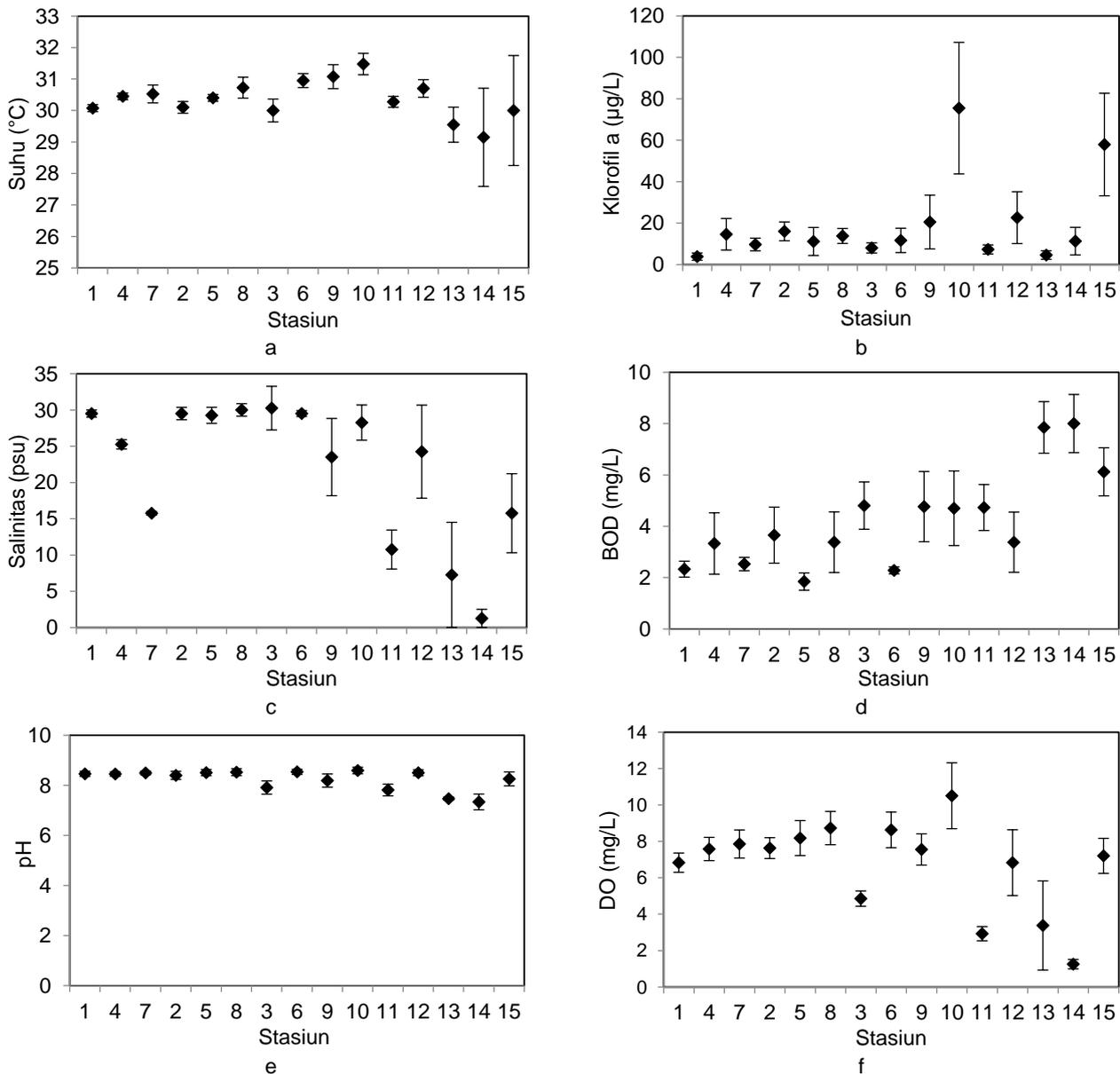
kin besar di stasiun yang dekat dengan muara sungai dan relatif lebih rendah dan stabil di daerah perairan laut, hal ini diduga karena daerah muara sungai mendapat pengaruh yang lebih besar dari daratan sehingga suhunya cenderung lebih berfluktuatif dibandingkan dengan perairan laut. Suhu berfluktuasi terutama mengikuti pola suhu lingkungan sekitarnya. Suhu juga dapat dipengaruhi oleh kondisi iklim dan cuaca. Sverdrup *et al.* (2009) menjelaskan perbedaan suhu pada suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu; 1) Variasi jumlah panas yang diserap; 2) Pengaruh konduksi panas; 3) Pertukaran tempat masa air secara lateral oleh arus; serta 4) Pertukaran air secara vertikal. Pada lokasi penelitian, variasi suhu yang ditemukan relatif kecil. Variasi hanya terjadi di stasiun yang terdapat di perairan sungai (Stasiun 13, 14, dan 15) sedangkan di stasiun lain terutama di daerah perairan laut tidak ditemukan perbedaan suhu yang signifikan (Gambar 2).

