

Bakteri Coliform di Perairan Teluk Doreri, Manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Species

Tresia Tururaja^{1*} dan Rina Moge²

¹Jurusan Ilmu Kelautan, FPPK, Universitas Negeri Papua, Manokwari
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari 98314 Telp. 0986-211675, Hp 085244334180
email : tresia_sonya@yahoo.com

²Lab.Biologi Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Papua, Manokwari
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari 98314 Telp 0986-213089, Hp 081344761563
email : rin_unipa@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisa kualitas perairan Teluk Doreri berdasarkan kandungan bakteri pencemar golongan enterobacteriaceae dan menganalisa faktor lingkungan abiotik yang mempengaruhinya. Pengambilan contoh air dilakukan di perairan Teluk Doreri (pantai Pasir Putih, muara Sungai Sanggeng, Sungai Wosi, dan Sungai Andai). Penghitungan jumlah total *E.coli* dan coliform menggunakan metode Most Probable Number (MPN) sedangkan uji biokimia bakteri menggunakan media emba agar. Jenis bakteri yang ditemukan pada seluruh lokasi penelitian yaitu *Escherichia coli*, *E. freundii*, dan *E. Aerogenes*. Berdasarkan jumlah total *E. coli* (460-2400 MPN/100 ml) dan coliform (2400 MPN/100 ml) menunjukkan bahwa perairan Teluk Doreri telah tercemar oleh fecal coli.

Kata kunci : bakteri pencemar, Teluk Doreri, *Escherichia coli*, *E. freundii*, *E. aerogenes*

Abstract

The present study aims to analyzed the quality of water in Doreri Bay during by indentifying contaminat bacteria group enterobacteriaceae and several affecting environmental factors. Water samples were taken from several sites (i.e. Pasir Putih water, mouth of Sanggeng River, mouth of Wosi River and mouth of Andai River). Total number count of *E. Coli* and coliform by using Most Probable Number (MPN) method. Biochemical test for bacteria was conducted by using emba agar media. The results of the study showed that bacteria, *Escherichia coli*, *E. freundii*, and *E. aerogenes* were found in all samples from all sites. Based on total number of *E.coli* was 460-2400 MPN/100 ml and coliform was 2400 MPN/100 ml, in which these suggested that the Doreri Bay has been polluted.

Key words : contaminant bacteria, Doreri Bay, *Escherichia coli*, *E. freundii*, *E. aerogenes*

Pendahuluan

Teluk Doreri merupakan salah satu jalur pelayaran yang penting baik secara nasional maupun internasional sehingga dijadikan pintu gerbang mobilitas orang dan barang dari dan ke Papua dan sekitarnya. Terdapat 3 pelabuhan di teluk ini yaitu pelabuhan penumpang dan bongkar muat, pelabuhan Pertamina khusus bahan bakar minyak (BBM), dan pelabuhan milik Angkatan Laut Fasharkan. Perairan tersebut memiliki nilai ekologis antara lain sebagai kawasan ekowisata di Pantai Bakaro (Balik et al., 2008), Pulau Mansinam sebagai kawasan ekowisata dan pusat pembenihan ikan kerapu, dan di Pulau Lemon, Pulau Mansinam, pantai Arowi, Wosi, Rendani, Sowi, dan pantai Andai memiliki ekosistem makroalga, lamun, dan mangrove yang baik (Sembel & Manan, 2007; Mamengko, 2008; Talakua, 2009).

Kegiatan pembangunan juga berkembang

pesat di Teluk Doreri, seperti industri, perkebunan, perikanan, pertanian, dan kehutanan. Selain itu intensifnya kegiatan penduduk dan perkembangan pemukiman yang pesat di sekitarnya juga berpengaruh terhadap kondisi perairan tersebut. Teluk Doreri juga merupakan tempat bermuaranya sungai Andai, Wosi, Wirsi, dan Inggandi. Sungai tersebut banyak dimanfaatkan untuk pembuangan limbah rumah tangga. Permasalahan dalam pengelolaan sumber daya perairan adalah soal pencemaran, baik pencemaran fisika, kimia, maupun mikrobiologi. Pencemaran mikrobiologi berupa kehadiran mikrobia yang menyebabkan hilangnya peruntukan suatu lingkungan.

