

**KELIMPAHAN BAKTERI SELULOLITIK DI MUARA SUNGAI GUNUNG ANYAR
SURABAYA DAN BANCARAN BANGKALAN**

**THE TOTAL OF CELLULOLYTIC BACTERIA IN GUNUNG ANYAR SURABAYA AND
BANCARAN BANGKALAN ESTUARIES**

Didya Sinatryani, Moch. Amin Alamsjah, Sudarno dan Kustiawan Tri Pursetyo

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Kampus C Mulyorejo - Surabaya, 60115 Telp. 031-5911451

Abstract

Most organic materials utilized mangrove detritus such as mangrove leaves fall throughout the year. Organic particles or litter into a place to live for bacteria, fungi and other microorganisms. One of organic compounds in the soil is cellulose. Deciduous leaves on the ground allows that the cellulose content in the soil is high, it is possible to find cellulose degrading bacteria in the mangrove ecosystem.

Soil sampling conducted in April 2014 located in Gunung Anyar Surabaya estuaries and Bancaran Bangkalan estuaries. After taking the samples, the isolation of cellulolytic bacteria and bacteria calculation were conduct using standard *Total Plate Count* (TPC).

Based on the results of the calculation of total number bacteria, obtained the highest total number of cellulolytic bacteria at station E (Bancaran) of 4.9×10^4 CFU/ml. The highest percentage of cellulolytic bacteria obtained at station D (Bancaran) with a percentage of 27.09%. According to the whole calculation of the total number of bacteria, total number and percentage of cellulolytic bacteria, it was found that the area of Bancaran Bangkalan has higher abundance of cellulolytic bacteria than Gunung Anyar Surabaya mangrove areas.

Keywords : Cellulose, Cellulolytic Bacteria, Total Plate Count, Mangrove

Pendahuluan

Ekosistem hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki produktivitas tinggi dibandingkan ekosistem lain dengan dekomposisi bahan organik yang tinggi, dan menjadikannya sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang berada di perairan sekitarnya. Materi organik menjadikan hutan mangrove sebagai tempat sumber makanan dan habitat berbagai biota seperti ikan, udang dan kepiting (Kapludin, 2012).

Bahan organik produksi mangrove sebagian besar dimanfaatkan sebagai detritus atau bahan organik mati seperti daun-daun mangrove yang gugur sepanjang tahun. Aktivitas mikroba dekomposer dan hewan pemakan detritus kemudian memproses bahan organik menjadi partikel yang lebih halus (Odum and Heald, 1975 dalam Mahmudi dkk., 2008). Partikel-partikel organik atau serasah menjadi tempat hidup bagi bakteri, jamur dan mikroorganisme lainnya. Serasah mangrove yang tertimbun di lumpur mengalami dekomposisi oleh berbagai jasad renik untuk menghasilkan detritus dan mineral bagi kesuburan tanah serta sumber bagi

kehidupan fitoplankton (Mahmudi dkk., 2008).

Ekosistem mangrove mempunyai keanekaragaman mikroorganisme yang mempunyai kemampuan menghasilkan enzim ekstraseluler yang diperlukan untuk perombakan bahan organik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bakteri heterotropik di ekosistem mangrove merupakan sumber utama enzim ekstraseluler yang diperlukan untuk mineralisasi bahan organik (Diaz *et al.*, 2009 dalam Setyati dan Subagyo, 2012). Senyawa organik yang ada di dalam tanah salah satunya adalah selulosa yang merupakan polisakarida yang keberadaannya sangat melimpah di tanah (Fessenden dan Fessenden, 1994).

Daun yang gugur di atas tanah memungkinkan bahwa kandungan selulosa di tanah tersebut tinggi, maka besar kemungkinan untuk dapat menemukan bakteri pendegradasi selulosa di dalam ekosistem mangrove. Bakteri di dalam tanah akan mendegradasi selulosa menjadi molekul monosakarida yang mudah diserap oleh tanaman yang kemudian akan digunakan untuk pertumbuhannya (Reanida, 2012).

