ADLN Perpustakaan Universitas Airlangga

SKRIPSI

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

Oleh :
DIDYA SINATRYANI
SURABAYA - JAWA TIMUR

FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2014

SKRIPSI

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

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan Pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga

Oleh :

DIDYA SINATRYANI

NIM. 141011075

Menyetujui,

Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama	Pembimbing Serta
Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D.	Sudarno, Ir., M. Kes.
NIP. 19700116 199503 1 002	NIP. 19550713 198601 1 001

SKRIPSI

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

Oleh :

DIDYA SINATRYANI
NIM. 141011075

Telah diujikan pada
Tanggal : 24 Juni 2014

KOMISI PENGUJI SKRIPSI

Ketua : Wahju Tjahjaningsih, Ir., M.Si
Anggota : Prayogo, S.Pi., MP.
Kustiawan Tripursetyo, S.Pi., M.Vet.
Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si, Ph.D.
Sudarno, Ir. M.Kes.

Surabaya, 9 Juli 2014
Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Airlangga
Dekan,

Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, drh., DEA.
NIP. 19520517 197803 2 001

RINGKASAN

DIDYA SINATRYANI. Kelimpahan Bakteri Selulolitik di Muara Sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan. Dosen Pembimbing Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. dan Sudarno, Ir., M. Kes.

Bahan organik mangrove sebagian besar dimanfaatkan sebagai detritus seperti daun-daun mangrove yang gugur sepanjang tahun. Partikel-partikel organik atau serasah menjadi tempat hidup bagi bakteri, jamur dan mikroorganisme lainnya. Senyawa organik yang ada di dalam tanah salah satunya adalah selulosa. 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. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah total bakteri bakteri selulolitik yang ditemukan di daerah muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan muara sungai Bancaran Bangkalan.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei analitis. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada bulan April 2014 di enam stasiun, dimana tiga stasiun berada di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan tiga stasiun berikutnya di muara sungai Bancaran Bangkalan. Sampel tanah yang telah diambil dilakukan isolasi bakteri selulolitik dan ditihung jumlah total bakteri menggunakan standar *Total Plate Count* (TPC). Bakteri ditumbuhkan dalam media Nutrient CMC agar, diinkubasi selama 72 jam. Pada jumlah total bakteri selulolitik, koloni yang dihitung merupakan koloni yang memiliki zona bening (*clear zone*) yang tampak setelah media Nutrient CMC agar ditetesi reagen *Congo red*.

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah total bakteri, didapatkan jumlah total bakteri selulolitik tertinggi pada stasiun E (Bancaran) sebanyak 4,9 x 10^4 CFU/ml. Persentase bakteri selulolitik tertinggi didapat pada stasiun D (Bancaran) dengan persentase 27,09%. Berdasarkan keseluruhan perhitungan jumlah total bakteri, jumlah total bakteri selulolitik dan persentase bakteri selulolitik,

didapatkan bahwa wilayah mangrove Bancaran Bangkalan memiliki kelimpahan bakteri selulolitik lebih tinggi dibandingkan Gunung Anyar Surabaya.

SUMMARY

DIDYA SINATRYANI. The Total of Cellulolytic Bacteria in Gunung Anyar Surabaya and Bancaran Bangkalan Estuaries. Academic Advisor Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. dan Sudarno, Ir., M. Kes.

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. The purpose of this study is to find out the total number of bacteria cellulolytic bacteria in the Gunung Anyar Surabaya and Bangkalan Bancaran estuaries.

This study used an analytical survey method. Soil sampling conducted in April 2014 from six stations, three of stations located in Gunung Anyar Surabaya estuaries and the other three stations in Bancaran Bangkalan estuaries. After taking the samples, the isolation of cellulolytic bacteria and bacteria calculation were conduct using standard *Total Plate Count* (TPC). Bacteria were grown in Nutrient CMC media agar, incubated for 72 hours. In the total number of cellulolytic bacteria, colonies counted is a colony that has a clear zone which looks after the Nutrient CMC media agar added with *congo red* reagents.

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 x 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.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul "Kelimpahan Bakteri Selulolitik di Muara Sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada program studi S-1 Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun, sangat penulis harapkan. Semoga Skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan informasi bagi semua pihak, khususnya mahasiswa program studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga dan kemajuan ilmu dan teknologi dalam bidang perikanan.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini banyak melibatkan banyak pihak yang berjasa bagi penulis. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, drh., DEA.
2. Dosen wali, Bapak Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. atas pengarahan akademik dan non-akademik.
3. Dosen Pembimbing Skripsi, Bapak Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. dan Bapak Sudarno, Ir., M. Kes. yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Dosen Penguji Skripsi, Ibu Wahju Tjahjaningsih, Ir., M.Si., Bapak Prayogo, S.Pi., MP., dan Bapak Kustiawan Tripursetyo, S.Pi., M.Vet. yang telah memberikan arahan dalam penulisan Skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen FPK UNAIR. Terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan.
6. Pengelola wilayah Ekowisata Mangrove Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan, terima kasih atas perijinannya melakukan penelitian di kawasan mangrove tersebut.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Budi Santoso, Ibu Widyarini dan adik Ribby Ansharieta, terima kasih atas doa yang tulus, cinta dan kasih sayang, semangat yang kuat dan kerja kerasnya yang menjadi motivasi terbesar saya dalam menjalani kehidupan.
8. Tim penelitian, Sofy Heliza, Ardhito Himawan, dan Slamet Andriawan serta teman-teman PIRANHA FPK 2010, Terima kasih telah mendukung saya selama kuliah dan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN i

SUMMARY iii

KATA PENGANTAR iv

UCAPAN TERIMAKASIH v

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR LAMPIRAN x

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Tinjauan Umum tentang Selulosa 5
2.2 Bakteri Selulolitik 7
2.3 Perhitungan Jumlah Total Bakteri 9
2.4 Kelimpahan Bakteri 9
2.5 Muara Sungai 10
2.6 Ekosistem Mangrove 11
2.7 Bakteri Pengurai sebagai Indikator Kesuburan Tanah 12

BAB III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS 14

3.1 Kerangka Konseptual 14

3.2 Hipotesis 17

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 18

4.1 Tempat dan Waktu 18

4.2 Materi Penelitian 18

4.3 Metode Penelitian 18

4.3.1 Prosedur Kerja 19
A. Penentuan Lokasi 19
B. Pengambilan Sampel Tanah 21
C. Sterilisasi Alat dan Bahan 21
D. Pembuatan Nutrient Agar dan CMC 22
E. Preparasi Sampel Tanah 23
F. Pengenceran Bertingkat 23
G. Pemupukan Bakteri 24
H. Perhitungan Koloni Bakteri 24
I. Pengamatan Bakteri Selulolitik 24
4.3.2 Parameter 25
4.3.3 Analisis Data 25

4.4 Diagram Alur Penelitian 26

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 27

5.1 Hasil 27

5.2 Pembahasan 31

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 38

6.1 Simpulan 38

6.2 Saran 38

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN 44

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Struktur Kimia Selulosa 6
2. Proses Degradasi Selulosa 7
3. Kerangka Konseptual Penelitian 16
4. Peta Lokasi Pengambilan Sampel 19
5. Diagram Alur Penelitian 26
6. Koloni Bakteri yang Tumbuh di Media Nutrient CMC Agar 27
7. Hasil Pewarnaan Media Nutrient CMC Agar dengan Reagen *Congo Red* 29

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri (CFU/ml) 28
2. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri Selulolitik (CFU/ml) 28
3. Persentase Bakteri Selulolitik (%) 29
4. Hasil Pengukuran Kualitas Lingkungan 30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

1. Alat dan Bahan yang digunakan 44
2. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri 46
3. Data Kualitas Lingkungan 47
4. Hasil Uji Nitrogen dan Phospor 48

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki karakteristik khas dan memiliki fungsi yang cukup penting di wilayah pesisir. Keberadaan hutan mangrove di kawasan pesisir secara ekologi dapat berfungsi sebagai penahan lumpur dan *sediment trap*, termasuk limbah-limbah beracun yang dibawa oleh aliran air permukaan. Bagi biota perairan, hutan mangrove digunakan sebagai *spawning ground*, *feeding ground*, dan juga *nursery ground* (Pariyono, 2006).

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 mahluk 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).

Aliran sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan merupakan salah satu sungai yang bermuara di kawasan ekosistem mangrove. Daerah sekitar aliran sungai Gunung Anyar terdapat pemukiman padat penduduk dimana banyak pembuangan limbah rumah tangga yang masuk ke aliran sungai. Selain itu, terdapat tambak ikan dan udang dimana sisa pakan dan sisa metabolisme dibuang menuju Sungai Gunung Anyar. Dibandingkan dengan sungai Gunung Anyar, aliran sungai Bancaran Bangkalan juga terdapat

pemukiman penduduk yang berbatasan langsung dengan muara, tetapi tidak ada aktifitas pertambakan di sekitar sungai. Menurut Kamal dan Suardi (2004) Pembuangan limbah rumah tangga dan kegiatan pertambakan menyebabkan adanya bentukan sedimen lumpur. Sebagian besar partikel lumpur muara sungai bersifat organik. Bahan organik ini menjadi cadangan makanan yang penting bagi organisme estuaria.