Salah satu indikator pencemaran mikrobia adalah keberadaan bakteri coliform. Bakteri coliform ada yang bersifat patogen yaitu bakteri yang dapat menimbulkan penyakit. Bakteri coliform masuk dalam famili Enterobacteriaceae yang mempunyai 14 genus

*) Corresponding author

(Waluyo, 2007). Bakteri coliform yang ada dalam air dibedakan ke dalam 2 kelompok yaitu kelompok fecal (*E. coli*) dan non fecal (*Enterobacter aerogenus*). Bakteri coliform merupakan indikator kontaminasi lingkungan atau sanitasi yang kurang baik sedangkan *E. coli* sebagai indikator kontaminasi tinja dari manusia dan hewan berdarah panas.

Sabariah (2003) menemukan bahwa bakteri *E. coli* di perairan Teluk Doreri, Manokwari telah mencapai ambang batas teratas dari standar kualitas air. Atas dasar kondisi perairan serta permasalahannya maka diperlukan suatu penelitian yang berkesinambungan terhadap bakteri-bakteri pencemar di perairan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kualitas perairan Teluk Doreri dengan hadirnya bakteri pencemar pada saat pasang-surut permukaan air laut, mengidentifikasi kandungan bakteri pencemar golongan enterobacteriaceae di Perairan Teluk Doreri dan menganalisis beberapa pengaruh faktor lingkungan abiotik seperti suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) pada pertumbuhan bakteri pencemar.

Materi dan Metode

Penelitian dilaksanakan di perairan Teluk Doreri, Manokwari pada bulan Mei 2008. Sampel air laut diambil di Pantai Pasir Putih, muara Sungai Sanggeng, muara Sungai Wosi, dan muara Sungai Andai (Gambar 1). Pengukuran parameter suhu, salinitas, pH, dan O_2 terlarut dilakukan secara langsung di lapangan. Penghitungan analisis mikrobiologis dilakukan di Laboratorium Biologi UNIPA, sedangkan pengujian biokimia dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Samratulangi, Manado.

Pengambilan sampel dilaksanakan dengan cara *purposive sampling*. Sampel air diambil pada kondisi perbani yaitu saat pasang tertinggi dan surut terendah, pada permukaan air dengan kedalaman ± 15 cm dan jarak $\pm 30-200$ meter dari garis pantai. Sampel air sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam botol steril lalu diletakkan dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium.

Penentuan jumlah bakteri coliform dan *E. Coli* dilakukan dengan metode MPN sesuai prosedur Waluyo (2009). Tabung LB yang menunjukkan hasil positif, diinkubasi pada tabung berisi media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) dan tabung Durham. *Coliform* ditentukan dengan inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 2×24 jam, sedangkan total *E. coli* ditentukan dengan diinkubasi pada suhu 44°C selama 24 jam. Selanjutnya jumlah tabung yang positif dihitung dan dicocokkan dengan tabel perhitungan MPN.

Identifikasi bakteri dari kelompok Enterobacteriaceae dilakukan melalui uji biokimia dengan prosedur Waluyo (2009) yaitu dengan menggoreskan 1 mata ose dari tabung yang berisi media BGLB positif ke media *emba* agar, pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Media diinkubasi selama 24 jam jika warna goresan hijau metalik menunjukkan adanya koloni bakteri. Media selanjutnya dipindahkan dari *emba* agar ke pengujian biokimia menggunakan uji IMViC (*Indol, Methil Red, Voges Proskur, Citrat*) dan dilanjutkan dengan pewarnaan gram.