Produksi bahan organik selulosa pada wilayah mangrove di dunia mencapai

7.0 x 10⁷ ton pertahun (Sing and Hayashi, 1995) yang siap didegradasi oleh bakteri selulosa tanah (Kalaiselvi and Jayalakshmi, 2013). Jumlah total bakteri pendegradasi selulosa yang tinggi pada tanah memberikan nutrient yang besar untuk kelangsungan hidup mangrove. Selulosa pada tanah didegradasi oleh bakteri selulolitik menjadi glukosa untuk dimanfaatkan mangrove sebagai cadangan makanan pada proses fotosintesis (Sing and Hayashi, 1995).

Penelitian terkait bakteri selulolitik belum banyak menilai jumlah total bakteri pada tanah mangrove. Banyaknya jumlah total bakteri selulolitik pada tanah kawasan mangrove Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan dapat digunakan sebagai penentu jumlah selulosa yang terkandung dalam serasah mangrove.

Tujuan dari penelitian ini antara lain : mengetahui jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi dari tanah di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan, mengetahui perbandingan kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan dan mengetahui pengaruh parameter lingkungan terhadap kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan.

Materi dan Metode

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2014 di Kawasan Ekowisata Mangrove Gunung Anyar Surabaya, kawasan mangrove muara sungai Bancaran Bangkalan serta Laboratorium Pendidikan (B-204) Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.

Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan terdiri atas bahan dan alat penelitian. Bahan penelitian yang digunakan adalah Nutrient Agar, *Carboxymethyl cellulose* (CMC), air laut 30 ppt, akuades, spiritus, alkohol 70% dan *Congo Red*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah cawan Petri, tabung reaksi, rak besi, bunsen, gelas ukur, Erlenmeyer, spatula, spluit 1 ml, pipet tetes 3 ml, pipet volume 10 ml, *autoclave*, *heater*, Inkubator, pH indikator, refraktometer, *soil test kit*, termometer, timbangan analitik, pot sampel, *cooling box*, *cylinder crof*, sekop, tissue, kapas dan kertas label.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei analitis. Lokasi pengambilan sampel tanah ditentukan dengan cara *purposive sampling* atau lebih dikenal dengan *judgement sampling*

Penentuan Lokasi

Pengambilan sampel dilakukan di enam stasiun, dimana tiga stasiun berada di kawasan muara sungai Gunung Anyar Surabaya (Stasiun A,B, dan C) dan tiga stasiun berikutnya di kawasan muara sungai Bancaran Bangkalan (Stasiun D, E, dan F).

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah menggunakan *cylinder crof* sedalam 20 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah yang telah diambil, disimpan ke dalam pot sampel dan diberi label sesuai dengan simbol stasiun dan pengulangannya.

Sterilisasi Alat dan Bahan

Pencucian peralatan menggunakan air hangat atau deterjen. Kemudian pembersihan dengan air mengalir dan dikeringkan. Peralatan yang dicuci, disumbat dan dibungkus kertas kemudian dilakukan sterilisasi fisik dengan *autoclave* tekanan 2 atm, pada suhu 121°C selama 15 menit.

Pembuatan Nutrient Agar dan CMC

Pembuatan media nutrient agar ditambahkan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) 0,5% untuk pertumbuhan bakteri selulolitik. Larutan yang digunakan untuk penumbuhan bakteri selulolitik adalah air laut steril 30 ppt.

Preparasi Sampel Tanah

Sampel tanah ditimbang seberat 1 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Tabung reaksi diisi dengan air laut steril sebanyak 9 ml. Tabung reaksi yang berisi tanah sampel dan air laut dikocok hingga homogen dan dilakukan seri pengenceran.

Pengenceran Bertingkat

Tabung reaksi yang berisi larutan air laut dan tanah diambil 1 dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air laut steril atau diencerkan sebesar 10⁻¹, demikian seterusnya sampai pada pengenceran 10⁻⁵.