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 menunjukan 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 10^7 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.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang mendasari penelitian ini, maka didapatkan beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Berapakah jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi dari tanah di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan ?

2. Bagaimana perbandingan kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan ?
3. Bagaimana pengaruh parameter lingkungan terhadap kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi dari tanah di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan.
2. Mengetahui perbandingan kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan kawasan mangrove Bancaran Bangkalan.
3. Mengetahui pengaruh parameter lingkungan terhadap kelimpahan bakteri selulolitik di muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi ilmiah tentang kelimpahan bakteri selulolitik pada muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan muara sungai Bancaran Bangkalan.

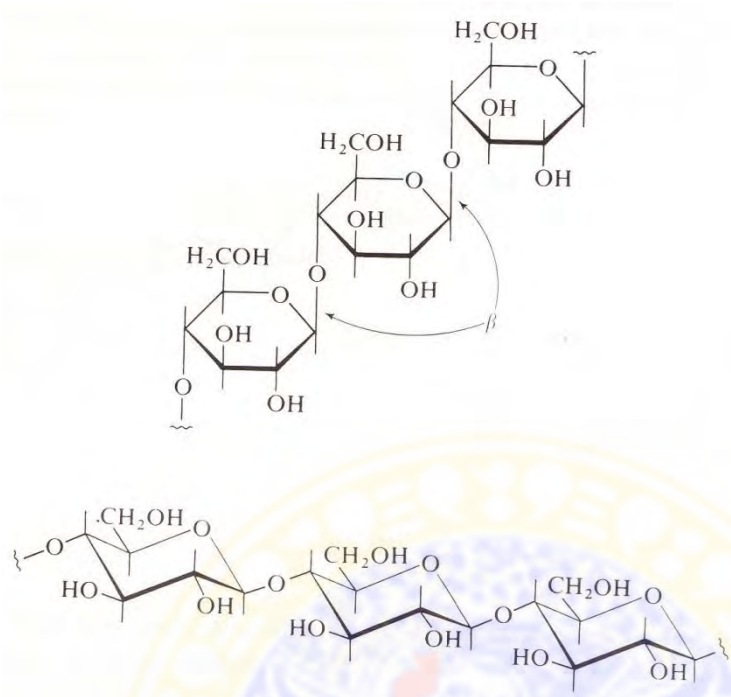
II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum tentang Selulosa

Menurut Hoenich (2006) *dalam* Pardosi (2008), selulosa merupakan material yang secara alamiah terdapat pada kayu, kapas, rami, serta tumbuhan lainnya. Selulosa pertama kali diisolasi dari kayu pada tahun 1855 oleh Charles F. Cross dan Edward Bevan di Jodrell Laboratory of Royal Botanic Garden, Kew, London.

Selulosa merupakan polimer dari β- glukosa dengan ikatan β-1-4 antara unit-unit glukosa (Abdel-Shakour *and* Roushdy, 2009; Sigit dkk., 2013; Fessenden dan Fessenden, 1994). Pardosi (2008) dan Hart *et al.* (2003) menyatakan bahwa pemeriksaan selulosa dengan sinar X menunjukkan bahwa selulosa terdiri dari rantai linier unit selobiosa yang oksigen cincinnya berselang-seling dengan posisi depan dan belakang. Molekul linier ini mengandung rata-rata 5000 unit glukosa, beragregasi menghasilkan fibril yang terikat bersama oleh ikatan hidrogen antara hidroksil-hidroksil pada rantai yang bersebelahan.

Selulosa merupakan bahan dasar untuk beberapa turunan yang penting secara komersial. Setiap unit glukosa dalam selulosa mengandung tiga gugus hidroksil (Hart *et al*., 2003). Berikut struktur kimia dari selulosa menurut Fessenden dan Fessenden (1994) (Gambar 1).



Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa (Fessenden dan Fessenden, 1994)

Komponen selulosa memberikan bentuk fisik dan kekuatan pada dinding sel tanaman. Batang, cabang dan daun pada suatu tanaman mengandung selulosa (Horton *et al*., 2006). Tanaman menggunakan karbohidrat yang terbentuk dari fiksasi CO_2 untuk membuat komponen yang lebih kompleks seperti selulosa. Ketika tanaman tersebut mati, substansi kompleks ini akan didegradasi oleh mikroorganisme tanah (Pelczar *et al*., 1993).

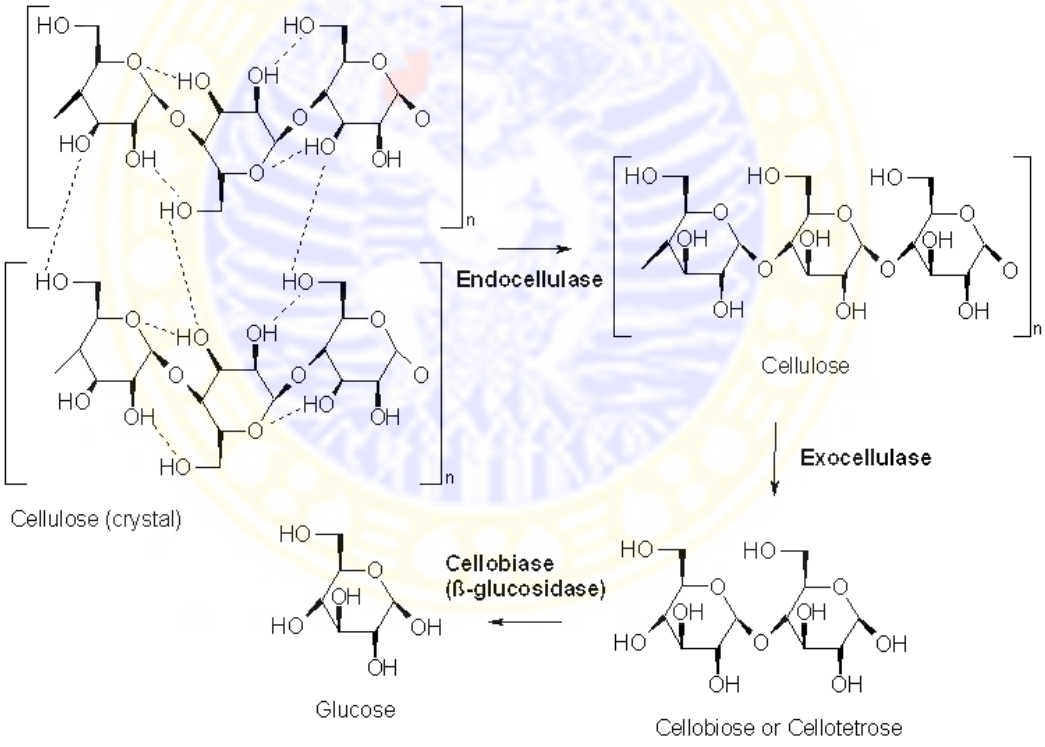
Selulosa merupakan material organik yang sangat melimpah pada tanaman dan siap untuk dipecah oleh berbagai bakteri dan fungi di dalam tanah. Mikroorganisme tersebut menggunakan enzim selulase untuk memecah selulosa menjadi molekul selobiosa yang merupakan disakarida yang terdiri dari dua unit glukosa (Pelczar *et al*., 1993).

Menurut Schlegel dan Schmidt (1994), sistem selulase terdiri dari tiga enzim, yaitu :

1). Enzim endo-β-1,4-glukanase mempengaruhi secara serentak ikatan β-1,4 di dalam makromolekul dan menghasilkan potongan-potongan besar berbentuk rantai dengan ujung-ujung bebas.

2). Enzim ekso-β-1,4-glukanase memotong mulai dari ujung-ujung rantai menjadi disakarida selobiosa.

3). Enzim β-glukosidase menghidrolisasi selobiosa membentuk glukosa.



Gambar 2. Proses Degradasi Selulosa (Schlegel dan Schmidt, 1994)

2.2 Bakteri Selulolitik

Pemanfaatan bakteri selulolitik yaitu sebagai penghasil enzim selulase yang digunakan untuk menghidrolisis selulosa. Menurut Meryandini, dkk. (2009),

setiap bakteri selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase berbeda, tergantung gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan.

Menurut Doi (2008) *dalam* Irfan *et al.* (2012), bakteri selulolitik telah diisolasi dan didapatkan selulase yang lebih efektif dari berbagai sumber seperti tanah, bahan tanaman yang membusuk, sumber air panas, bahan organik, kotoran ternak ruminansia dan kompos.

Menurut Singleton (1992), bakteri selulolitik memproduksi enzim yang dapat mendegradasi beberapa tipe selulosa dalam sel menjadi glukosa. Beberapa bakteri yang tergolong dalam bakteri selulolitik antara lain spesies dari *Cellulomonas* seperti *Clostridium thermocellum* dan beberapa strain dari *Pseudomonas* dan *Ruminococcus*. Pada penelitian yang telah dilakukan Reanida (2012) ditemukan bakteri selulolitik genus *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Cellulomonas* pada tanah mangrove daerah Wonorejo Surabaya.