Analisis data menggunakan teknik analisis secara kualitatif. Hasil analisis dibandingkan dengan baku mutu lingkungan sesuai Lampiran III Kep-51/MENKLH/2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut.

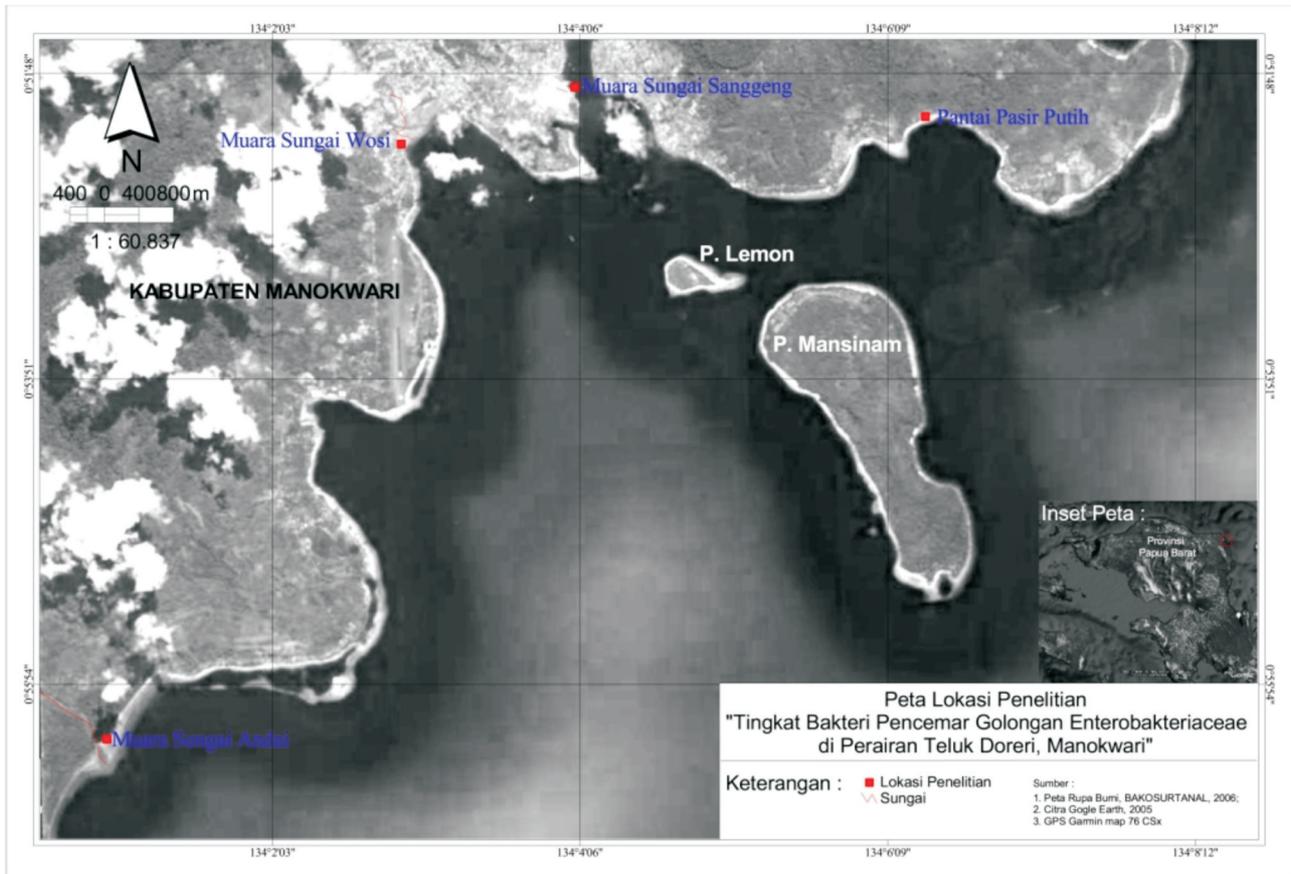
Hasil dan Pembahasan

Jumlah total bakteri pencemaran di perairan Teluk Doreri cukup tinggi yaitu *Escherichia coli* (460-2400 MPN/100 ml), dan *coliform* (2400 MPN/100 ml) baik pada saat pasang maupun surut (Tabel 1). Nilai total *E. coli* maupun *coliform* di seluruh lokasi pengamatan telah melewati ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar oleh bakteri coliform. Penelitian yang sama telah dilaksanakan pada tahun 2003 oleh Sabariah (2003) yang menemukan kandungan bakteri *E. coli* di Teluk Doreri, Manokwari sebesar $4,53 \times 10^2$ CFU/mL, yang menunjukkan bahwa bakteri *E. coli* dan coliform berada pada ambang batas tertinggi yang diijinkan berdasarkan Kep-82/MENKLH/2001.

Perbandingan kedua penelitian ini menunjukkan telah terjadi penurunan jumlah *E. coli* dan coliform di perairan teluk Doreri yaitu dari $4,53 \times 10^4/100\text{mL}$ di tahun 2003 (Sabariah, 2003) menjadi $4,6 \times 10^2 - 2,4 \times 10^3/100\text{mL}$. Level maksimum total bakteri *coliform* yang diperbolehkan berdasarkan Kep-51/MENKLH/2004 yaitu 1000 MPN/100 ml sedangkan level maksimum *E. coli* dalam Kep-82/MENKLH/2001 adalah 100 MPN/100 ml.

Hasil Identifikasi biokimia bakteri enterobacteriaceae di perairan Teluk Doreri (Tabel 2) meliputi *E. Coli*, *Enterobacter aerogenus*, dan *E. freundii*. Bakteri *E.coli* di antaranya menyebabkan diare, radang pada usus besar, dan infeksi *tractus urinarius* (Wadsworth Center, 2008). Bakteri *E. coli* bersifat oportunistik patogenik dan enteropatogenik (Lay & Hastowo, 2000).