Pemupukan Bakteri

Pada tabung reaksi pengenceran, masing-masing pengenceran dituangkan ke dalam cawan Petri steril sebanyak 1 ml

suspense dan tuangkan Nutrient CMC Agar 20 ml pada cawan Petri (*pour plate*). Inkubasi bakteri pada suhu 28°C selama 72 jam.

Perhitungan Koloni Bakteri

Perhitungan koloni bakteri menggunakan standar *Total Plate Count* (TPC).

$$\text{Koloni per ml atau per gram} = \frac{\text{Jumlah Koloni per Cawan} \times 1}{\text{Faktor Pengenceran}}$$

Pengamatan Bakteri Selulolitik

Tumbuhnya koloni bakteri selulolitik dapat dilihat dengan aktifitas zona bening pada cawan Petri. Pengujian zona bening dilakukan dengan menggunakan larutan *congo red* 0,1%. Hasil positif dinyatakan dengan adanya zona bening (*clear zone*) di sekitar koloni (Ekawati dkk., 2012). Setelah pengujian zona bening, dihitung persentase bakteri selulolitik dengan rumus :

$$\% \text{ Selulolitik} = \frac{\text{Jumlah Koloni Bakteri Selulolitik}}{\text{Total Keseluruhan Koloni Bakteri}} \times 100\%$$

Parameter

Parameter utama yang diteliti adalah jumlah total bakteri selulolitik. Parameter penunjang dalam penelitian ini yaitu nilai kualitas tanah suhu, pH, salinitas, unsur nitrogen dan fosfor.

Analisis Data

Data hasil perhitungan jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi pada tanah muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan akan dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk gambar dan tabel.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah total bakteri, didapatkan bakteri dengan koloni tertinggi pada stasiun E (Bancaran) dengan jumlah total bakteri sebanyak $3,5 \times 10^5$ CFU/ml. Perhitungan rata-rata jumlah total bakteri pada wilayah Bancaran lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah Gunung Anyar yaitu sebesar $2,6 \times 10^5$ CFU/ml. Pada jumlah koloni bakteri selulolitik didapatkan koloni tertinggi pada stasiun E (Bancaran) sebanyak $4,9 \times 10^4$ CFU/ml.

Perhitungan rata-rata jumlah total bakteri selulolitik pada wilayah Bancaran lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah total bakteri selulolitik di wilayah Gunung Anyar yaitu

sebesar $4,0 \times 10^4$ CFU/ml. Persentase bakteri selulolitik tertinggi didapat pada stasiun D (Bancaran) dengan persentase 27,09%. Hasil rata-rata persentase selulolitik di wilayah Bancaran lebih tinggi dibandingkan wilayah Gunung Anyar yaitu sebesar 17,52%. Berdasarkan keseluruhan perhitungan jumlah total bakteri, jumlah total bakteri selulolitik dan persentase bakteri selulolitik, wilayah mangrove Bancaran memiliki kelimpahan bakteri selulolitik lebih tinggi dibandingkan wilayah mangrove Gunung Anyar.

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas lingkungan, suhu tanah wilayah mangrove Gunung Anyar 29-30 °C dan wilayah Bancaran berkisar 28-29 °C. Salinitas pada wilayah Gunung Anyar dan Bancaran terdapat perbedaan yang cukup signifikan berkisar 12-22 %. Derajat keasaman tanah pada wilayah Gunung Anyar dan Bancaran berkisar 6,8-7. Keasaman tanah ini akan berpengaruh pada organisme yang terdapat pada wilayah tersebut. Selain itu, pengukuran pH digunakan untuk menentukan pH media bakteri yang diinkubasi. Unsur nitrogen dan fosfor dihitung untuk mengetahui kesuburan daerah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran. Unsur nitrogen dan Fosfor merupakan unsur utama yang menyusun jaringan tumbuhan (Michael, 1995). Kandungan unsur nitrogen pada wilayah Gunung Anyar sebesar 0,071 – 0,125 mg/g, sedangkan pada wilayah Bancaran 0,068 – 0,295 mg/g.