Salinitas di perairan Teluk Jakarta terlihat bervariasi antar setiap stasiun pengambilan sampel. Nilai salinitas yang didapat berkisar antara 0–31 psu (Tabel 2). Variasi salinitas di Teluk Jakarta terlihat berfluktuasi rendah pada daerah yang jauh dari daratan dan berfluktuatif tinggi pada daerah dekat dengan muara sungai, semakin menjauhi dari muara sungai salinitas cenderung tinggi dan relatif kurang berfluktuatif (Gambar 3C). Hal ini disebabkan karena di daerah muara sungai sangat dipengaruhi oleh limpasan dari daratan yang cenderung memiliki perairan dengan salinitas yang rendah sehingga menyebabkan fluktuasi salinitas di muara sungai cenderung tinggi. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya curah hujan, siklus air, penguapan, dan aliran sungai (Nontji 2008). Perairan dengan curah hujan yang tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki tingkat penguapan yang tinggi dan tidak dipengaruhi oleh aliran sungai cenderung memiliki salinitas yang tinggi.

Secara spasial sebaran pH selama penelitian didapatkan nilai yang berbeda antara setiap stasiun,

dengan pola bahwa stasiun yang berada di sekitar muara sungai memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan stasiun yang jauh dari daerah muara sungai (Gambar 3E). Hal ini disebabkan oleh adanya masukan air tawar dari sungai yang dapat menurunkan pH pada lokasi stasiun di daerah dekat dengan muara sungai. Nilai pH yang diperoleh selama penelitian mempunyai kisaran antara 7,3–8,98 (Tabel 2). Effendi (2003) menyatakan sebagian besar biota akuatik menyukai pH sekitar 7–8,5 sehingga kisaran nilai pH yang di dapat selama penelitian sebagian besar masih berada pada kisaran yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme mikro termasuk bakteri heterotrofik. Lebih lanjut, Rheinheimer (1991) menyatakan bahwa pH optimum untuk pertumbuhan bakteri berada pada kisaran pH 6,5–8,5 atau berada pada kisaran basa lemah dan asam lemah. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Di samping itu, pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat terutama ion aluminium yang bersifat toksik, sedangkan pH yang sangat tinggi akan menyebabkan keseimbangan antara amonium dan amonia dalam air akan terganggu, serta kenaikan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amonia yang bersifat sangat toksik bagi organisme laut (Sverdrup *et al.* 2009).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman. Keberadaan bakteri heterotrofik sebagai agen pendegradasi bahan organik juga ikut memengaruhi kadar oksigen dalam suatu perairan (Rheinheimer 1991). Berdasarkan data yang didapat, oksigen terlarut cenderung rendah pada kisaran 0,5–14,5 mg/l (Tabel 2) dan berfluktuatif di daerah dekat dengan muara sungai (Gambar 2F), hal ini diduga di daerah tersebut terjadi proses dekomposisi bahan organik menjadi anorganik oleh bakteri heterotrofik, terutama oleh bakteri aerob yang membutuhkan oksigen untuk memecah bahan organik menjadi



Gambar 3 Rerata suhu (a), klorofil-a (b), salinitas (c), BOD (d), pH (e), dan DO (f) di Perairan Teluk Jakarta.

anorganik. Effendi (2003) menyatakan dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Sedangkan nilai BOD menunjukkan semakin ke arah muara sungai, nilai BOD semakin besar (Gambar 3D). Davis dan Cornwell dalam Effendi 2003 menyatakan nilai BOD merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikrob aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air.