Berdasarkan hasil penelitian Ningsih (2014), diperoleh delapan Genus bakteri selulolitik diantaranya *Pseudomonas*, *Plesiomonas*, *Pasteurella*, *Neisseria*, *Actinobacillus*, *Corynebacterium*, *Aeromonas*, dan *Vibrio* yang diisolasi pada hutang mangrove Peniti, Kabupaten Pontianak.

Menurut Rao (2007), Genus bakteri yang mampu memanfaatkan komponen bahan organik selulosa antara lain *Achromobacter*, *Angiococcus*, *Bacillus*, *Cellfalcicula*, *Cellulomonas*, *Cellvibrio*, *Clostridium*, *Cytophaga*, *Polyangium*, *Pseudomonas*, *Sorangium*, *Sporocytophaga*, dan *Vibrio*.

2.3 Perhitungan Jumlah Total Bakteri

Prinsip dari metode penghitungan bakteri adalah jika sel jasad renik yang masih hidup ditumbuhkan pada medium agar, maka sel jasad renik akan berkembangbiak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung dengan mata langsung tanpa bantuan mikroskop. Dalam hitungan total bakteri, bahan yang akan diinokulasikan mengandung lebih dari 300 sel jasad renik per mililiter atau per gram atau per centimeter serta memerlukan perlakuan pengenceran sebelum ditumbuhkan pada media agar (Fardiaz, 1992).

Penumbuhan dalam metode penghitungan total bakteri dapat dibedakan menjadi dua cara yaitu metode tuang (*pour plate*) dan metode permukaan (*surface/spread plate*). Hasil analisis mikrobiologi dengan metode hitung koloni digunakan standar yaitu TPC (*Total Plate Count*) dengan sistematika koloni yang tumbuh berjumlah diatas 30 dan kurang dari 300, beberapa koloni yang bergabung menjadi satu dihitung sebagai satu koloni dan bentuk koloni sangat besar dimana jumlah koloni diragukan dapat dihitung sebagai satu koloni (Fardiaz, 1992).

2.4 Kelimpahan Bakteri

Tidak mudah untuk menentukan populasi total bakteri secara tepat pada suatu tanah. Selain adanya keterbatasan dalam pelarutan tanah dan metode lempeng, jumlah beragam tergantung tekstur, kandungan air dan banyak parameter lainnya terutama ketersediaan substrat organik dalam tanah (Rao, 1994). Mikroorganisme yang diperoleh dengan menggunakan metode TPC hanya merupakan jumlah perkiraan dan terdapat kemungkinan bahwa jumlah

mikroorganisme yang diperoleh lebih banyak dibandingkan dengan mikroorganisme sesungguhnya (Singleton, 1992).

Densitas sel bakteri mencapai $6x10^8$ per cm^2 pada guguran daun mangrove setelah 6 hari di permukaan tanah, dengan tingkat produksi sel hingga $8x10^6$ cm^2/h. Jumlah spesies bakteri yang terlibat sangat kompleks, meskipun sangat sedikit yang diketahui tentang peranan bakteri yang berbeda dan interaksinya, atau tentang ekologi bakteri mangrove pada umumnya (Hogarth, 2007). Bakteri sedimen yang penting dalam memfasilitasi pemecahan bahan organik mangrove dan merupakan elemen penting dalam aliran karbon melalui ekosistem mangrove. Pada sediment mangrove di atas 2 cm terdapat hingga 3,6 x 10^{11} sel bakteri/g (berat kering) dari sedimen (Alongi, 1990 *dalam* Hogarth, 2007).

Dalam penelitian Kalaiselvi *and* Jayalakshmi (2013), diisolasi bakteri selulolitik pada sampel perairan dan sampel sedimen berlapis pada selulase plate agar (pH 7) dan diinkubasi pada suhu ruang di 28^oC. Kepadatan bakteri yang ditemukan adalah 2,4 x 10^8 CFU / g dalam sampel sedimen dan 1,7 x 10^6 CFU / ml dalam sampel air.

2.5 Muara Sungai

Estuaria merupakan wilayah pesisir semi tertutup yang mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan. Sebagian besar estuaria didominasi oleh substrat berlumpur yang merupakan endapan yang dibawa oleh air tawar dan air laut. Daerah perairan yang

termasuk dalam estuaria ini adalah muara sungai, teluk dan rawa pasang surut (Kamal dan Suardi, 2004).

Muara Sungai adalah bagian hilir sungai yang langsung berhubungan dengan laut, berfungsi sebagai pengeluaran air sungai (Triatmodjo, 1999 *dalam* Atmodjo, 2011). Selanjutnya, Atmodjo (2011) menjelaskan bahwa air sungai ini membawa sedimen yang akan terakumulasi di muara. Sedimen yang terakumulasi tersebut akan menyebabkan pendangkalan di daerah muara. Menurut Genisa (2003) sedimen tersebut mengandung sejumlah besar zat-zat hara yang berasal dari darat sehingga muara sungai tergolong daerah yang sangat subur.

2.6 Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove adalah kawasan ekosistem yang sangat produktif. Banyak istilah untuk mendeskripsikan hutan mangrove antara lain, hutan pasang surut (*tidal forest*), hutan pantai (*coastal woodlands*) atau hutan samudra (*oceanic rainforest*). Mangrove adalah tumbuhan kayu yang tumbuh di daerah lintang tropis dan sub-tropis antara daratan dan lautan, pantai, estuaria, laguna, pasang surut air, dan sungai dari hulu sampai ke titik dimana air sungai bersifat salin (payau) (Qasim, 1998 *dalam* Kathiresan, 2009). Ekosistem mangrove merupakan komunitas yang hidup di dalam kawasan yang lembab dan berlumpur (Harahab, 2010).

Bengen (2000) menjelaskan bahwa hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang-surut pantai berlumpur. Komunitas vegetasi ini umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang

cukup mendapatkan genangan air laut secara berkala dan aliran air tawar, serta terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat.

Menurut Purnobasuki (2005), kontribusi paling penting dari hutan mangrove adalah serasahnya. Tumbuhan mangrove merupakan sumber bahan organik penting dalam rantai makanan akuatik, dimana setiap hektar mampu menghasilkan bahan organik dari serasah daun sebanyak 7-8 ton per tahun.

2.7 Bakteri Pengurai sebagai Indikator Kesuburan Tanah

Pada ekosistem mangrove, bakteri berperan sebagai pengurai primer, berfungsi dalam pelepasan dan pengikatan unsur hara dari sedimen menjadi nutrien yang diperlukan tumbuhan bakau. Bakteri akan mendegradasi substrat serasah mangrove yang ada pada sedimen dengan menggunakan enzimnya (Sutiknowati, 2010).

Bakteri memerlukan nutrisi seperti karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor untuk keperluan hidupnya. Nitrogen merupakan bahan dasar pokok dalam pembentukan protein, asam nukleat dan komponen senyawa sel lainnya seperti koenzim. Fosfor merupakan unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi bakteri untuk membentuk vitamin yang berfungsi sebagai faktor tumbuh (Musdalifah, 2013).

Bakteri merupakan penentu dalam siklus nitrogen pada lingkungan mangrove (Wijiyono, 2009). Unsur seperti fosfor (P) dan nitrogen (N) melalui proses fotosintesis menghasilkan jaringan tumbuh-tumbuhan yang menjadi makanan hewan. Keduanya menghasilkan zat organik, jika mati dan membusuk

dihasilkan bahan mentah untuk memulai daur organik (Romimohtarto dan Juwana, 2009).

Materi organik yang berasal dari sisa pakan dan membusuk, kaya akan sumber-sumber fosfat organik, dan unsur tersebut dapat diserap oleh tanaman dalam bentuk tersedia. Oleh sebab itu, peranan bakteri sangat penting dalam dekomposisi untuk menguraikan senyawa fosfat yang terkandung dalam sedimen menjadi fosfor anorganik tersedia yang dibutuhkan (Sutiknowati, 2010).

