

BIOFOULING PADA BEBERAPA JENIS SUBSTRAT PERMUKAAN KASAR DAN HALUS

(Biofouling at smooth and rough surface substrates)

Bintang Marhaeni

Jurusan Perikanan dan Kelautan. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.

Abstrak

Biofouling dapat terjadi pada setiap permukaan yang terendam dalam perairan. Biofouling yang terjadi pada media yang tidak dikehendaki dapat menjadi masalah besar yang harus ditangani. Mengetahui proses biofouling dan penyebab terjadinya biofouling dapat dijadikan dasar dalam penanganannya. Penelitian biofouling pada jenis dan tipe substrat yang berbeda dapat dijadikan dasar pemilihan substrat agar meminimalisir terjadinya biofouling yang tidak diinginkan. Penelitian biofouling pada substrat fiber, kayu dicat warna terang (putih) dan cat warna gelap (coklat) serta kayu tidak dicat dengan masing-masing permukaan halus dan kasar telah dilakukan dengan menggunakan panel-panel yang diletakkan pada perairan laut. Jenis substrat fiber merupakan jenis substrat yang paling sedikit ditempeli organisme fouling. Pada uji makrofouling substrat kayu yang dicat warna terang merupakan jenis substrat yang paling sedikit ditempeli organisme fouling dibandingkan substrat kayu yang lainnya. Permukaan substrat yang halus pada semua panel percobaan merupakan permukaan yang lebih sedikit ditempeli organisme fouling. Jenis substrat dengan permukaan halus dan dari bahan yang lebih padat merupakan jenis substrat yang ditempeli organisme fouling paling sedikit.

Kata-kata kunci: biofouling, fiber, kayu, cat gelap, cat terang.

Pendahuluan

Penempelan dan pertumbuhan organisme hidup pada permukaan yang terpapar di lingkungan perairan didefinisikan sebagai fouling merupakan masalah yang serius. Menurut Egan (2001) bahwa proses pembentukan komunitas biofouling melalui suatu proses dimana kolonisasi pada suatu permukaan yang baru terjadi sebagai hasil suksesi dari beberapa tahap. Mula-mula terbentuk film secara biokimia pada permukaan yang bersih, peristiwa ini kemudian diikuti penempelan mikroba atau *mikro-fouling* (kolonisasi bakteri dan diatom) dan tahap akhir adalah *makro-fouling* (kolonisasi makroalga dan invertebrata).

Bagi industri perkapalan komersial dan industri perkapalan untuk

rekreasi peningkatan sebesar 1 mm pada penebalan badan kapal dapat menyebabkan daya tarik kapal meningkat 80%. Pada skala yang lebih luas lagi, efisiensi bahan bakar dapat turun 40%, hal ini menyebabkan peningkatan pengeluaran biaya perjalanan 77% akibat terjadinya biofouling (Mittelman 1999; Stanczak 2004 dan Champ dalam Maxey 2006). Pembangkit tenaga listrik yang menggunakan air laut sebagai unsur pendingin pada kondensor penguapan dapat mengalami permasalahan sehubungan dengan fouling. Fouling pada tabung kondensor berpendingin air menurunkan efisiensinya dan menyebabkan terjadinya penurunan seluruh tenaga generator. Diperkirakan sekitar 4% stasiun pembangkit secara berkala mati pada pembangkit tenaga

listrik berkekuatan lebih dari 600 megawatt dikarenakan terjadinya biofouling (Maxey 2006). Permasalahan biofouling yang lain juga terjadi pada jaring yang dibuat untuk budidaya juga tak luput dari organisme fouling. Pertumbuhan ekstensiv dari organisme fouling menyebabkan penurunan aliran air yang mengalir ke jaring menyebabkan terjadinya pengurangan oksigen. Masalah yang sama terjadi pada jalur yang digunakan pada kultur moluska dimana organisme yang dikultur berkompetisi dengan organisme fouling dalam hal konsumsi oksigen dan makanan. Pada saat seperti ini seluruh jaring budidaya harus dipindahkan dan dibersihkan tetapi cepatnya proses fouling menyebabkan mahalnya proses ini. Ditambah lagi bahwa kehadiran organisme fouling pada jaring budidaya menyebabkan rakit-rakit budidaya menjadi tenggelam (Armstrong 2000).