Hubungan Sebaran Kelimpahan Bakteri Heterotrofik dengan Parameter Lainnya

Bakteri heterotrofik merupakan bakteri yang mampu mengubah materi organik menjadi materi anorganik. Di samping bakteri heterotrofik dalam ekosistem laut terdapat kelompok bakteri autotrofik, yaitu bakteri yang dapat mengubah bahan-bahan

anorganik menjadi organik sebagai bahan makanannya atau dengan kata lain membuat makanannya sendiri (Odum 1971). Bakteri heterotrofik dan autotrofik ini merupakan 2 kelompok besar dari komponen biotik sebagai penyedia sumber makanan bagi organisme-organisme di laut.

Di dalam ekosistem laut sendiri selain bakteri heterotrofik air laut juga terdapat bakteri heterotrofik air tawar yang termasuk ke dalam bakteri halotoleran. Rheinheimer (1991) menjelaskan bakteri halotoleran adalah bakteri yang toleran terhadap lingkungan laut atau toleran terhadap salinitas dan terhadap air tawar. Perairan yang sering terdapat jenis bakteri ini adalah perairan di daerah dekat dengan mulut sungai karena daerah tersebut merupakan tempat pertemuan ekosistem air laut dan ekosistem air tawar sehingga kepadatan koloni bakteri yang terdapat di daerah tersebut juga relatif tinggi, hal ini ditambah dengan daerah mulut sungai biasanya merupakan tempat

terkumpulnya limbah organik, limbah rumah tangga dan limbah-limbah lainnya sehingga semakin mempertinggi jumlah bakteri yang ada di perairan tersebut.

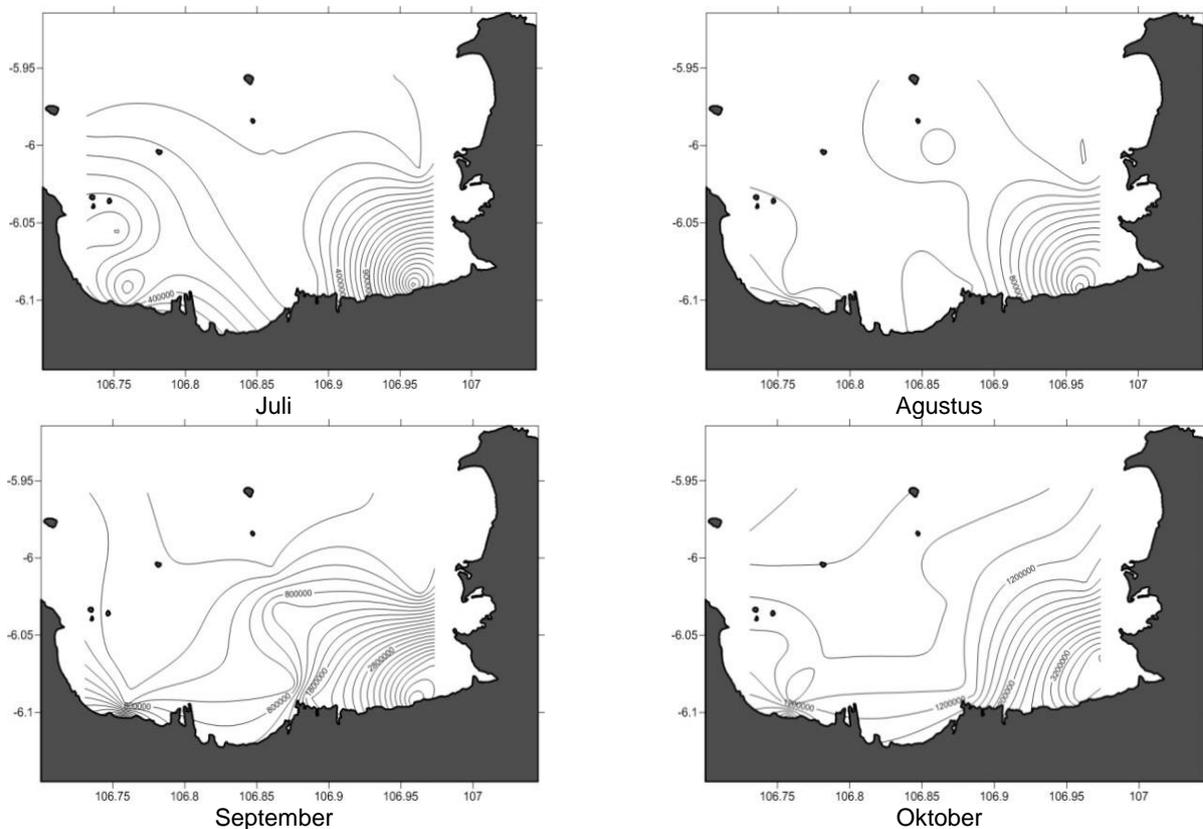
Pola sebaran kelimpahan bakteri heterotrofik ditemukan dengan konsentrasi tinggi pada daerah pesisir Jakarta terutama di bagian timur dan semakin rendah di daerah laut (Gambar 4). Kelimpahan bakteri heterotrofik di pesisir Jakarta bagian timur diduga berkaitan dengan keberadaan muara Sungai Marunda sebagai tempat terakumulasinya bahan organik yang terbawa melalui aliran Sungai Marunda yang membawa material organik dalam jumlah besar masuk ke dalam perairan Teluk Jakarta sehingga berdampak pada kelimpahan bakteri heterotrofik yang tinggi. Aliran sungai membawa pasokan material organik secara terus menerus dapat memicu proses kehidupan bakteri sebagai sumber nutrisinya. Disamping itu, perairan pantai merupakan zona eufotik dimana kandungan unsur haranya lebih produktif dibandingkan dengan perairan laut lepas (Dahuri *et al.* 1996). Kunarso (2011) menambahkan bahwa kandungan bakteri heterotrofik erat kaitannya dengan suplai dan distribusi nutrisi di dalam ekosistem perairan laut sehingga menunjukkan pengaruh daratan terhadap kandungan bakteri sangat signifikan.

