

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF CELLULOLYTIC BACTERIA FROM WASTE ORGANIC VEGETABLES AND FRUITS FOR ROLE IN MAKING MATERIALS BIOGAS.

Ateng Supriyatna, Ida Rohimah, Yani Suryani, Sumiyati Sa'adah
Biology Departement
The Faculty of Science and Technology
State Islamic University Sunan Gunung Djati
A. H. Nasution st No.105 Bandung

ABSTRACT

Research on isolation and identification of cellulolytic bacteria from waste organic vegetables and fruits as ingredients that play a role in the manufacture of biogas has been carried out. Bacteria isolates were obtained from waste vegetable and fruits from the market Gedebage Bandung. The aim of research is to know diversity of bacteria that grow and cellulolytic bacterial isolates whatever is on the waste vegetable and fruits that play a role in making biogas. Media that used for cultivation and isolation bacteria is NA (*Natrium Agar*). Bacteria isolation is conducted by using serial dilution, pour plate and streak plate methods. The determine cellulolytic bacteria used selective media SA (*Cellulose Agar*) and identification of bacteria carried to genus level based on morphological and biochemical characterization that refer to the guidelines of identification of bacteria (Bergey's Manual of Determinative Bacteriology in 1994). In this research, we successfully isolated 13 isolates bacteria that consist of 10 genera. Identification result indicates that isolate B1, B8, B9, and B12 are *Bacillus*; isolate B2 is *Cellulomonas*, isolate B4 is *Microbacterium*, isolate B5 is *Neisseria*, isolate B6 is *Streptococcus* and isolate B7 is *Streptomyces*. Test cellulose indicates that the cellulolytic bacteria are *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Microbacterium*, *Streptomyces*, *Streptococcus*, and *Neisseria*. Based on test in HC degradation of cellulose in the media SA, *Streptomyces* bacteria that have the highest HC ratio and the lowest in the genus *Neisseria*. The bacteria were chosen because the bacteria have a high ability to hydrolyze cellulose in so-called cellulolytic bacteria and potentially in the manufacture of biogas.

Keywords: cellulolytic bacteria, biogas, waste organic vegetables and fruit S

Pendahuluan

Sampah merupakan sesuatu yang tak digunakan, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Berbagai jenis sampah menyebabkan efek yang merugikan bagi organisme hidup dan lingkungan, seperti timbulnya penyakit hewan dan manusia serta keseimbangan ekosistem terganggu (Zaved, 2008).

Permasalahan sampah merupakan hal yang krusial. Menurut perkiraan, volume sampah yang dihasilkan perorang rata-rata

sekitar 0,5 kg/kapita/hari, untuk kota besar seperti Jakarta yang penduduknya 10 juta orang sampah yang dihasilkan sekitar 5.000 ton/hari. Dengan jumlah yang tergolong besar tersebut, maka perlu adanya penanganan sampah yang khusus (Kurniawan, 2010).

Menurut Kurniawan (2010) salah satu sumber sampah terbanyak adalah sisa buah-buahan dan sayur sayuran yang banyak terdapat di pasar-pasar tradisional. Sampah berupa sisa buah-buahan dan sayur-sayuran yang sudah membusuk biasanya dihasilkan

pasar sayur dan buah. Sampah pasar sayur-mayur dan buah-buahan jenisnya relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani.

Menurut Nugraha (2008) dalam Kusnadi, dkk (2009) sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan ini tersusun atas bahan organik dan serat tinggi seperti selulosa. Selulosa adalah karbohidrat yang paling umum terdapat pada tanaman di seluruh dunia. Dalam buah dan sayuran, selulosa terdiri dari hampir 50% dari karbohidrat, sementara hemi-selulosa terdiri dari 15-34% (Chen-Chin Chang, *et al.* 2009). Menurut Meryandini, dkk., (2009) sampah dengan kandungan unsur hara tersebut dapat dikonversi menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi seperti kompos, pakan ternak, dan digunakan sebagai medium pertumbuhan mikroorganisme. Adanya unsur hara pada sampah tersebut menyebabkan bakteri bisa tumbuh dan melakukan metabolismenya yang akhirnya menghasilkan beberapa senyawa sederhana penting.