Kualitas air pada saat pasang tertinggi dan surut terendah disajikan pada Tabel 3 dan 4. Hasil pengukuran suhu menunjukkan nilai yang tidak terlalu bervariasi karena pada saat pengamatan cuaca cerah. Data kisaran suhu di sekitar Teluk Doreri yaitu



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

29.0–33.5°C (Sabariah, 2003), 30.3–31.3°C (Ayhuan & Yuanike, 2008), 30–31 °C (Talakua, 2009). Data tersebut menunjukkan bahwa suhu air di sekitar Teluk Doreri konsisten tinggi dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh suhu di 4 lokasi berkisar antara 30,4–31,7°C pada saat pasang dan 29,1–31,7°C pada saat surut. Menurut Herd *et al.*, (2001) kondisi yang dapat menunjang pertumbuhan bakteri coliform adalah 12–44 °C.

Pantai Pasir Putih (Lokasi I) merupakan daerah pariwisata sehingga keberadaan bakteri *Enterobacteriaceae* berpotensi mempengaruhi para wisatawan yang melakukan kegiatan yang bersentuhan dengan air laut.

Aktivitas masyarakat terbanyak dijumpai di sekitar muara Sungai Sanggeng (lokasi II) dan Wosi (lokasi III). Sanggeng merupakan lokasi yang terpadat penduduknya sehingga menyumbangkan limbah yang banyak ke Teluk Doreri. Lokasi muara Sungai Sanggeng dan Wosi berdekatan dengan pasar tradisional yaitu pasar Sanggeng dan pasar Wosi serta Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) sehingga banyak sekali terdapat limbah pasar berupa sisa-sisa sayuran dan insang ikan yang langsung dibuang secara langsung ke laut. Kurangnya sarana umum yang memadai

seperti WC dan tempat pembuangan sampah, merupakan sumber keberadaan bakteri coliform yang tinggi di perairan Teluk Doreri. Aktivitas lain yang juga merupakan sumber bakteri yang besar adalah bakteri pemeliharaan ternak babi yang dilepaskan begitu saja tanpa kurungan. Cara pemeliharaan seperti ini menjadi pemicu sumber keberadaan bakteri di perairan karena bakteri yang berada pada kotoran hewan tersebut akan hanyut ke laut oleh air hujan.