Kelimpahan jumlah bakteri heterotrofik dari laut ke daerah muara sungai memiliki tren meningkat, semakin dekat dengan muara sungai semakin tinggi kelimpahan bakteri heterotrofiknya, terutama di daerah pesisir Jakarta bagian timur (Gambar 2). Kelimpahan bakteri heterotrofik yang tinggi selain dipengaruhi oleh

keberadaan materi organik di muara Sungai Marunda diduga juga dipengaruhi oleh *blooming* fitoplankton yang terjadi di muara Sungai Marunda. Penelitian Damar (2013) menunjukkan bahwa di daerah dekat dengan sungai Marunda kepadatan fitoplanktonnya sangat tinggi (16×10^9 ind/l) begitu juga dengan kandungan klorofil-a di perairan tersebut ($75,5 \mu\text{g/l}$). Berdasarkan analisis regresi dengan *scatterplot* yang dilakukan terlihat bahwa kelimpahan bakteri heterotrofik berkorelasi positif ($R^2=0,6366$) dengan konsentrasi klorofil-a di perairan (Gambar 5) sedangkan hubungan dengan parameter lain memiliki korelasi yang lemah (R^2 mendekati 0), hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri heterotrofik berhubungan dengan *blooming* plankton yang ada di perairan Teluk Jakarta yang ditandai dengan tingginya kandungan klorofil-a, khususnya di dekat muara Sungai Marunda dimana pada saat konsentrasi klorofil-a di Stasiun 10 (muara Sungai Marunda) kelimpahan bakteri heterotrofik pun tinggi (Gambar 2 & Gambar 3B).

Hasil uji korelasi dengan metode analisis komponen utama (PCA) juga menunjukkan hal yang sama. Berdasarkan analisis PCA yang dilakukan, diperoleh total informasi (*eigenvalue*) yang diberikan sebesar 70,27% dengan faktor komponen utama pertama (F1) sebesar 48,01% dan faktor komponen utama kedua (F2) sebesar 22,26% (Gambar 4). Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa bakteri heterotrofik dan klorofil-a memiliki hubungan yang erat dan berkorelasi positif (0,59) (Tabel 3).