Selulosa merupakan penyusun utama tanaman dan mengandung fraksi karbon organik dalam tanah. Mikroorganisme yang hidup dalam tanah berperan pada siklus karbon organik ke lingkungan tersebut (Wang *et al.*, 2008 dalam Irfan *et al.*, 2012). Kandungan selulosa yang tinggi di alam menekan pentingnya mikroorganisme selulolitik dalam proses mineralisasi dan siklus karbon (Schlegel, 1994). Degradasi materi selulosa mengalami berbagai proses yang kompleks dan membutuhkan partisipasi enzim selulolitik dari mikroba (Irfan *et al.*, 2012).

Selulosa sebagai senyawa yang paling banyak di bumi tersusun atas 8000- 12000 unit glukosa dengan ikatan β -1,4-glukosida. Ikatan β -1,4-glukosida pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa oleh enzim selulase. Enzim selulase terdiri atas tiga tipe enzim utama yaitu endo-1,4- β -glukanase, ekso-1,4- β -glukanase dan 1,4-glukosidase (Fikrinda dkk., 2000). Bakteri selulolitik mampu menghasilkan endo-1,4- β -glukanase, ekso-1,4- β -glukanase dan 1,4-glukosidase yang bekerja

secara sinergis dalam mendegradasi selulosa (Lynd *et al.*, 2002).

Kemampuan bakteri untuk tumbuh pada medium spesifik *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) Agar menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu memanfaatkan selulosa sebagai salah satu sumber nutrient terutama sebagai sumber karbon. Zona bening (*Clear zone*) merupakan indikasi awal untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam mendekomposisi selulosa. Semakin luas zona bening yang terbentuk, secara kualitatif dianggap sebagai potensi bakteri selulolitik semakin besar (Reanida, 2012). Menurut Meryandini (2009), isolat bakteri selulolitik potensial diperoleh dengan indikasi membentuk zona halo (*halo zone*) terluas dan kecerahan (*clear zone*) yang terbentuk.

Rantai panjang yang terdapat pada media CMC yang bersifat amorf (tidak beraturan) sangat mudah dipecah oleh bakteri selulolitik (Goto *et al.*, 1992 dalam Fikrinda dkk., 2000), sehingga aktivitas enzim selulase pada substrat CMC merupakan aktivitas enzim endo- β -1,4-glukanase. Enzim endo- β -1,4-glukanase yang bekerja pada rantai dalam CMC menghasilkan oligo-sakarida atau rantai selulosa yang lebih pendek (Meryandini dkk., 2009). Selulosa yang terdapat pada media CMC akan habis diserap oleh bakteri selulolitik sehingga saat pewarnaan menggunakan reagen *congo red* terdapat zona bening karena tidak terdapat ikatan antara selulosa dan *congo red*, sedangkan pada daerah yang masih terdapat selulosa akan berikatan dengan reagen *congo red* dan media nampak berwarna merah.

Menurut Rao (1994), di dalam setiap 1 gr tanah yang dikatakan subur, terdapat jumlah bakteri sekitar $10-10 \times 10^6$ upk/ml. Pada penelitian ini, jumlah total bakteri berkisar $5,2 \times 10^4 - 3,5 \times 10^5$ CFU/ml sehingga dapat dikatakan subur. Konsentrasi atau kepadatan bakteri berkaitan dengan ketebalan substrat atau sedimen, semakin rendah ketebalan sedimen semakin kecil konsentrasi bakteri (Sutiknowati, 2010).