Pada lokasi muara Sungai Sanggeng, salinitasnya berkisar 27–30‰. Jika dibandingkan dengan lokasi yang lain, salinitasnya termasuk rendah karena daerah tersebut dipengaruhi oleh air tawar yang bersumber dari Sungai Warkoki, dan Sungai Wirsi yang bermuara langsung ke perairan tersebut. Tinggi rendahnya salinitas ditentukan oleh banyaknya garam-garam yang larut dalam air. Oleh sebab itu penambahan dan pengurangan volume air akan mempengaruhi nilai salinitas. Menurut Herd *et al.*, (2001), kisaran untuk pertumbuhan bakteri coliform yaitu tidak lebih besar dari 85‰. Kisaran salinitas yang diperoleh dalam penelitian ini sangat mendukung pertumbuhan bakteri.

Bakteri laut dapat tumbuh pada pH 6.5–8.5 namun pertumbuhan optimumnya 7.2–8.5

(Salle, 2000). Hasil penelitian diperoleh kisaran pH dari 4 stasiun yaitu 6.77-7.23, sangat mendukung pertumbuhan bakteri coliform dan *E. coli*. Nilai pH di muara sungai Sanggeng dan Wosi yang berada pada kisaran asam lemah disebabkan kedua muara sungai ini terjadi pengkonsentrasian senyawa organik sehingga mempengaruhi pH. Pengaruh lainnya, yaitu buangan dari pemukiman penduduk yang berada di sekeliling pantai terlebih dekatnya lokasi pengambilan sampel dengan pasar tradisional.

Menurut Kristanto (2002) biota air dapat bertahan jika terdapat oksigen terlarut minimal 5 ppm selebihnya bergantung pada ketahanan jenis organisme, derajat keaktifannya, kehadiran bahan pencemar dan suhu air. Oksigen terlarut dapat berasal dari proses fotosintesis tanaman air dan atmosfer yang masuk ke dalam air dengan kecepatan tertentu. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa oksigen terlarut sangat rendah. Di muara Sungai Sanggeng, air laut sangat keruh dan berwarna coklat kehitaman. Hal ini diduga disebabkan karena pemakaian oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik khususnya limbah domestik ke perairan sangat tinggi Sanggeng merupakan lokasi dengan penduduk terpadat.

Muara Sungai Andai (lokasi IV) secara visual airnya cukup jernih namun mempunyai *E.coli* dan *coliform* sangat tinggi. Jumlah bakteri *coliform* dan *E.coli* di perairan ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang ada di sekitar tempat tersebut yang membuang limbah domestiknya ke pantai.

Pencemaran di perairan pesisir umumnya terjadi karena adanya pemusatan penduduk, pariwisata, dan industrialisasi (Supriharyono, 2000). Pemusatan penduduk di wilayah pesisir merupakan penghasil limbah rumah tangga (limbah domestik). Limbah domestik umumnya terdiri atas tinja/feses, air kemih, buangan air limbah lain (kamar mandi, cucian, dan dapur) (Kusnopranto, 2000).

Kecepatan maksimum arus pasang surut pada kondisi perbani khususnya saat pasang tertinggi, mencapai 0.03 m/s terdapat pada batas terbuka Timur, batas terbuka Barat dan bagian selat yang mengalami penyempitan antara Pulau Lemon, dan Pulau Mansinam. Kecepatan minimum mencapai

0.00001025 m/s terjadi pada bagian dekat pantai yang agak terlindung, dan kedalaman relatif dangkal (Manaf, 2008). Pola arus di Teluk Doreri dan sekitarnya pada saat pasang tertinggi yaitu masuknya massa air menuju pantai dari arah Pasir Putih menuju Pulau Mansinam dan Pulau Lemon lalu masuk ke Teluk Sawaibu (Sanggeng), Teluk Wosi, dan akhirnya menuju ke Lautan Pasifik.