III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konseptual

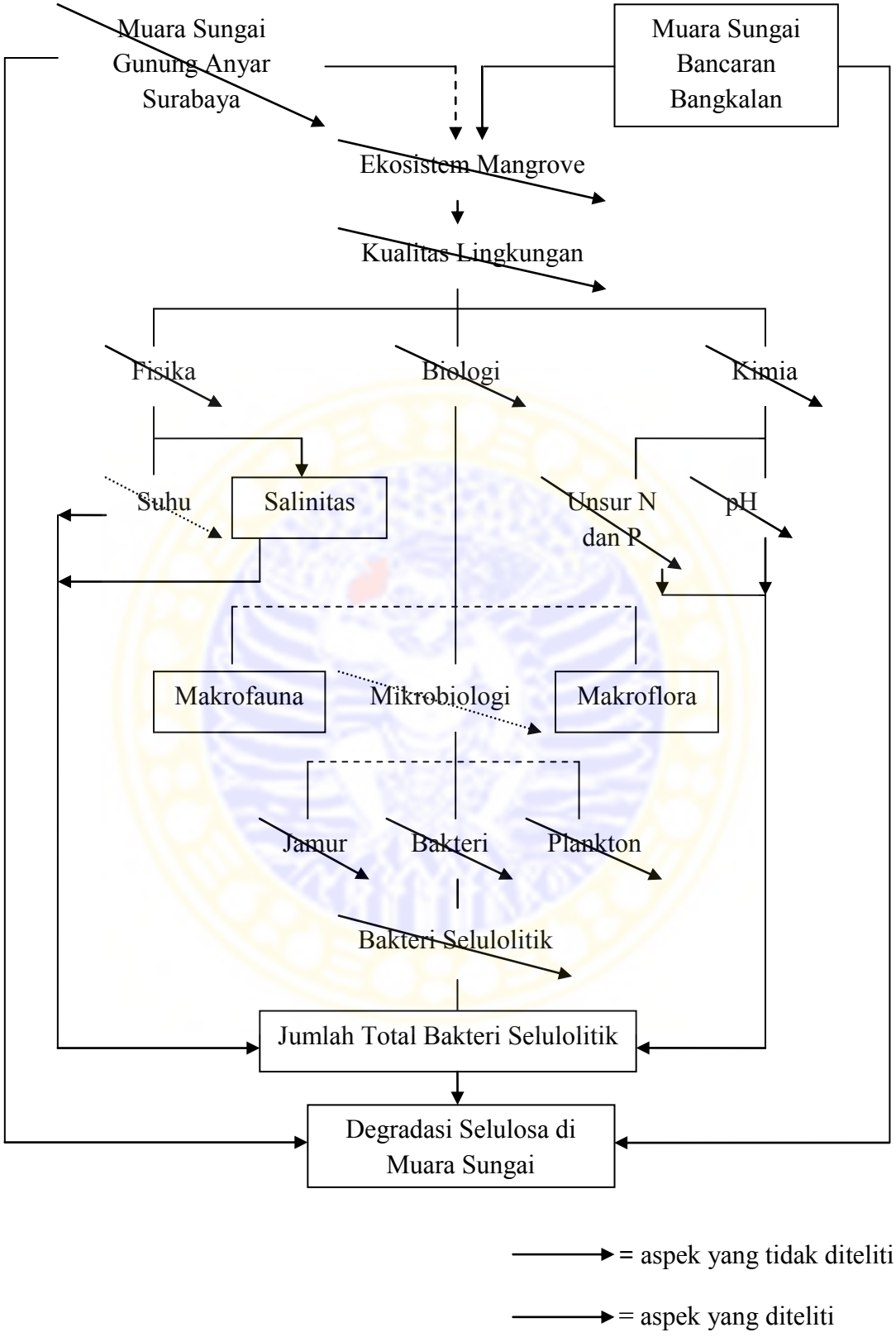
Perairan muara sungai Gunung Anyar dan muara sungai Bancaran merupakan beberapa sungai yang mengalir di daerah ekosistem mangrove. Atmodjo (2011) menjelaskan bahwa air sungai membawa angkutan sedimen dari daratan yang akan terakumulasi di muara. Genisa (2003) menyatakan sedimen tersebut mengandung sejumlah besar zat-zat hara yang berasal dari darat sehingga muara sungai tergolong daerah yang sangat subur.

Kesuburan daerah muara sungai tidak lepas dari beberapa aspek lingkungan, antara lain aspek fisika, biologi dan kimia. Aspek fisika yang berpengaruh dalam kehidupan organisme tanah yaitu suhu dan salinitas. Aspek kimia yang menetukan kesuburan tanah daerah mangrove antara lain pH dan unsur nitrogen dan fosfor. Aspek kimia dan fisika ini sebagai penunjang data kesuburan lingkungan mangrove di muara sungai Gunung Anyar dan Bancaran.

Dalam penelitian ini, aspek biologi yang diteliti adalah bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik berperan penting dalam pendegradasian serasah mangrove. Serasah mangrove berasal dari guguran daun, batang serta organisme yang mati dan terakumulasi dalam lumpur. Bakteri di dalam tanah akan mendegradasi selulosa menjadi molekul monosakarida yang mudah diserap oleh tanaman yang kemudian akan digunakan untuk pertumbuhannya (Reanida, 2012).

Bakteri selulolitik perlu diuji lebih lanjut untuk mengetahui aktivitas degradasi bahan organik yang terdapat di daerah Gunung Anyar dan Bancaran.

Aktivitas degradasi bahan organik selulosa dapat diuji dengan menghitung jumlah total bakteri selulolitik yang ditemukan di dua muara sungai tersebut. Sehingga dapat ditarik kesimpulan wilayah manakah yang memiliki jumlah total bakteri selulolitik yang tinggi serta pengaruh bakteri tersebut dalam lingkungan mangrove. Data penelitian tentang jumlah total bakteri selulolitik ini menjadi informasi degradasi selulosa dari serasah mangrove wilayah muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan wilayah muara sungai Bancaran Bangkalan. Berikut kerangka konseptual penelitian yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Konseptual Penelitian

3.2 Hipotesis

$H_{1.1}$ = Terdapat bakteri selulolitik pada muara sungai kawasan mangrove Gunung Anyar Surabaya dengan Bancaran Bangkalan.

$H_{1.2}$ = Terdapat perbedaan jumlah total bakteri selulolitik pada muara sungai kawasan mangrove Gunung Anyar Surabaya dengan Bancaran Bangkalan.

$H_{1.3}$ = Terdapat pengaruh antara parameter lingkungan terhadap kelimpahan bakteri selulolitik pada muara sungai kawasan mangrove Gunung Anyar Surabaya dengan Bancaran Bangkalan.

IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 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.

4.2 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 kid*, termometer, timbangan analitik, pot sampel, *cooling box*, *cylinder crof*, sekop, tissue, kapas dan kertas label.

4.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei analitis. Metode survei analitis merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan mengapa suatu situasi ada. Survei analitis mempelajari hubungan variabel-variabel penelitian dalam upaya menjawab rumusan masalah penelitian atau menguji hipotesis penelitian. Hasil survei

memungkinkan peneliti untuk menguji hubungan diantara variabel dan menarik kesimpulan dari hubungan tersebut (Morissan, 2012). Lokasi pengambilan sampel tanah ditentukan dengan cara *purposive sampling* atau lebih dikenal dengan *judgement sampling* yaitu pemilihan siapa subjek yang ada dalam posisi terbaik untuk memberikan informasi yang dibutuhkan (Silalahi, 2010).

4.3.1 Prosedur Kerja

A. Penentuan Lokasi

Pengambilan sampel dilakukan di enam stasiun, dimana tiga stasiun berada di kawasan muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan tiga stasiun berikutnya di kawasan muara sungai Bancaran Bangkalan. Titik pertama atau stasiun pertama diberi simbol A, stasiun kedua diberi simbol B, stasiun ketiga diberi simbol C, dan seterusnya hingga simbol F. Stasiun dengan simbol A, B dan C terletak di kawasan Gunung Anyar Surabaya. Stasiun dengan simbol D, E dan F terletak di kawasan Bancaran Bangkalan.

(a)

(b)

Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan Sampel. Muara sungai Gunung Anyar Surabaya (a) dan Muara sungai Bancaran Bangkalan (b). (Sumber : www.maps.google. com, 2013)

Pengambilan lokasi ini didasarkan atas titik terdekat dengan pemukiman (Stasiun C dan F), kemudian titik berikutnya berjarak 200 meter dari titik awal dekat pemukiman (Stasiun B dan E), sedangkan titik terakhir yaitu titik akhir muara sungai (A dan D). Pengambilan lokasi ini berdasarkan letak geografis dan jarak penguraian limbah dari daratan maupun aliran sedimen dari laut. Pada stasiun C dan F merupakan titik terdekat dengan pemukiman dengan demikian sedimen tanah pada lokasi ini didominasi dari limbah pemukiman penduduk. Pada titik B dan E diduga sedimen tanah merupakan akumulasi bahan organik dari daratan dan muara. Pada stasiun A dan D merupakan titik terdekat dengan laut sehingga akumulasi sedimen berasal dari aktivitas laut. Pada tiap stasiun diambil tiga kali pengulangan. Lokasi pengambilan sampel dapat digambarkan pada Gambar 4. Berdasarkan letak geografis wilayah penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

A : 7º20’4.66” LS dan 112º49’45.80” BT

B : 7º19’52.98” LS dan 112º49’33.30” BT

C : 7º19’50.77” LS dan 112º49’26.51” BT

D : 7º0’37.29” LS dan 112º45’21.57” BT

E : 7º0’39.32” LS dan 112º45’29.33” BT

F : 7º0’43.96” LS dan 112º45’33.76” BT

B. 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. Sampel tanah tersebut dibawa ke Laboratorium Pendidikan B-204 Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga untuk selanjutnya dilakukan pengamatan jumlah total bakteri. Sampel ditransportasikan dan disimpan dalam *cooling box* yang diberi es balok sehingga diharapkan kegiatan metabolisme mikroorganisme menurun.