Menurut Hanafiah (2007), jumlah total mikroba dalam tanah digunakan sebagai indeks kesuburan tanah karena pada tanah subur jumlah mikrobanya tinggi. Populasi bakteri yang tinggi menggambarkan adanya suplai makanan atau energi yang cukup. Selain itu, adanya temperatur yang sesuai, ketersediaan air yang cukup dan kondisi ekologi lain yang mendukung. Berdasarkan hasil penelitian, koloni bakteri selulolitik stasiun E menunjukkan kesuburan lingkungan tertinggi dibandingkan

stasiun lainnya. Stasiun E terdapat pada wilayah Bancaran Bangkalan dan pengambilan sampel pada stasiun E merupakan daerah dimana akumulasi bahan organik dari limbah rumah tangga dan lautan bercampur dan mengendap di tepi sungai.

Pada hasil persentase selulolitik, menunjukkan nilai 6,33-27,09%. Persentase tersebut sangat rendah, mengingat kandungan bahan organik tanah tertinggi adalah selulosa yakni berkisar 20-50% bahan organik tanah (Hanafiah, 2007). Hasil penelitian Mahasneh (2001) mendapatkan bahwa dominansi aktivitas perombakan bahan organik (dalam hal ini adalah seresah daun *Avicenia*) tertinggi adalah amilolitik dan diikuti proteolitik, selulolitik, dan lipolitik. Akan tetapi penelitian Raghavendruru dan Kondalarao (2008) mendapatkan hasil yang sebaliknya yaitu bahwa densitas tertinggi bakteri mangrove adalah bakteri lipolitik. Sehingga, tidak semua kandungan bahan organik mangrove seragam serta kemungkinan pada penelitian ini, kandungan terbesar bukan bakteri selulolitik melainkan proteolitik, lipolitik ataupun amilolitik.

Keadaan vegetasi yang kurang rapat dan terangkutnya bahan mineral dan bahan organik oleh erosi menyebabkan jumlah total mikroorganisme tanah berkurang (Ardi, 2009). Pernyataan tersebut dapat menggambarkan keadaan stasiun Gunung Anyar, dimana kerapatan mangrove lebih lebar dibandingkan stasiun Bancaran.

Tanah sebagai tempat hidup beragam mikroorganisme. Mikroorganisme tanah seperti bakteri dan jamur sangat mempengaruhi kesuburan tanah, oleh karena itu mikroorganisme merupakan salah satu aspek penting yang berperan dalam pembentukan suatu ekosistem. Mikroorganisme tanah juga bertanggungjawab atas pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara, dengan demikian mikroorganisme memiliki pengaruh terhadap sifat kimia dan fisik tanah (Ardi, 2009; Rao, 1994).

Hasil pengukuran parameter fisika lingkungan yang tercantum pada Tabel 4, memperlihatkan bahwa pada kedua lokasi penelitian memiliki beberapa kondisi lingkungan yang hampir sama. Suhu air pada kedua lokasi yaitu 30-32°C. Hal ini disebabkan oleh pengukuran temperatur yang dilakukan pada siang hari. Rata-rata suhu air tersebut masih termasuk kisaran optimum untuk pertumbuhan bakteri. Menurut Hartanto (2009) suhu air optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu 25- 37°C. Suhu tanah pada

kedua lokasi tersebut masih termasuk kisaran optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu berkisar 28-30°C. Suhu tanah optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar 27-36°C (Indriani, 2008). Rata-rata suhu tersebut masih berada dalam kisaran yang baik untuk proses dekomposisi.

Stasiun D merupakan wilayah dengan salinitas tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Sebagian besar mikroorganisme tumbuh hanya dalam kisaran salinitas yang agak sempit (1-5‰), sekelompok kecil bakteri dapat tumbuh pada kisaran salinitas yang sangat luas (15-25‰). Bakteri yang termasuk kelompok salinitas tinggi memiliki keuntungan lebih dari mikroorganisme lainnya (Rheinheimer, 1992). Kisaran salinitas bakteri terluas terdapat pada suhu pertumbuhan optimal kelompok bakteri, tetapi terdapat penurunan jumlah bakteri pada suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah. Suhu diatas optimum menyebabkan peningkatan senyawa NaCl dan suhu di bawah optimal menyebabkan reduksi senyawa NaCl (Meyer-Rail, 1972 dalam Rheinheimer, 1992)