Penanggulangan biofouling laut banyak dilakukan dengan cat antifoulant yang kebanyakan mengandung tembaga dan TBT (tri-n-butyltin) sebagai unsur aktif yang paling efektif (Willemsen and Ferrari (1993) dalam Abarzua and Jakubowski 1995). Cat antifouling ini mencegah terjadinya biofouling dengan mewujudkan biosida yang efektif yang konstan. Sejak tahun 1970 triaryltin dan trialkiltin meningkat penggunaannya sebagai cat antifouling karena kemampuannya sangat baik dalam mencegah datangnya organisme laut melapisi dasar kapal dan jaring budidaya (Suzuki et al 1992 dalam Abarzua and Jakubowski 1995). Aplikasi cat berbahan TBT di dunia ini menyebabkan timbulnya polusi pada lingkungan dan makanan di dunia. TBT merusak banyak bentuk dari kehidupan organisme laut lain selain organisme fouling yang merupakan spesies ekonomis penting seperti kerang. TBT menyebabkan terjadinya perubahan bentuk pada Oyster dan tidak ada atau sedikit larva kerang dapat menempel

pada substrat keras. Perubahan bentuk juga terjadi pada siput laut. Kejadian imposex juga didapatkan pada organisme akibat TBT (Abarzua and Jakubowski 1995; Soedharma dan Fauzan 1996; Armstrong 2000; Sudaryanto 2001; Burges 2002; Harder 2004).

Mikro-fouling sebagai awal dari proses makrofouling pada permukaan dipengaruhi oleh sifat fisika-kimia dari permukaan seperti tekstur, hidrophobicity dan sifat biologi bakteri seperti pergerakan (seperti swarming), struktur (seperti pili) dan produksi molekul penempel (seperti extraselular polisakarida) (Costerton *et al.*, 1995; Costerton *et al.*, 1999). Characlis et al (1990) mengatakan bahwa perluasan dari koloni mikroba muncul semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kekasaran permukaan. Banyak peneliti menemukan bahwa mikroorganisme menempel sangat rapat pada media yang *hydrophobik* seperti permukaan nonpolar antara lain Teflon dan plastik dibandingkan pada material yang lebih *hydrophilic* seperti gelas atau logam (Donlan, 2002). Berdasarkan hal tersebut diatas maka perbedaan jenis dan tipe bahan yang digunakan pada kapal atau struktur yang terendam di air laut akan mempengaruhi juga kecepatan terjadinya proses biofouling. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan penempelan organism fouling pada jenis dan tipe substrat yang berbeda dimana hasilnya akan bermanfaat dalam penentuan bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan kapal maupun struktur yang terendam air laut.

Bahan dan Metode

A. Mikro-fouling

Penjebakan bakteri pembentuk biofilm pada substrat kayu dan fiber dilakukan di perairan Teluk Awur - Jepara, Jawa Tengah pada bulan Oktober 2008. Disiapkan balok kayu

dan Fiber yang memiliki permukaan kasar dan halus berukuran 3x6 cm untuk pengebakan bakteri biofilm. Pada masing-masing substrat Kayu dan Fiber dibuat lubang kecil pada bagian atas dan bawah untuk memasukkan tali pengikat. Masing-masing jenis panel kayu dan fiber dibuat satu rangkaian dengan besi agar didapat posisi pemasangan dengan empat arah mata angin. Panel kayu dan fiber selanjutnya ditempatkan pada perairan dengan arah posisi empat arah mata angin 50 cm dibawah permukaan laut pada surut terendah. Pengebakan dilakukan selama satu minggu yang merupakan waktu terjadinya biofilm bakteri mulai permanen (Railkin 2003) Setelah satu minggu perendaman, panel diangkat untuk dilakukan isolasi terhadap bakteri yang menempel pada masing-masing substrat panel. Isolasi dilakukan dengan melakukan pengerokan permukaan panel dengan alat pengerok steril. Penanaman bakteri dilakukan pada media Agar Zobell setelah dilakukan seri pengenceran. Isolat-isolat yang tumbuh selanjutnya dilakukan pemurnian.