Berdasarkan analisis *scatterplot* dan PCA me-

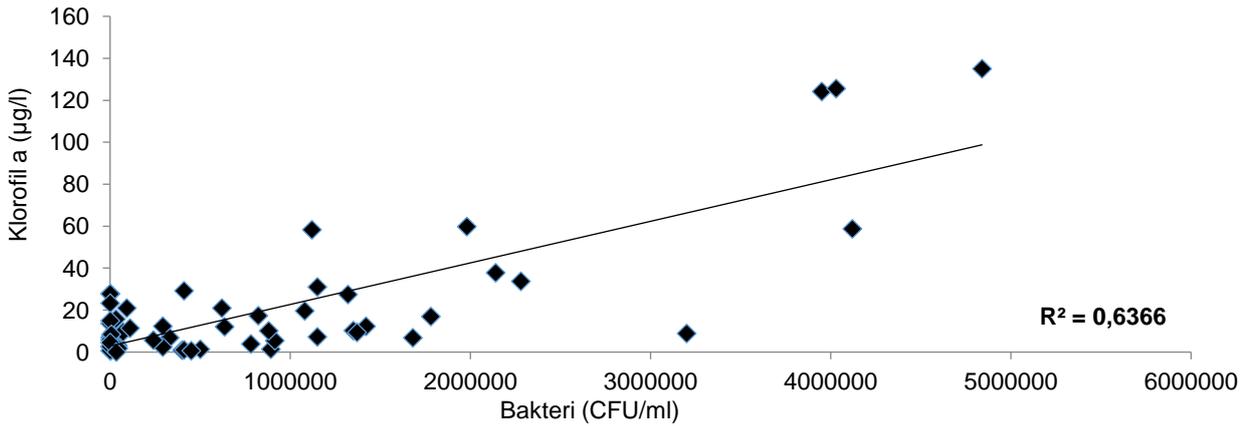


Gambar 4 Pola sebaran horizontal bakteri heterotrofik di perairan Teluk Jakarta.

nunjukkan bahwa kelimpahan bakteri heterotrofik erat kaitannya dengan konsentrasi klorofil-a di perairan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Karrasch *et al.* (2001), Pearce *et al.* (2011), dan Gomes *et al.* (2015) yang menemukan terdapat hubungan cukup erat antara bakteri heterotrofik dengan klorofil-a kaitannya terhadap dinamika, laju pertumbuhan, dan kejadian *blooming* fitoplankton. Sedangkan korelasi bakteri heterotrofik dengan parameter lainnya tidak menunjukkan hubungan yang erat (Gambar 6).

Keberadaan bakteri heterotrofik di perairan ber-

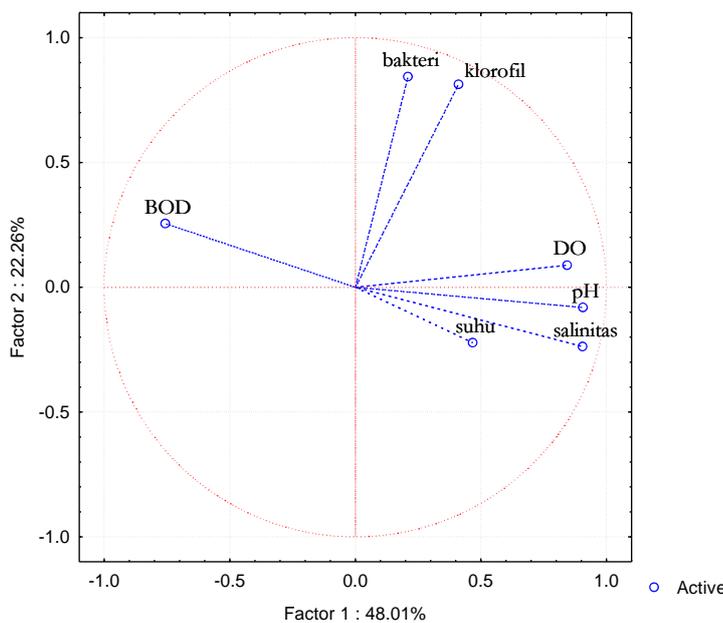
kaitan dengan perannya dalam siklus mikrobial (*microbial loop*). Dalam *microbial loop*, bakteri heterotrofik memegang peranan dalam perombakan material organik ke material anorganik sehingga selain dipengaruhi oleh masukan material organik dari daratan juga dipengaruhi oleh keberadaan biota yang ada di perairan tersebut, termasuk fitoplankton. Pada saat fitoplankton mengalami *blooming*, sebagian fitoplankton tersebut akan mati dan mengalami pembusukan yang kemudian menjadi sumber makanan bagi bakteri heterotrofik. Seiring waktu, bakteri heterotrofik ini akan berkembang biak dengan pesat dan berbanding