Pola arus perbani saat surut terendah di Teluk Doreri adalah sama dengan saat pasang dengan kecepatan arus maksimum mencapai 0.13 m/s dan arus minimum mencapai 0.00003351 m/s. Teluk Andai yang langsung berhadapan dengan Lautan Pasifik, memiliki pola arus yang bergerak menuju pantai (saat pasang) dan menjauhi pantai (saat surut). Gelombang yang terbentuk di Teluk Doreri yang berada pada posisi terbuka berhadapan langsung dengan Lautan Pasifik tingginya secara keseluruhan mencapai 1 hingga 2 meter bahkan lebih (Mamengko, 2008).

Berdasarkan pola arus dan kecepatan arus yang terjadi pada saat pengambilan sampel yaitu perbani pasang tertinggi dan surut terendah, maka dapat diasumsikan bahwa bakteri yang tersebar dari arah pasir Putih, terkumpul di Tanjung Sanggeng dan Wosi. Jumlah penduduk di Distrik Manokwari Timur (Pantai Pasir Putih dan sekitarnya) mencapai 6.869 jiwa, Distrik Manokwari Barat (Pasar Sanggeng dan Wosi) mencapai 59.978 jiwa (BPS Kabupaten Manokwari, 2009). Tingginya jumlah jiwa yang terkonsentrasi pada daerah pesisir Teluk Doreri mengakibatkan rendahnya tingkat sanitasi sehingga jumlah total bakteri pencemar yaitu *E. Coli* dan *coliform* yang ditemukan telah melewati batas baku mutu untuk pariwisata dan budi daya perikanan (Kep-82/MENKLH/2001) dan baku mutu air laut (Kep-51/MENKLH/2004).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa Perairan Teluk Doreri telah tercemar oleh bakteri *E.coli* dan *coliform* karena jumlah kedua bakteri ini telah melewati batas baku mutu untuk wisata bahari dan biota perairan. Bakteri coliform di Perairan Teluk Doreri yang teridentifikasi adalah *E. coli*, *Enterobacter freundii*, dan *Enterobacter aerogenes*.

Tabel 1. Total Bakteri Coliform dan E.Coli dalam Air di Perairan Teluk Doreri, Manokwari

Lokasi pengamatan	Pasang		Surut	
	<i>coliform</i> (per 100 ml)	<i>E.coli</i> (per 100 ml)	<i>coliform</i> (per 100 ml)	<i>E.coli</i> (per 100 ml)
Pantai Pasir Putih	> 2400	> 2400	> 2400	1100
Muara Sungai Sanggeng	> 2400	> 2400	> 2400	> 2400
Muara Sungai Wosi	> 2400	> 2400	> 2400	> 2400
Muara Sungai Andai	1100	1100	> 2400	1100

Tabel 2. Hasil Identifikasi Spesies Bakteri Saat Pasang dan Surut di Perairan Teluk Doreri, Manokwari

Lokasi Pengamatan	Pasang	Surut
Pantai Pasir Putih	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterobacter freundii</i> & <i>Enterobacter aerogenes</i>
Muara Sungai Sanggeng	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Muara Sungai Wosi	<i>E. freundii</i>	<i>E. coli</i>
Muara Sungai Andai	<i>E. coli</i>	<i>E. freundii</i>

Tabel 3. Kualitas Air dari Teluk Doreri, Manokwari Saat Pasang Tertinggi

Lokasi Pengamatan	Parameter yang diukur			
	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/L)
Pantai Pasir Putih	30,4	7,36	32	3,37
Muara Sungai Sanggeng	30,8	6,77	27	0,65
Muara Sungai Wosi	30,1	6,91	30	3,12
Muara Sungai Andai	31,7	7,06	33	3,56