Selain faktor fisika, faktor kimia tanah dapat mempengaruhi kehidupan bakteri. Aktivitas bakteri pendegradasi selulosa dipengaruhi pula oleh pH tanah. Nilai pH untuk kedua lokasi yaitu berkisar antara 6,8 - 7. Nilai tersebut masih dalam kisaran pH optimal dan sangat produktif untuk pertumbuhan bakteri pendegradasi selulosa. Udara pada tanah memiliki kandungan CO₂ yang cukup tinggi sehingga mampu menurunkan pH tanah yang mempunyai daya sangga rendah dan akan menurunkan pH antara 0,5-1 unit untuk tanah yang memiliki daya sangga tinggi (Sutanto, 2005). Pada umumnya pH tumbuhan tingkat tinggi sesuai dengan mikroba tanah. Aktivitas mikroba tanah akan menurun dengan menurunnya pH tanah (Hasibuan dan Ritonga, 1981).

Kandungan unsur hara nitrogen (N) tertinggi terdapat pada stasiun E. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya bakteri seperti genus *Corynebacterium*, dan *Pseudomonas* yang mampu mendegradasi unsur hara nitrogen, dan dipengaruhi oleh bahan-bahan organik dari serasah-serasah pada daerah tersebut (Ningsih dkk., 2014). Ketersediaan nitrogen yang cukup, dapat menyebabkan tumbuhan menjadi subur dan eksudat tumbuhan akan lebih banyak dikeluarkan ke dalam tanah, sehingga bakteri pendegradasi selulosa yang memanfaatkan eksudat serasah pada daerah tersebut juga akan lebih banyak (Sumarsih, 2003).

Stasiun E merupakan daerah dengan kandungan fosfor (P) tertinggi. Hal ini

dikarenakan kondisi lingkungan yang mendukung hidupnya bakteri pengurai unsur hara fosfor. Genus bakteri yang berperan dalam penguraian fosfor antara lain *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* (Sutiknowati, 2010). *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* merupakan mikroba tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan fosfor yang dimanfaatkan tanaman membantu penyediaan hara dan membantu dekomposisi bahan organik (Widawati dan Suliasih, 2006).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan, jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi dari mangrove Gunung Anyar dan Bancaran yaitu 7,8x10³ CFU/ml dan 4,1x10⁴ CFU/ml. Wilayah mangrove Bancaran memiliki kelimpahan bakteri selulolitik lebih tinggi dibandingkan wilayah mangrove Gunung Anyar. Faktor lingkungan (suhu, pH, salinitas, unsur Nitrogen dan Fosfor) mempengaruhi kelimpahan bakteri selulolitik pada wilayah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, penulis memberikan saran untuk mengidentifikasi bakteri selulolitik yang telah diisolasi pada wilayah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan bakteri selulolitik dalam penanganan dan pengolahan lingkungan sekitar mangrove.

Daftar Pustaka

- Ardi, R. 2009. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Kelerengan dan Kedalaman Hutan Alam. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. hal. 32-35.
- Fessenden, R.J. dan J. S. Fessenden. 1994. Kimia Organik. Penerbit Erlangga. Surabaya. hal. 352-355.
- Fikrinda, I. Anas, T. Purwadaria dan D. A. Santosa. 2000. Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Selulase Ektremofil dari Ekosistem Air Hitam. Jurnal Mikrobiologi Indonesia, 5(2) : 48-50.
- Hanafiah, K. A. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. hal. 7; 167; 211.
- Hartanto, J. 2009. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Sulfat Masam Di Kawasan Pesisir Hutan Mangrove Peniti Kalimantan Barat, Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam,