Gambar 5 Scatterplot hubungan kelimpahan bakteri heterotrofik dengan klorofil-a di perairan Teluk Jakarta.

Tabel 3 Korelasi antar parameter

Parameter	Suhu	pH	Salinitas	BOD	DO	Klorofil-a	Bakteri
Suhu	1,00	0,33	0,39	-0,22	0,34	-0,06	0,08
pH	0,33	1,00	0,78	-0,73	0,68	0,32	0,09
Salinitas	0,39	0,78	1,00	-0,69	0,77	0,17	-0,01
BOD	-0,22	-0,73	-0,69	1,00	-0,41	-0,11	0,00
DO	0,34	0,68	0,77	-0,41	1,00	0,41	0,16
Klorofil-a	-0,06	0,32	0,17	-0,11	0,41	1,00	0,59
Bakteri	0,08	0,09	-0,01	0,00	0,16	0,59	1,00



Gambar 6 Biplot PCA hubungan antar parameter penelitian.

lurus dengan banyaknya fitoplankton yang mengalami *blooming*. Ruyitno (2007) dalam penelitiannya di perairan Kalimantan Timur menemukan adanya keterkaitan antara distribusi bakteri dengan konsentrasi klorofil-a yang menunjukkan adanya hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan bakteri heterotrofik. Rheinheimer (1984) dalam penelitian di Laut Baltik juga menemukan populasi bakteri yang tinggi didapat pada saat terjadinya fitoplankton yang melimpah. Lebih lanjut Rheinheimer (1984) menyimpulkan bahwa tingginya kelimpahan bakteri disebabkan oleh tersedianya substansi organik yang disediakan fitoplankton. Hal serupa juga dikemukakan oleh Suzuki *et al.* (2011) yang menyatakan populasi bakteri yang tinggi di perairan dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi klorofil-a yang menjadi indikator keberadaan fitoplankton, sehingga hal ini menunjukkan bahwa salah satu faktor yang ikut mengontrol populasi bakteri dalam suatu perairan adalah keberadaan fitoplankton.

KESIMPULAN

Bakteri heterotrofik memiliki kelimpahan tinggi di daerah dekat dengan pesisir Jakarta terutama di stasiun 10 dengan kepadatan sebesar $3,5 \times 10^6$ CFU/ml dan semakin rendah kepadatannya ke arah laut terutama di stasiun 1 dengan kepadatan sebesar $1,8 \times 10^5$ CFU/ml. Kepadatan tertinggi didapat pada bulan Oktober dengan rerata sebesar $1,3 \times 10^6$ CFU/ml dan kepadatan terendah didapat pada bulan Juli dengan rerata sebesar $3,5 \times 10^5$ CFU/ml. Kelimpahan bakteri heterotrofik memiliki hubungan erat dengan klorofil-a.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr.Ir. Ario Damar melalui proyek Hibah Penelitian BOPTN PKSPL-IPB dengan topik "*Deteksi Faktor Lingkungan Pemicu Timbulnya Peledakan Populasi Fitoplankton (red tide) di Perairan Teluk Jakarta dan Kaitannya dengan Eutrofikasi Perairan Pesisir dan Laut dalam Perspektif Perubahan Iklim Global*" yang telah memberikan dana dan kesempatan kerja sama bagi kegiatan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan rasa terima kasih atas ijin dalam penggunaan data penelitian untuk mendukung penulisan dan penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

[APHA] American Public Health Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC (US): Public Health Association.