C. Sterilisasi Alat dan Bahan

Pemusnahan mikroorganisme mendasari metode kerja mikrobiologik. Pembebasan suatu bahan dari mikroorganisme hidup disebut sterilisasi (Schlegel dan Schmidt, 1994). Sebelum melakukan sterilisasi dilakukan terlebih dahulu pencucian peralatan yang dibutuhkan dengan menggunakan air panas atau deterjen. Kemudian pembersihan dengan air mengalir sampai bersih dan mengeringkan seluruh peralatan yang telah dicuci. Peralatan yang akan disterilisasi sebelumnya disumbat dengan kapas dan alumunium foil pada lubang-lubang. Kemudian peralatan dibungkus dengan kertas atau alumunium foil

(Michael, 1995). Peralatan yang dicuci, disumbat dan dibungkus kertas meliputi pipet, tabung reaksi, dan Erlenmeyer. Pada peralatan cawan Petri, gelas ukur, dan spatula, setelah pengeringan dilakukan pembungkusan kertas tanpa disumbat dengan kapas dan alumunium foil.

Beberapa metode sterilisasi yang umumnya digunakan terbagi menjadi perlakuan fisik, desinfeksi dan aseptis. Perlakuan fisik meliputi pemanasan basah, pemanasan kering, radiasi dan penyaringan. Perlakuan desinfeksi dan aseptis menggunakan bahan-bahan kimia untuk membunuh mikroorganisme (Fardiaz, 1992). Pada penelitian ini menggunakan sterilisasi fisik dengan pemanasan basah. Alat yang digunakan adalah *autoclave*. *Autoclave* digunakan untuk pemusnahan mikroorganisme dengan tekanan 2 atm, pada suhu 121ºC selama 15 menit (Cowan dan Steel, 1993).

D. Pembuatan Nutrient Agar dan CMC

Pembuatan media agar ditambahkan CMC (*Carboxymethil Cellulose*) untuk pertumbuhan bakteri selulolitik (Reanida, 2012). Media agar yang digunakan adalah Nutrient Agar. Menurut Cowan *and* Steel (1993), Nutrient Agar mengandung agar 2%, ekstrak daging 1%, Pepton 1%, dan NaCl 0,5% dalam larutan 1000 mL. Larutan yang digunakan untuk penumbuhan bakteri selulolitik adalah air laut steril 30 ppt. Untuk menumbuhkan bakteri selulolitik, Nutrient agar ditambahkan bahan CMC 0,5%.

Langkah pembuatan media dengan mencampurkan Nutrient Agar dan CMC dengan air laut steril 30 ppt. Larutan tersebut diaduk hingga merata dan dipanaskan sampai mendidih dengan *heater*. Setelah tercampur merata dihitung

pH larutan Nutrient CMC agar dengan kertas pH indikator dan menunjukkan nilai 7,0 (Schlegel dan Schmidt, 1994; Abdel-Shakour, 2009). Larutan Nutrient CMC agar kemudian disterilisasi menggunakan autoclave 121ºC dalam 2 atm selama 15 menit untuk memastikan tidak ada kontaminasi bakteri dalam larutan agar.

E. Preparasi Sampel Tanah

Sampel tanah diambil satu persatu dari pot sampel dan masing-masing ditimbang seberat 1 gram menggunakan timbangan analitik. Sampel tanah yang telah ditimbang, dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Tabung reaksi diisi dengan air laut steril sebanyak 9 ml. Penuangan air laut ke dalam tabung reaksi menggunakan pipet volume 10 ml yang telah disterilkan. Tabung reaksi yang berisi tanah sampel dan air laut dikocok hingga homogen. Kemudian sampel tanah diambil 1 ml dengan pipet tetes kemudian dimasukkan ke tabung reaksi lainnya yang telah berisi air laut steril 9 ml dan dilakukan seri pengenceran.

F. Pengenceran Bertingkat

Tabung reaksi yang berisi larutan air laut dan tanah diambil 1 ml dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air laut steril atau diencerkan sebesar 10^{-1}, dikocok sampai merata kemudian dari suspensi tersebut diambil 1 ml dan diencerkan lagi ke dalam 9 ml air laut steril atau diencerkan sebesar 10^{-2}, dikocok sampai merata, demikian seterusnya sampai pada pengenceran 10^{-5} (Munir dkk., 2004). Kegiatan pengenceran bertingkat ini dilakukan secara aseptis, yaitu mencegah suatu media, bahan atau alat dari kontak langsung dengan objek non-steril (Singleton, 1992).

G. Pemupukan Bakteri

Pada tabung reaksi pengenceran, masing-masing pengenceran dituangkan ke dalam cawan Petri steril sebanyak 1 ml suspensi menggunakan pipet tetes. Segera tuangkan Nutrient CMC Agar sebanyak 20 ml pada cawan Petri yang telah berisi suspensi (*pour plate*) (Fardiaz, 1992). Tutup cawan Petri dan digoyangkan mendatar searah jarum jam agar bakteri dapat tumbuh menyebar. Nutrient CMC Agar yang telah dituang, ditunggu sampai mengeras. Inkubasi bakteri dengan posisi cawan terbalik. Inkubasi bakteri pada suhu 28ºC selama 72 jam menggunakan inkubator (Ekawati, 2012). Kegiatan pemupukan bakteri dilakukan secara aseptis (Singleton, 1992). Setelah 72 jam inkubasi, dilakukan perhitungan dengan standar *Total Plate Count* (TPC).

H. Perhitungan Koloni Bakteri

Perhitungan koloni bakteri menggunakan standar *Total Plate Count* (TPC). Koloni yang tumbuh dihitung secara langsung tanpa menggunakan mikroskop. Jumlah koloni dalam cawan Petri dapat dihitung sebagai berikut (Fardiaz, 1992) :

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

I. 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%. Sebanyak 2 ml larutan *congo red* 0,1% dituangkan ke dalam media Nutrient CMC agar yang berisi koloni bakteri, kemudian didiamkan selama 30 menit dan diamati keberadaan zona bening (*clear* zone). 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 :