B. Makrofouling

Pengambilan data untuk mendapatkan jumlah makroorganisme penempel pada panel kayu dan fiber dilakukan di perairan Muara Baru, Jakarta Utara pada bulan Mei – Juni 2009. Penelitian dilakukan dengan menempatkan panel substrat berukuran 4x8 cm berupa fiber, kayu tidak di cat dan kayu yang diberi cat warna putih (mewakili warna terang) dan warna coklat (mewakili warna gelap) masing-masing dengan permukaan halus dan kasar. Pada masing-masing substrat dibuat lubang kecil pada kedua ujungnya untuk memasukkan tali pengikat. Kayu dan fiber yang telah diikat dengan tali plastik tersebut kemudian ditempatkan di perairan 50 cm dibawah permukaan laut pada surut terendah. Pengamatan dilakukan terhadap kehadiran organisme penempel

seminggu dua kali hingga diperoleh makroorganisme penempel yang dominan pada setiap panel substrat percobaan. Masing-masing jenis substrat dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Pengangkatan panel-panel percobaan diambil untuk dilakukan perhitungan jumlah organisme penempel setelah terlihat adanya organisme penempel pada semua panel percobaan.

C. Pengambilan Data Fisik Kimia Lingkungan

Data Fisik-Kimia Lingkungan diambil bersamaan pada saat melakukan Isolasi bakteri pada tumbuhan Lamun. Parameter Fisik Kimia lingkungan yang diamati adalah parameter Suhu, pH, dan Salinitas.

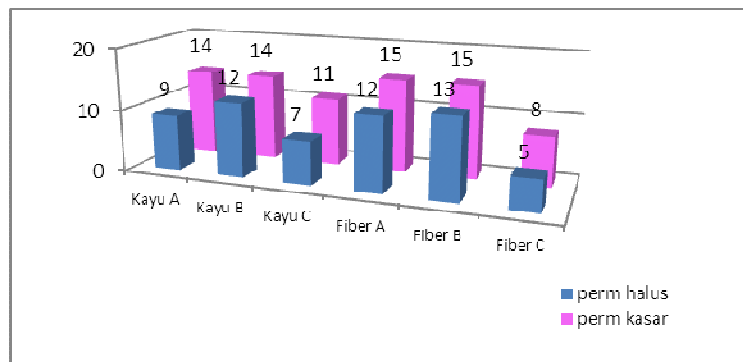
Hasil dan Pembahasan

Mikroorganisme lebih banyak hidup sebagai komunitas sesil daripada hidup sebagai sel planktonik. Bakteri dengan komunitas sesil berkembang pada semua permukaan di lingkungan perairan sebagai mikrokoloni (Donlan, 2002 and Munn, 2004). Hal ini juga dapat dibuktikan dari hasil penelitian dimana setelah perendaman panel substrat fiber dan kayu selama satu minggu pada setiap panel terisolasi beberapa jenis isolat bakteri. Kolonisasi bakteri yang terjadi pada suatu permukaan media membentuk suatu biofilm dimana setelah bakteri menempel selanjutnya perlekatan sel bakteri membentuk suatu lapisan ekstraseluler polimer substansi (EPS). Substansi ini yang mengatur kehidupannya, mengembangkan interaksi yang kompleks dan resistan terhadap biosida. Struktur biofilm ini sangat heterogen dan dinamis (Callow and Callow 2002; Fleming 2009). Sifat-sifat fisik yang bervariasi dapat mempengaruhi perkembangan biofilm termasuk tekstur dan kontour permukaan, ketersediaan cahaya, kelembaban permukaan dan peningkatan

panas, gas dan transfer nutrient. Sifat-sifat kimia seperti kandungan kalsium, magnesium atau ion yang ada dalam air, ketersediaan nutrient yang spesifik dan keadaan sinyal kimia dari organisme disekitarnya juga berpengaruh terhadap keberadaan biofilm (Egan 2001).