- Dahuri R, Rais J, Ginting SP, Sitepu MJ. 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta (ID): Pradnya Paamita.
- Damar A. 2003. Effects of Enrichment on Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and Productivity in Indonesian Tropical Water: A Comparison Between Jakarta Bay, Lampung Bay, and Semangka Bay. [Dissertation]. Kiel-Germany (DE): Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Damar A, Colijn F, Hesse KJ, Wardiatno Y. 2012. The eutrophication states of Jakarta, Lampung and Semangka Bays: Nutrient and phytoplankton dynamics in Indonesian tropical waters. *Journal of Tropical Biology & Conservation*. 9(1): 61–81.
- Damar A. 2013. Deteksi Faktor Lingkungan Pemicu Timbulnya Peledakan Populasi Fitoplankton (Red Tide) di Perairan Teluk Jakarta dan Kaitannya dengan Eutrofikasi Perairan Pesisir dan Laut dalam Perspektif Perubahan Iklim Global. Laporan Penelitian Unggulan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat-Institut Pertanian Bogor (LPPM-IPB). Bogor (ID).
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Gomes A, Gasol JM, Estrada M, Franco-Vidal L, Diaz-Perez L, Ferrera I, Moran XAG. 2015. Heterotrophic bacterial responses to the winter-spring phytoplankton bloom in open water of the NW Mediterranean. *Deep-Sea Research I*. 96: 59–68. <http://doi.org/bd77>
- Karrasch B, Mehrens M, Rosenlocher Y, Peters K. 2001. The dynamics of phytoplankton, bacteria and heterotrophic flagellates at two banks near Magdeburg in the River Elbe (Germany). *Limnologia*. 31(2): 93–107. <http://doi.org/fxht6w>
- Kunarso DH. 1988. Peranan Bakteri Heterotrofik Dalam Ekosistem Laut. *Jurnal Oseana*. XIII(4): 133–142.
- Kunarso DH. 2011. Kajian Kesuburan Ekosistem Perairan Laut Sulawesi Tenggara Berdasarkan Aspek Bakteriologi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 3(2): 32–47.
- Nontji A. 2008. *Plankton Laut*. Jakarta (ID): LIPI Press.
- Odum EP. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Pearce I, Davidson AT, Thomson PG, Wright S, Enden Rvd. 2011. Marine microbial ecology in the sub-Antarctic Zone: Rates of bacterial and phytoplankton growth and grazing by heterotrophic protist. *Deep-Sea Research II*. 58(21–22): 2248–2259. <http://doi.org/ffjqtv>

- Rheinheimer G. 1991. *Aquatic Microbiology: 4th Edition*. UK: Jhon Wiley and Sons.
- Rheinheimer G. 1984. Interrelationship Between Bacterian and Phytoplankton. In *Marine du CNRS*:101–106.
- Ruyitno N. 2007. Distribusi Vertikal Bakteri dan Kaitannya dengan Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Kalimantan Timur. *Makara Sains*. 11(1): 10–15.
- Sverdrup KA, Duxbury AC, Duxbury AB. 2009. *An Introduction To The World's Oceans: 10th*. New York (US): McGraw-Hill.
- Suzuki K, Kuwata A, Yoshie N, Shibata A, Kawanobe K, Saito H. 2011. Population dynamics of phytoplankton, heterotrophic bacteria, and viruses during the spring bloom in the western subartic Pacific. *Journal of Deep-Sea Research I*. 58(5): 575–589. <http://doi.org/fjwcm5>
- Trivedi R. 2008. *Microbial Diversity of Culturable Heterotrophic Bacteria in the Tropical Saline Lake*. Department of Microbiology-M.T.B. College Campus (IN).
- Vazquez-Dominguez E, Duarte CM, Agusti S, Jurgen K, Vangue D, Gasol JM. 2008. Microbial plankton abundance and heterotrophic activity across the central Atlantic Ocean. *Journal Progress in Oceanography*. 79(1): 83–94. <http://doi.org/bqk63g>