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

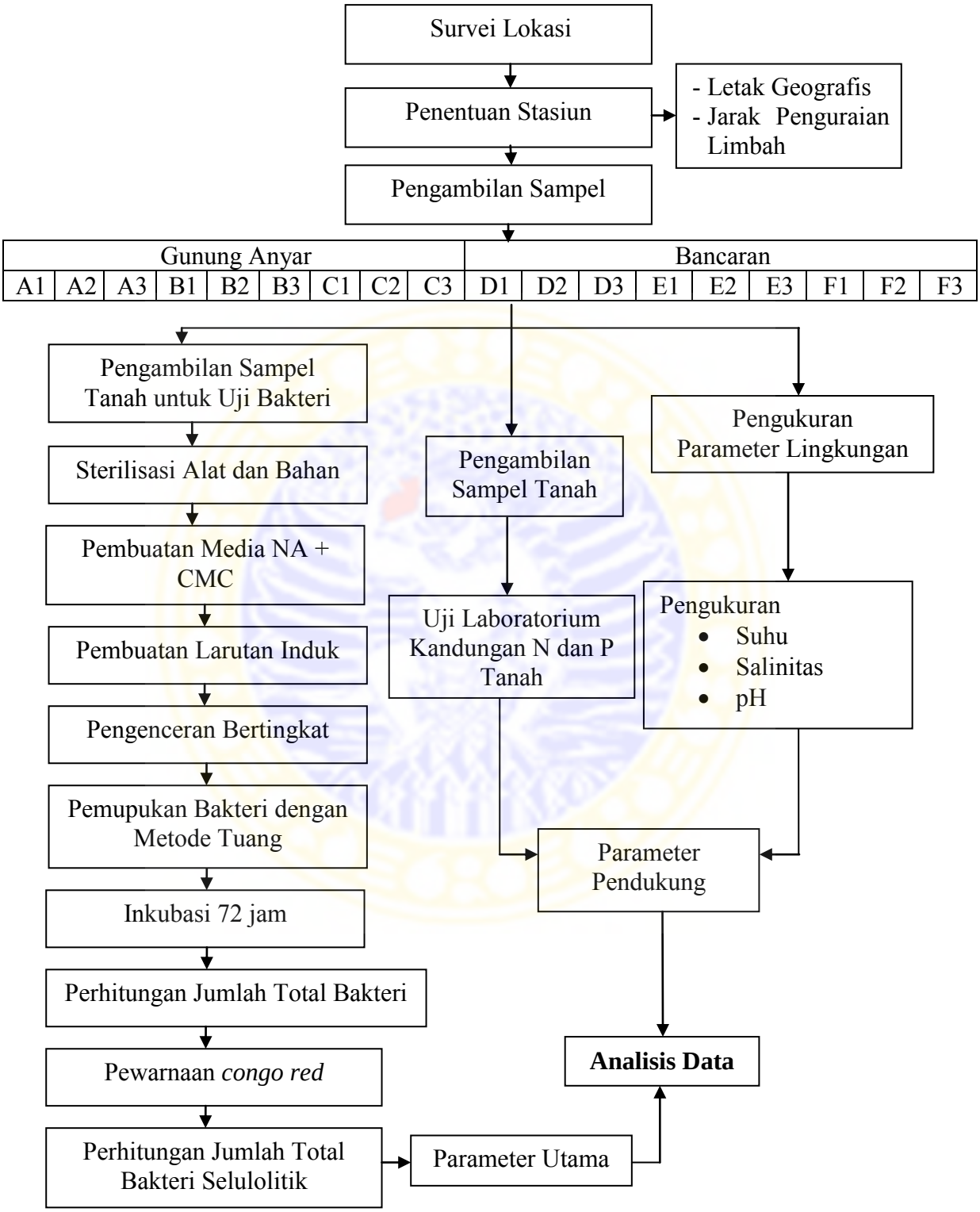
4.3.2 Parameter

Parameter utama yang diteliti adalah jumlah total bakteri selulolitik yang terdapat pada muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan Bancaran Bangkalan. Parameter penunjang dalam penelitian ini yaitu nilai kualitas tanah pada muara sungai Gunung Anyar Surabaya dan muara sungai Bancaran Bangkalan. Parameter yang diteliti meliputi suhu, pH, salinitas, unsur nitrogen dan fosfor yang diukur saat kegiatan pengambilan sampel.

4.3.3 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.

4.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

Bakteri selulolitik diisolasi dari tanah rhizosfer yang merupakan lapisan tempat perakaran tanaman yang kaya akan nutrisi baik berasal dari eksudat (getah) akar maupun dari aktivitas organisme dalam tanah (Rao, 1994). Sampel tanah diambil dari rhizosfer tanah mangrove Gunung Anyar dan tanah mangrove Bancaran. Pengamatan pertumbuhan bakteri selulolitik dari tanah mangrove dilakukan pada hari ketiga setelah diisolasi.

Penghitungan bakteri yang diambil dari tanah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran menggunakan standar *Total Plate Count* (TPC). *Total Plate Count* (TPC) merupakan salah satu metode perhitungan bakteri tanpa menggunakan mikroskop. Hasil perhitungan menggunakan metode TPC ini tidak menunjukkan jumlah sel yang sebenarnya, karena beberapa sel yang berdekatan mungkin membentuk satu koloni (Fardiaz, 1992). Berikut merupakan gambar bakteri yang tumbuh dalam media Nutrient CMC agar yang telah diinkubasi selama 72 jam pada pengenceran kelima (10^{-5}) (Gambar 6).

Gambar 6. Koloni Bakteri yang Tumbuh di Media Nutrient CMC Agar

Mikroorganisme yang diperoleh dengan menggunakan metode TPC hanya merupakan jumlah perkiraan dan terdapat kemungkinan bahwa jumlah mikroorganisme yang diperoleh lebih banyak dibandingkan dengan mikroorganisme sesungguhnya (Singleton, 1992). Beberapa koloni yang bergabung menjadi satu dan deretan rantai koloni dihitung sebagai satu koloni (Fardiaz, 1992). Jumlah total bakteri yang dihitung merupakan koloni bakteri yang tumbuh pada media Nutrient CMC agar. Hasil perhitungan jumlah total bakteri disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri (CFU/ml)

Ulangan	Gunung Anyar			Bancaran		
	A	B	C	D	E	F
1	$8{,}0x10^4$	$5{,}9x10^4$	$9{,}0x10^4$	$1{,}4x10^5$	$3{,}7x10^5$	$3{,}1x10^5$
2	$6{,}9x10^4$	$4{,}7x10^4$	$8{,}9x10^4$	$1{,}6x10^5$	$3{,}5x10^5$	$2{,}7x10^5$
3	$1{,}0x10^5$	$4{,}9x10^4$	$7{,}9x10^4$	$1{,}2x10^5$	$3{,}4x10^5$	$3{,}1x10^5$
Rata-Rata	$\mathbf{8{,}4x10^4}$	$\mathbf{5{,}2x10^4}$	$\mathbf{8{,}6x10^4}$	$\mathbf{1{,}4x10^5}$	$\mathbf{3{,}5x10^5}$	$\mathbf{3{,}0x10^5}$

Pada jumlah total bakteri selulolitik, koloni yang dihitung merupakan koloni yang memiliki zona bening (*clear zone*) yang tampak setelah media Nutrient CMC agar ditetesi reagen c*ongo red* (Gambar 7). Hasil perhitungan jumlah total bakteri selulolitik disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri Selulolitik (CFU/ml)

Ulangan	Gunung Anyar			Bancaran		
	A	B	C	D	E	F
1	$3{,}0x10^3$	$2{,}0x10^3$	$1{,}3x10^4$	$3{,}3x10^4$	$4{,}1x10^4$	$4.3x10^4$
2	$5{,}0x10^3$	$7{,}0x10^3$	$1{,}2x10^4$	$2{,}7x10^4$	$3{,}9x10^4$	$3{,}6x10^4$
3	$8{,}0x10^3$	$6{,}0x10^3$	$1{,}5x10^4$	$4{,}9x10^4$	$4{,}9x10^4$	$3{,}9x10^4$
Rata-Rata	$\mathbf{5{,}3x10^3}$	$\mathbf{5{,}0x10^3}$	$\mathbf{1{,}3x10^4}$	$\mathbf{3{,}6x10^4}$	$\mathbf{4{,}3x10^4}$	$\mathbf{3{,}9x10^4}$

Gambar 7. Hasil Pewarnaan Media Nutrient CMC Agar dengan Reagen *Congo Red*

Persentase bakteri selulolitik didapatkan dari perhitungan pembagian jumlah total bakteri selulolitik dengan jumlah total keseluruhan bakteri dikalikan 100%. Pada perhitungan persentase selulolitik, tidak selalu jumlah koloni tinggi mendapatkan persentasi yang tinggi pula, karena persentase selulolitik dipengaruhi oleh jumlah total bakteri keseluruhan. Persentase selulolitik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Bakteri Selulolitik (%)

Ulangan	Gunung Anyar			Bancaran		
	A	B	C	D	E	F
1	3,75	3,39	14,44	23,57	11,08	13,87
2	7,25	14,89	13,48	16,88	11,14	13,33
3	8,0	12,24	18,99	40,83	14,41	12,58
Rata-Rata	**6,33**	**10,17**	**15,64**	**27,09**	**12,21**	**13,26**

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

didapatkan koloni tertinggi pada stasiun E (Bancaran) sebanyak 4,9 x 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 x 10^4 CFU/ml (Lampiran 2). 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% (Lampiran 2). 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.

Kelimpahan bakteri dihubungkan dengan beberapa kualitas lingkungan yang meliputi faktor fisika dan faktor kimia. Faktor fisika yang diukur antara lain suhu tanah, suhu air, dan salinitas. pH tanah, jumlah unsur nitrogen serta jumlah unsur fosfor merupakan faktor kimia yang diukur. Faktor fisika dan faktor kimia merupakan data penunjang sehingga dapat diketahui perbedaan kualitas lingkungan mempengaruhi jumlah total bakteri yang terdapat di tanah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran. Berikut data pengukuran kualitas lingkungan di wilayah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kualitas Lingkungan

Stasiun	Gunung Anyar			Bancaran		
	A	B	C	D	E	F
Suhu Tanah (ºC)	29	29	30	28	29	29
Salinitas (‰)	17	15	12	22	18	15
pH Tanah	6,8	7	6,9	6,8	7	6,8
Unsur Nitrogen (mg/g)	0,075	0,071	0,125	0,068	0,295	0,108
Unsur Phospor (mg/g)	0,101	0,088	0,135	0,040	0,233	0,115

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas lingkungan, suhu tanah wilayah mangrove Gunung Anyar 29-30 ºC dan wilayah Bancaran berkisar 28-29 ºC. Data suhu tanah ini digunakan untuk menentukan suhu inkubasi bakteri. Salinitas pada wilayah Gunung Anyar dan Bancaran terdapat perbedaan yang cukup signifikan berkisar 12-22 ‰. Tingginya salinitas pada wilayah Bancaran dibandingkan pada wilayah Gunung Anyar disebabkan muara sungai Bancaran berbatasan langsung dengan laut Jawa sedangkan muara sungai Gunung Anyar bertemu dengan muara sungai Tambak sawah Sidoarjo dimana masih terdapat dominasi air tawar pada muara.

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 Phospor 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.

5.2 Pembahasan

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomassa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam berbagai macam tanah tetapi populasinya menurun dengan

bertambahnya kedalaman tanah (Rao, 1994). Tanah memiliki bagian yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan organisme tanah. Tanah pada ketebalan dibawah 30 cm memiliki ketersediaan serasah, bahan organik tanah serta mineral yang tinggi yang dibutuhkan oleh tanaman dan mikroorganisme. Kesuburan tanah mengacu pada ketersediaan hara pada lapisan tanah dibawah 30 cm (lapisan olah) (Hanafiah, 2007).