- Universitas Tanjungpura, Pontianak. hal. 29.
- Hasibuan, B. E. dan M. D. Ritonga. 1981. Ilmu Tanah Umum. Universitas Sumatera Utara Press. Medan. hal. 49.
- Indriani, Y. 2008. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Daun Mangrove Api- Api (*Avicennia Marina* Forssk.Vierh) di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor. hal. 25.
- Irfan, M., A. Safdar, Q. Syed, and M. Nadeem. 2012. Isolation and screening of Cellulolytic Bacteria from Soil and Optimization of Cellulase Production and Activity. *Turkish Journal of Biochemistry*, 37 (3) : 288-289.
- Kalaiselvi, V. and S. Jayalakshmi. 2013. Cellulase from an estuarine *Klebsiella ozeanae*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(9): 111-112.
- Kapludin, Y. 2012. Karakteristik dan Keragaman Biota pada Vegetasi Mangrove Dusun Wael Kabupaten Seram Bagian Barat. Universitas Darussalam Ambon. (tidak diterbitkan). 12 hal.
- Lynd, L. R., P. J. Weimer, W. H. V. Zyl and I. S. Pretorius. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3) : 506-577.
- Mahasneh, A.M. 2001. Bacterial Decomposition of *Avicennia marina* Leaf Litter from Al-khor (Qatar-Arabian Gulf), *Journal of Biological Science*, 5: 76.
- Mahmudi, M., K. Soewardi, C. Kusmana, H. Hardjomidjojo, dan A. Damar. 2008. Laju Dekomposisi Serasah Mangrove dan Kontribusinya terhadap Nutrien di Hutan Mangrove Reboisasi. *Jurnal Penelitian Perikanan*, II(1): 20.
- Meryandini, A., W. Widosari, B. Maranatha, T. C. Sunarti, N. Rachmania dan H. Satria. 2009. Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakter Enzimnya. *Jurnal Makara Sains*, XIII (1) : 33-38.
- Michael, P. 1995. Metode Ekologi untuk Penyelidikan Ladang dan Laboratorium. Universitas Indonesia Press. Depok. hal. 93-195.
- Ningsih, R. L., S. Khotimah dan I. Lovadi. 2014. Bakteri Pendeградasi Selulosa dari Serasah Daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 3(1): 38-39.
- Raghavendrudu, G. and B. Kondalarao. 2008. Density of heterotrophic bacteria in Meghadri mangrove ecosystem, Visakhapatnam, east coast of India, *Journal Marine Biology*, 50: 106–109.
- Rao, N. S. S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi Kedua. Penerbit Universitas Indonesia Press. Jakarta. hal. 35; 226-249.
- Reanida, P.P., A. Supriyanto, dan Salamun. 2012. Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Mangrove Wonorejo Surabaya. Skripsi. Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya. hal 1-2; 14; 26.
- Rheinheimer, G. 1992. *Aquatic Microbiology*. 4th Edition. John and Wiley-Sons Ltd. Chicester. England. pp. 131-133.
- Schlegel, H dan K. Schmidt. 1994. *Mikrobiologi Umum*, Edisi Keenam. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. hal. 204-239.
- Sing, A. and Hayashi K. 1995. Microbial Cellulase, Protein Architecture Molecular properties and Biosynthesis. *Journal Advantages Applied Microbial*, 40:11.
- Setyati, W. A. dan Subagiyo. 2012. Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Enzim Ekstraseluler (Proteolitik, Amilolitik, dan Selulolitik) yang Berasal dari Sedimen Kawasan Mangrove *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17(3):168.
- Sumarsih, S. 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta. hal. 129-131.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*, Konsep dan Kenyataan. Kanisius. Yogyakarta. hal. 36;79.
- Sutiknowati, L. I. 2010. Kelimpahan Bakteri Fosfat di Padang Lamun Teluk Banten. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36 (1): 31.
- Widawati, S. dan Suliasih, 2006. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovs kaya Padat. *Jurnal Biodiversitas*, 7(2) : 111-113