Nutrien juga merupakan faktor yang penting karena biofilm tidak memiliki kandungan material hidup mereka menggantinya dari bakteri yang mati atau hasil sekresi (Stanczak 2004). Biofilm bakteri lebih banyak ditemukan pada permukaan yang lebih bersifat hidrophobik dibandingkan permukaan hidrophilik (Michael and Smith 1995; Kerr 1999), selain itu pada permukaan yang kasar juga lebih banyak terjadi

biofilm bakteri (Kerr 1999). Pada penelitian ini isolate bakteri lebih banyak diisolasi dari panel substrat yang memiliki permukaan kasar dibandingkan permukaan halus dan lebih banyak diisolasi dari jenis substrat kayu dibandingkan substrat fiber (Grafik.1 dan Tabel.1). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Hamadouche (2003) dimana pada substrat kaca dan selulosa ditemukan biofilm sangat sedikit dibanding pada substrat PVC. Rini (2009) juga membuktikan bahwa biofilm ditemukan pada substrat kayu dan beton yang telah direndam dalam air laut selama 24 jam sedangkan pada substrat baja tidak ditemukan biofilm bakteri.



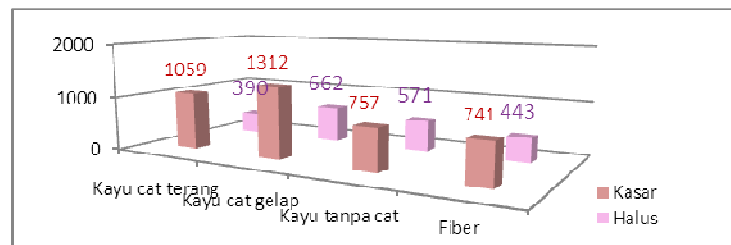
Gambar 1. Grafik Jumlah Isolat bakteri biofilm pada substrat Kayu dan Fiber permukaan halus dan kasar

Menurut Zaitsev (1970; 1997) dalam Railkin (2004) bahwa penyebab proses biofouling diperankan oleh adanya akumulasi nutrient pada permukaan. Hal tersebut memicu tersedianya sumber makanan dan menarik mikroorganisme untuk menempel. Selanjutnya akumulasi dan reproduksi mikroorganisme pada permukaan tersebut merupakan sumber nutrisi bagi perkembangan level trofik yang lebih tinggi dan dapat menarik organisme multiseluler pada tempat tersebut. Hasil penelitian terhadap

jumlah makroorganisme penempel pada beberapa perlakuan panel substrat terlihat adanya hubungan yang erat antara terjadinya biofilm oleh bakteri dan terjadinya penempelan makroorganisme fouling. Hal ini dibuktikan dengan adanya jumlah organism fouling yang menempel pada panel substrat kayu ditemukan lebih banyak dibandingkan dengan panel fiber (Grafik.2, Tabel.2 dan Tabel.3) dimana hal yang sama dengan hasil isolasi bakteri pada kedua jenis panel tersebut dimana pada panel kayu ditemukan

isolate bakteri juga lebih banyak. Menurut Mitchell and Maki. 1988 bahwa biofilm bakteri pada permukaan memegang peran penting dalam penempelan dan metamorphosis beberapa larva invertebrate. Selain itu kelimpahan organism baik bakteri maupun makroorganisme fouling pada semua jenis substrat yang diujicobakan memperlihatkan bahwa pada semua permukaan kasar diperoleh kelimpahan

yang lebih banyak dibandingkan pada permukaan halus. Characklis et al (1990) mencatat bahwa perluasan dari koloni mikroba muncul semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kekasaran permukaan. Hal ini juga dibuktikan oleh Kerr (1999) dengan penelitiannya pada substrat kaca dan akrilik memperoleh data bahwa kekasaran permukaan meningkatkan jumlah organisme fouling.