Tabel 4. Kualitas Air dari Teluk Doreri, Manokwari Saat Surut Terendah

Lokasi Pengamatan	Parameter yang diukur			
	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/L)
Pantai Pasir Putih	29,1	7,23	32	5,32
Muara Sungai Sanggeng	30,4	6,77	30	1,21
Muara Sungai Wosi	31,5	6,84	32	2,85
Muara Sungai Andai	31,8	7,23	34	4,63

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh DP2M-DIKTI melalui Program Penelitian Dosen Muda (PDM) dengan nomor kontrak 037/SP2H/PP/DP2M/III/2008. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M-DIKTI, Tim Reviewer IJMS, Rektor UNIPA, Ketua Lembaga Penelitian UNIPA, Dekan FPPK dan FMIPA-UNIPA, Ketua Jurusan Ilmu Kelautan dan Ketua Jurusan Biologi-UNIPA Manokwari. Terima kasih secara khusus kepada Kepala Laboratorium Kimia Bahan Hayati Laut, FPIK UNSRAT Manado atas bantuannya dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.

Daftar Pustaka

Ayhuan, H.V & K. Yuanike. 2008. Kajian Kualitas Air pada Beberapa Estuari di Perairan Teluk Doreri Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Manokwari* 4(1):65-72.

Balik, D.D.T., A.W.A. Renyaan & N. Widiastuti. 2008. Studi Potensi Pantai Bakaro Untuk Pengembangan Kawasan Ekowisata di Distrik Manokwari Timur.

Jurnal Perikanan dan Kelautan Manokwari 4(2):105-118.

Badan Pusat Statistik. 2009. Manokwari Dalam Angka. Manokwari. hal 42.

Herd, T., J.S. Crowlker & L.J Cox. 2001. Keamanan Pangan Untuk Ahli Gizi. Ringkasan Penyakit yang Ditularkan Makanan. I CD- SEAMEO-GT2-WHO.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Baku Mutu Air Laut. Lampiran III Untuk Biota Laut. Jakarta.

Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Kusnoputranto. 2000. Air limbah dan Ekskreta Manusia. Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Tinggi dan Kebudayaan. Jakarta.

Lay, B.W & S. Hastowo. 2000. Mikrobiologi. Rajawali Press. Jakarta.

- Manaf, S. 2008. Simulasi Model Numerik Hidrodinamika Teluk Doreri Kabupaten Manokwari Dengan Metode Beda Hingga Eksplisit. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Manokwari* 4(2):91-104.
- Mamengko, F.Y.S. 2008. Kesesuaian Karakteristik Pantai Teluk Doreri Manokwari Terhadap Replantasi Hutan Mangrove. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Manokwari* 4(2):139-150.
- Sabariah, V. 2003. *Escherichia coli*, Bakteri Indikator Pencemar Perairan. Studi Pendahuluan di Teluk Doreri, Manokwari. Warta Wiptek No. 44/Tahun 2003/Oktober. UNIPA. Manokwari. Hal 11-15.
- Salle, A.J. 2000. *Fundamental Principles of Bacteriology*. 8^{ed}. Harper & Brothers.
- Sembel, L & J. Manan. 2007. Komposisi Spesies dan Kelimpahan Jenis-jenis alga Ekonomis Serta Pemanfaatannya oleh Masyarakat di Sekitar Pesisir Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Manokwari* 3(2):117-138.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Talakua, S. 2009. Komunitas Makroalga dan Lamun di Pesisir Pantai Arowi Kabupaten Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan. Manokwari* 5 (1) : 81-92.
- Waluyo, L. 2007. *Mikrobiologi Umum*. Penerbit Universitas Muhammadiyah. Malang. 372 hal.
- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press. Malang.
- Wadsworth Center. 2008. Disease Carriers, Bacteria : *Escherichia coli*. New York State Departemen of Health. <http://www.wadsworth.org/databank/ecoli.htm>. [29 Oktober 2008].