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 Methil 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 10-10x10^6 upk/ml. Pada penelitian ini, jumlah total bakteri berkisar 5,2x10^4 - 3,5x10^5 CFU/ml sehingga masih 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 (Tabel 2), 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 Mahasnesh (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 hasil penelitian Raghavendrudu dan Kondalarao (2008) mendapatkan hasil yang sebaliknya yaitu bahwa densitas tertingi 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 sehingga jumlah total bakteri pada mangrove Bancaran lebih tinggi dibandingkan Gunung Anyar.

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 30-32ºC. 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 25-37ºC. Berdasarkan Tabel 4, suhu tanah pada kedua lokasi tersebut masih termasuk kisaran optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu berkisar 28-30ºC. Suhu tanah optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar 27-36ºC (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 (Tabel 4). 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 (Tabel 4). 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 phospor (P) tertinggi (Tabel 4). Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan yang mendukung hidupnya bakteri pengurai unsur hara phospor. Genus bakteri yang berperan dalam penguraian phospor antara lain *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* (Sutiknowati, 2010). *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* merupakan mikroba tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan phospor yang dimanfaatkan tanaman membantu penyediaan hara dan membantu dekomposisi bahan organik (Widawati dan Suliasih, 2006).

VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan antara lain :

1. Jumlah total bakteri selulolitik yang diisolasi dari mangrove Gunung Anyar dan Bancaran yaitu $7,8x10^3$ CFU/ml dan $4,1x10^4$ CFU/ml.
2. Wilayah mangrove Bancaran memiliki kelimpahan bakteri selulolitik lebih tinggi dibandingkan wilayah mangrove Gunung Anyar.
3. Faktor lingkungan (suhu, pH, salinitas, unsur Nitrogen dan Phospor) mempengaruhi kelimpahan bakteri selulolitik pada wilayah mangrove Gunung Anyar dan Bancaran.

6.2 Saran

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

Abdel-Shakour, E. H. and M. M. Roushdy. 2009. An Investigation for Cellulase Activity of A Novel Antibiotic Producing *Streptomyces* sp. Isolate H-1 from Egyptian Mangrove Sediment. Journal of Academia Arena, 1 (5) : 90.

Ardi, R. 2009. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Kelerengan dan Kedalaman Hutan Alam. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. hal. 32-35.

Atmodjo, W. 2011. Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan. Buletin Oseanografi Marina, 1 : 60.

Bengen, D. G. 2000. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Intitut Pertanian Bogor. Bogor. hal. 58.

Cowan and Steel. 1993. Manual for The Identification of Medical Bacteria. Third Edition. Cambridge University Press. United Kingdom. pp. 13; 192.

Ekawati, E. R., Ni'matuzahroh, T. Surtiningsih, dan A. Supriyanto. 2012. Eksplorasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik pada Limbah Daduk Tebu (S*accharum officinarum* L.). Jurnal Berk. Penelitian Hayati, 18 : 31-32.

Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan I. Penerbit Gramedia Pusaka Utama. Jakarta. hal. 123-132.

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.

Genisa, A.S. 2003. Sebaran dan Struktur Komunitas Ikan di Sekitar Estuaria Digul, Irian Jaya. Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan, XIII (1) : 1-3.

Hanafiah, K. A. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. hal. 7; 167; 211.

Harahab, N. 2010. Penilaian Ekonomi Hutan Mangrove dan Aplikasinya dalam Perencanaan Wilayah Pesisir. Graha Ilmu. Yogyakarta. hal 51-60.

Hart, H., L. E. Craine, and D.J. Hart. 2003. Kimia Organik. Edisi Kesebelas. Penerbit Erlangga. Jakarta. hal. 503-512.

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.

Hogarth, P. J. 2007. The Biology of Mangrove and Seagrasses. Second Edition. Oxford University Press. New York. pp. 156-159.

Horton, H. R., L. A. Moran, K. G. Scrimgeour, M. D. Perry, and J. D. Rawn. 2006. Principles of Biochemistry. Fourth Edition. Pearson Education International. United States. pp. 239.

Indriani, Y. 2008. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Daun Mangrove Api-Api (Avicennia Marina Forssk.Vierh) di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tanggerang, 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.

Kamal, E. dan M.L. Suardi. 2004. Potensi Estuari Kabupaten Pasaman Barat Sumatera Barat. Jurnal Mangrove dan Pesisir, IV(3) : 42-45.

Kapludin, Y. 2012. Karakteristik dan Keragaman Biota pada Vegetasi Mangrove Dusun Wael Kabupaten Seram Bagian Barat. Universitas Darussalam Ambon. (tidak diterbitkan). 12 hal.

Kathiresan, K and S. A. Khan. 2009. International Training Course on 'Coastal Biodiversity in Mangrove Ecosystems'. Annamalai University. Tamil Nadu, India. pp. 142; 160-162.

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 Biologycal 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.

Morissan. 2012. Metodologi Penelitian Survei. Prenada Media Group. Jakarta. hal. 32.

Munir, M., N. Afiati, O. K. Radjasa, A. Sabdono, dan T. Bachtiar. 2004. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Koprostanol dari Lingkungan Sungai, Muara, dan Perairan Pantai Banjir Kanal Timur Semarang pada Monsun Timur, Jurnal Ilmu Kelautan, 9 (2): 68-69.

Musdalifah. 2013. Distribusi dan Kelimpahan Bakteri *Enterococcus* spp. Di Perairan Terumbu Karang Kepulauan Spermonde Makassar. Skripsi. Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin Makassar. hal. 39-45

Ningsih, R. L., S. Khotimah dan I. Lovadi. 2014. Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun Avicennia alba Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. Jurnal Protobiont, 3(1): 38-39.

Pardosi, D. 2008. Pembuatan Material Selulosa Bakteri dalam Medium Air Kelapa Melalui Penambahan Sukrosa, Kitosan dan Gliserol Menggunakan *Acetobacter xylinum*. Thesis. Pascasarjana Kimia. Universitas Sumatera Utara. Medan. 74 hal.

Pariyono. 2006. Kajian Potensi Kawasan Mangrove dalam Kaitannya dengan Pengelolaan Wilayah Pantai di Desa Panggung, Bulakbaru, Tanggultare, Kabupaten Jepara. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang. hal. 10-13.

Pelczar, M. J., E. C. S. Chan and N. R. Krieg. 1993. Microbiology Concepts and Applications. Mc-Graw-Hill, Inc. United States. pp. 791.

Pohan, S. M. 2009. Populasi Organisme Tanah pada Daerah Aplikasi Limbah cair Pabrik Kelapa Sawit PT. Amal Tani Langkat Departemen Ilmu Tanah. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan. hal. 23

Purnobasuki, H. 2005. Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove. Airlangga University Press. Surabaya. hal. 36-40; 68.

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.

Romimohtarto, K. dan S. Juwana. 2009. Biologi Laut. Penerbit Djambatan. Jakarta. hal. 303-337.

Salisbury, F. B dan Ross, C. W. 1995. Fisiologi Tumbuhan, Jilid 1 Edisi ke 4, Institut Teknologi Bandung, Bandung. hal. 63-64.

Schlegel, H dan K. Schmidt. 1994. Mikrobiologi Umum, Edisi Keenam. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. hal. 204-239.

Setyati, W. A. dan Subagiyo. 2012. Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Enzim Ekstraseluler (Proteolitik, Amilolitik, dan Seulolitik) yang Berasal dari Sedimen Kawasan Mangrove Jurnal Ilmu Kelautan, 17(3):168.

Sigit, S., K. Rachmawati dan E. B. Aksono. 2013. Biokimia Veteriner I. Airlangga University Press. Surabaya. hal. 39-45.

Silalahi, U. 2010. Metode Penelitian Sosial. PT. Refika Aditama. Bandung. hal. 272

Sing, A. and Hayashi K. 1995. Microbial Cellulase, Protein Architecture Molecular properties and Biosynthesis. Journal Advantages Applied Microbial, 40:11.

Singleton, P. 1992. Introduction to Bacteria : for Student of Biology, Biotechnology and Medicine. Second edition. John Wiley and Sons Ltd. Chicester. England. pp. 69-172.

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

Wijiyono. 2009. Keanekaragaman Bakteri Serasah Daun Avicennia marina yang Mengalami Dekomposisi pada Berbagai Salinitas di Teluk Tapian Nauli. Thesis. Pascasarjana Biologi Universitas Sumatra Utara. Medan. 77 hal.