Gambar 2. Grafik jumlah makroorganisme penempel (Biofouling) pada Substrat Kayu dan Fiber permukaan kasar dan halus

Jenis kayu yang berbeda juga diketahui akan mempengaruhi penempelan organisme fouling karena masing-masing jenis kayu memiliki elastisitas serta kandungan kimia yang berbeda. Boesono (2008) yang meneliti kayu jenis Jati dan Bengkirai ternyata pada kayu jati kecepatan pertumbuhan organisme fouling lebih cepat. Menurut Nagabushanam and Alam. 1988 bahwa beberapa jenis kayu lebih resisten terhadap organism fouling dibandingkan yang lain. Tingkat resisten ini tergantung pada perbedaan lokasi, jenis organism penempel, kualitas kayu dan kondisi fisik lingkungan. Jenis kayu yang ada di daerah tropis pada umumnya lebih tahan di air laut untuk tidak ditemplei organism fouling karena banyak jenis kayu tropis yang mengandung bahan aktif seperti minyak, resin, tannin dan alkaloid. Namun sering kali jenis kayu yang digunakan adalah kayu yang tidak memiliki kandungan

bahan aktif pencegah biofouling atau kemampuan bahan aktif pada kayu tersebut juga memiliki umur tertentu untuk dapat bertahan mencegah penempelan biofouling. Untuk meminimalkan penempelan organisme fouling seringkali dilakukan dengan cara pengecatan (Chambers 2006). Pengecatan juga merupakan suatu cara untuk memodifikasi tekstur permukaan agar lebih halus. Penggunaan warna cat yang berbedapun akan berpengaruh terhadap penempelan organism fouling. Pada penelitian ini menunjukkan hasil bahwa pada kayu dicat terang lebih sedikit ditemplei organisme fouling dibandingkan pada cat yang berwarna lebih gelap. Hal ini juga dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Sasongko (2008) dimana organisme fouling lebih menyukai warna gelap (coklat, hitam, merah dan hijau) dibandingkan warna terang (oranye, kuning, putih).

Kondisi fisik-kimia perairan selama penelitian menunjukkan nilai yang berfluktuasi pada parameter salinitas dan pH (Tabel.4). Hal ini dikarenakan kondisi cuaca pada saat penelitian sering terjadi hujan pada sore dan malam hari sedangkan pengamatan dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 10.00–12.00 WIB dan lokasi penelitian yang berada pada daerah pantai yang berdekatan dengan tempat-tempat penyimpanan ikan laut hasil tangkapan kapal-kapal besar yang seringkali mengeluarkan limbah cucian ikan.

Kesimpulan

Proses biofouling dimulai dari proses terbentuknya biofilm bakteri. Biofouling dapat dikurangi atau dicegah dengan menggunakan jenis substrat bertekstur padat dengan permukaan cenderung halus dan warna yang terang.

Daftar Pustaka

- Abarzua.S and S. Jakubowski. 1995. Biotechnological investigation for the prevention of biofouling.I. Biological and biochemical principles for the prevention of biofouling. *Mar Ecol Prog Ser.* Vol.123: 301-312.
- Armstrong. E, Kenneth G, Boyd and J. Grant Burgess. 2000. Prevention of marine biofouling using natural compounds from marine organisms. *Biotechnology Annual Review.* Volume 6. Elsevier Science.
- Burgess, J.G., K.G.Boyda, E. Armstronga, Z. Jianga, L. Yana, M. Berggrenb, U. Mayb, T. Pisacanec, A.K. Granmob and D.R. Adamsd. 2003. The development of a marine natural product-based antifouling paint. *Biofouling.* 19: 197-205.
- Boesono. H, 2008. Pengaruh lama perendaman terhadap organism penempel dan modulus elastisitas pada kayu. *Ilmu Kelautan.* Vol. 13 (3): 177–180.
- Callow, M.E and J.A. Callow. 2002. Marine biofouling: A sticky problem. *Biologist.* 49: 1-4.
- Characklis, W.G. and A.R. Escher. 1988. Microbial Fouling: Initial Event. In *Marine Biodeterioration.* A.A. Balkema. Rotterdam.
- Chambers. 2006. Modern approaches to marine antifouling coating. *Surface and Coatings Technology* 201 (2006) 3642-3652. Elsevier.
- Costerton, J.W. 1999. Antifouling. Center for Biofilm Engineering. Montana State University. Bozeman.MT.
- Donlan, R.M. 2002. Biofilm: Microbial Life on Surface. *Emerging Infectious Diseases.* Vol.8. No.9. September 2002.
- Egan. S. 2001. Production and regulation of fouling inhibitory compounds by the marine bacterium. School of Microbiology and Immunology. Faculty of Life Science. The University of New South Wales. Sydney. Australia.
- Fleming.H.C. 2009. Why microorganisms live in biofilm and the problem of biofouling. *Marine and Industrial Biofouling.* Springer Berlin Heidelberg.
- Hamadouche.N. 2003. Marine bacteria interaction causing biofouling with biospecific materials. *ArchiMer.* Institutional Archive of Ifremer.
- Harder.T. 2004. Analytical chemistry of natural product with Marine Biology, Larval Biology, Environmental Microbiology and Molecular Biology.
- Kerr. A, C.M.Beveridge, M.J.Cowling, T.Hodgkiess, A.C.S. Parr and M.J. Smith. 1999. Some physical factors affecting the accumulation of biofouling. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* (1999), 79:2:357-359.
- Maxey IV, C.E. 2006. Occurrence and Distribution of Irganol 1051 and its Natural Metabolites in Biotic and

- Abiotic Marine Samples, having been approved in respect to style and intellectual content, is referred to you for judgment. Florida International University.
- Michael.T. and M.Smith. 1995. Lectin probe molecular film in biofouling: characterization of early film on non-living and living surface. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* Vol.119:229-236.
- Mitchell.R. and J.S. Maki. 1988. Microbial surface film and their influence on larval settlement and metamorphosis in the marine environment: Initial Event. In *Marine Biodeterioration*. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Mittelman, M.W. 1999. Bacterial Biofilm and Biofouling: Translational Research in Marine Biotechnology. *Proceeding Workshop: Opportunities Applications of Marine Biotechnology.* October 5 – 6, 1999.
- Munn.C.B. 2004. *Marine Microbiology, Ecology and Application*. Garland Science/BIOS Scientific Publishers.
- Newby, Bi-min Zhang, T. Cutright, C.A. Barrios and Q.Xu. 2006. Zosteric acid an effective antifoulant for reducing fresh water bacterial attachment on coating. JCT Research.
- Railkin, A.I. 2004. *Marine Biofouling: Colonization Processes and Defence*. CRC Press. Florida.
- Rini.C.S. 2009. Profil Protein bakteri biofilm pada substrat beton, kayu dan baja yang dipaparkan di perairan sekitar jembatan Suramadu sisi Surabaya. ITS Library.
- Sasongko.S. 2008. Pengaruh warna cat anti corrosión (AC) terhadap penempelan Vortex pada bagian badan kapal. Undergraduate Theses Teknik Perkapalan Ekstensi. Institut Teknologi Surabaya.
- Soedharma, D. dan A. Fauzan. 1996. Imposex pada Neogastropoda (*Thais* sp) sebagai akibat kontaminasi Tributyltin (Senyawa Sn) dari cat pelapis Kapal di sekitar Pelabuhan Ratu, Jawa Barat.
- Stanczak, M. 2004. *Biofouling: It's Not Just Barnacles Anymore*. All Rights Reserved, CSA. <http://www.Csa.com/discoveryguide>.
- Sudaryanto.A, M.Muchtar, H..Razak dan S. Tanabe. 2001. Pencemaran Senyawa Butyltin di sedimen dari perairan Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol.3. No.5: 64-69.