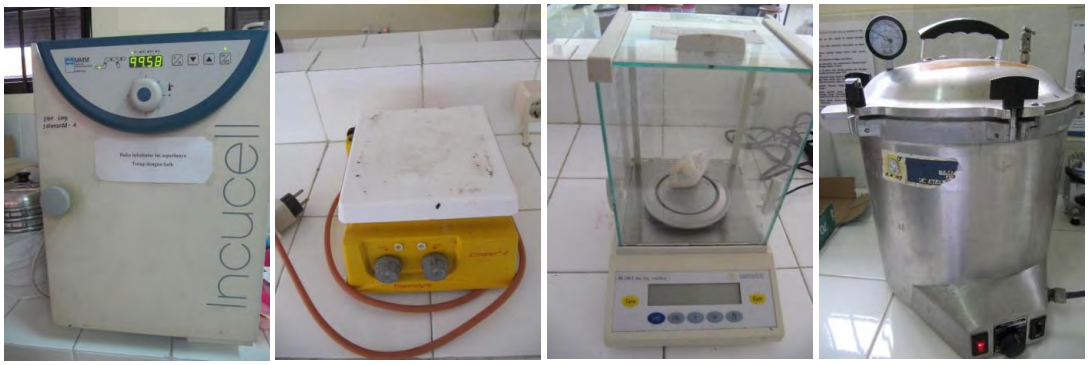
LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan yang digunakan

A. Alat Penelitian

Keterangan :

1. Rak Tabung
2. Tabung Reaksi
3. Gelas Ukur
4. Bunsen
5. Cawan Petri
6. Tabung Erlenmeyer
7. Spluit
8. Pipet tetes
9. Pipet Volume dan Bulb
10. Spatula

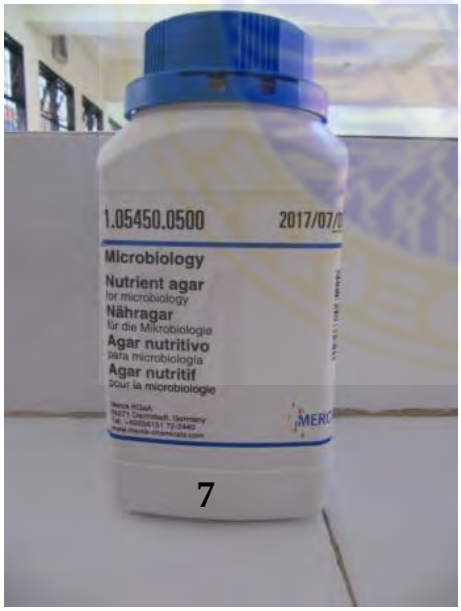


a b c d

Keterangan :

a. Inkubator
b. Heater
c. Timbangan Analitik
d. Autoclave

B. Bahan Penelitian



Keterangan :

1. **Reagen Congo Red**
2. **Air Laut**
3. **Alkohol 70%**
4. **Spiritus**
5. **Akuades**
6. **Carboxymethil Cellulose**
7. **Nutrient Agar**

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Jumlah Total Bakteri

Stasiun	Ulangan	Jumlah Total Bakteri (CFU/ml)	Jumlah Total Bakteri Selulolitik (CFU/ml)	Persentase Bakteri Selulolitik (%)
A	A1	$8{,}0 \times 10^4$	$3{,}0 \times 10^3$	3,75%
	A2	$6{,}9 \times 10^4$	$5{,}0 \times 10^3$	7,25%
	A3	$1{,}0 \times 10^5$	$8{,}0 \times 10^3$	8,0%
	Rata-rata	$\mathbf{8{,}4 \times 10^4}$	$\mathbf{5{,}3 \times 10^3}$	**6,33%**
B	B1	$5{,}9 \times 10^4$	$2{,}0 \times 10^3$	3,39%
	B2	$4{,}7 \times 10^4$	$7{,}0 \times 10^3$	14,89%
	B3	$4{,}9 \times 10^4$	$6{,}0 \times 10^3$	12,24%
	Rata-rata	$\mathbf{5{,}2 \times 10^4}$	$\mathbf{5{,}0 \times 10^3}$	**10,17%**
C	C1	$9{,}0 \times 10^4$	$1{,}3 \times 10^4$	14,44%
	C2	$8{,}9 \times 10^4$	$1{,}2 \times 10^4$	13,48%
	C3	$7{,}9 \times 10^4$	$1{,}5 \times 10^4$	18,99%
	Rata-rata	$\mathbf{8{,}6 \times 10^4}$	$\mathbf{1{,}3 \times 10^4}$	**15,64%**
Rata-Rata Wilayah Gunung Anyar		$\mathbf{7{,}4 \times 10^4}$	$\mathbf{7{,}8 \times 10^3}$	**10,71%**
D	D1	$1{,}4 \times 10^5$	$3{,}3 \times 10^4$	23,57%
	D2	$1{,}6 \times 10^5$	$2{,}7 \times 10^4$	16,88%
	D3	$1{,}2 \times 10^5$	$4{,}9 \times 10^4$	40,83%
	Rata-rata	$\mathbf{1{,}4 \times 10^5}$	$\mathbf{3{,}6 \times 10^4}$	**27,09%**
E	E1	$3{,}7 \times 10^5$	$4{,}1 \times 10^4$	11,08%
	E2	$3{,}5 \times 10^5$	$3{,}9 \times 10^4$	11,14%
	E3	$3{,}4 \times 10^5$	$4{,}9 \times 10^4$	14,41%
	Rata-rata	$\mathbf{3{,}5 \times 10^5}$	$\mathbf{4{,}3 \times 10^4}$	**12,21%**
F	F1	$3{,}1 \times 10^5$	$4{,}3 \times 10^4$	13,87%
	F2	$2{,}7 \times 10^5$	$3{,}6 \times 10^4$	13,33%
	F3	$3{,}1 \times 10^5$	$3{,}9 \times 10^4$	12,58%
	Rata-rata	$\mathbf{3{,}0 \times 10^5}$	$\mathbf{3{,}9 \times 10^4}$	**13,26%**
Rata-Rata Wilayah Bancaran		$\mathbf{2{,}6 \times 10^5}$	$\mathbf{4{,}0 \times 10^4}$	**17,52%**

Lampiran 3. Data Kualitas Lingkungan

Stasiun	Gunung Anyar			Rata-Rata	Bancaran			Rata-Rata
	A	B	C		D	E	F	
Suhu Tanah (ºC)	29	29	30	29,3	28	29	29	28,7
Salinitas (‰)	17	15	12	14,7	22	18	15	18,3
pH Tanah	6,8	7	6,9	6,9	6,8	7	6,8	6,9
Unsur Nitrogen (mg/g)	0,075	0,071	0,125	0,09	0,068	0,295	0,108	0,157
Unsur Fosfor (mg/g)	0,101	0,088	0,135	0,108	0,040	0,233	0,115	0,129

Lampiran 4. Hasil Uji Nitrogen dan Phospor

PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
BADAN LINGKUNGAN HIDUP
UNIT PELAKSANA TEKNIS
LABORATORIUM UJI KUALITAS LINGKUNGAN
Jl. Wisata Menanggal 38 Surabaya Telp. (031) 8541807 Fax. (031) 8530482

Revisi : 1

KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP-508-IDN

III. HASIL PENGUJIAN KADAR PHOSPAT DAN NITROGEN

NO	LOKASI SAMPLING	KODE LABORATORIUM	SATUAN	HASIL UJI PHOSPOR	HASIL UJI NITROGEN	KETERANGAN
1	GA 1.1	SLI/IV/2014/394.1	mg/g	0,107	0,075	
2	GA 1.2	SLI/IV/2014/394.2	mg/g	0,095	0,074	
3	GA 2.1	SLI/IV/2014/394.3	mg/g	0,093	0,078	
4	GA 2.2	SLI/IV/2014/394.4	mg/g	0,084	0,064	
5	GA 3.1	SLI/IV/2014/394.5	mg/g	0,129	0,123	
6	GA 3.2	SLI/IV/2014/394.6	mg/g	0,142	0,128	
7	GA 4.1	SLI/IV/2014/394.7	mg/g	0,170	0,125	
8	GA 4.2	SLI/IV/2014/394.8	mg/g	0,052	0,095	
9	GA 5.1	SLI/IV/2014/394.9	mg/g	0,012	0,120	
10	GA 5.2	SLI/IV/2014/394.10	mg/g	0,063	0,099	
11	GA 6.1	SLI/IV/2014/394.11	mg/g	0,009	0,062	
12	GA 6.2	SLI/IV/2014/394.12	mg/g	0,004	0,083	
13	Bancaran Stasiun D	SLI/IV/2014/394.13	mg/g	0,040	0,068	
14	Bancaran Stasiun E	SLI/IV/2014/394.14	mg/g	0,233	0,295	
15	Bancaran Stasiun F	SLI/IV/2014/394.15	mg/g	0,115	0,108	

IV. INTERPRETASI HASIL PENGUJIAN

Kualitas limbah cair tersebut :

MENGETAHUI
Badan Lingkungan Hidup
Provinsi Jawa Timur
Kepala UPT Lab. Uji Kualitas Lingkungan

PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
BADAN LINGKUNGAN HIDUP UNIT PELAKSANA TEKNIS LABORATORIUM UJI KUALITAS LINGKUNGAN

Ir. SUNARTA,MM
NIP. 19601223 198903 1 004

Surabaya, 06 Mei 2014
Manajer Teknis
UPT Lab. Uji Kualitas Lingkungan

WAHYU NUGROHO