Menurut Rao (1994) bakteri yang terlibat dalam dekomposisi pedegradasi sampah sayuran dan buah-buahan antara lain adalah bakteri selulolitik. Contoh bakteri selulolitik yang telah diteliti sebagai penghasil selulosa antara lain seperti *Scopulariopsis brevicaulis*, *Ruminococcus albus*, *Clostridium*, *Cellulomonas* bakteri-bakteri tersebut memiliki kemampuan aktivitas selulolitik dan hemiselulolitik yang tinggi pada proses fermentasi untuk menghasilkan gula (Anindyawati, 2009). Bakteri selulolitik dalam kondisi aerobik memecah selulosa dan merubahnya menjadi CO₂ dan air, sedangkan pada kondisi anaerobik menjadi CO₂, metana dan air (Levin *et al.*, 2008). Bakteri selulolitik mampu mengubah sampah berkualitas rendah menjadi berkualitas tinggi salah satunya yaitu biogas. Karena menurut

Nugraha (2008) dalam Kusnadi, dkk (2009) sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan yang tersusun atas bahan organik seperti selulosa sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas.

Mengingat pentingnya keberadaan mikroba perombak bahan organik tersebut, maka dilakukan penelitian tentang keberadaan bakteri selulolitik pada sampah sayuran dan buah-buahan yang berasal dari pasar induk Gedebage Bandung. Penelitian ini diharapkan dapat menemukan isolat bakteri baru dan dapat dijadikan sebagai bahan dasar untuk penelitian biodegradasi sampah organik dalam pembuatan biogas yang berkemampuan tinggi untuk mengatasi permasalahan krisis energi di masa mendatang serta berguna meningkatkan usaha pengurangan sampah organik yang terus meningkat.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini di antaranya:

1. Mengetahui keanekaragaman bakteri yang terdapat pada sampah sayuran dan buah-buahan.
2. Mengetahui isolat bakteri selulolitik yang tumbuh pada sampah sayuran dan buah-buahan yang berpotensi untuk produksi biogas.

Bahan dan Metode

Penelitian ini berlangsung selama 3 bulan, yaitu mulai pada minggu pertama bulan Mei sampai minggu keempat bulan Juli 2011. Penelitian dilakukan dengan metode analisis deskriptif. Pengambilan sampel sampah sayuran dan buah-buahan berasal dari pasar tradisional GedeBage Bandung Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sunan Gunung Djati.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah natrium agar, selulosa agar, natrium clorida 0,9%, hidrogen peroksida 3%, glukosa, laktosa, sukrosa,

triple sugar iron agar (TSIA), metil merah, etanol 70% dan etanol 95 %, α -naftol, larutan iodin, manitol, maltosa, safranin, larutan lugol iodin, Simmon sitrat agar, triptophane, kalium hidroksida, gentian violet, malakit hijau, urea, aquades.

Alat-alat yang digunakan antara lain tabung reaksi, cawan petri, gelas ukur 100 mL dan 50 mL, gelas kimia 500 mL, Erlenmeyer 250 mL, pipet volume 5 mL dan 10 mL, pipet tetes, tabung durham, pembakar bunsen, alat penanam bakteri (jarum ose) ujung bulat dan ujung runcing, karet pengisap (*filler*), pengaduk magnetik, pipet mikro, rak tabung reaksi dan botol semprot, autoklaf, neraca analitik, inkubator, mikroskop cahaya, pemanas (kompor gas), refrigerator, oven, magnetic stiler.

Tahap pertama dilakukan adalah mengisolasi bakteri dari sampel dengan menggunakan metode pengenceran (*Plating Method*) yang dilakukan dengan mengambil sebanyak 1 gram sample dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml larutan fisiologis (NaCl 0,9%) kemudian mengocoknya sampai homogen. Mengambil 1 ml dari larutan tersebut dan menambahkan 9 ml NaCl fisiologis, sehingga didapat pengenceran 10^{-1} , untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} dilakukan dengan mengambil 1ml dari pengenceran 10^{-1} dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan fisiologis, demikian seterusnya sampai dibuat pengenceran 10^{-9} . Setelah pengenceran dilakukan, kemudian dari pengenceran dipindahkan ke cawan petri untuk dibiakkan dengan dengan teknik cawan tuang (untuk setiap sampel dibutuhkan 3 buah cawan). Caranya yaitu, secara aseptik dengan menggunakan pipet hisap diambil 1 ml suspensi sampah pada tiap-tiap pengenceran ($10^{-5} - 10^{-9}$) pada cawan petri yang telah steril kemudian menuangkan media NA yang telah diencerkan sampai memenuhi permukaan

cawan petri dan yang telah diberi fungisida. Lalu diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 30°C . Koloni yang tumbuh diamati secara makroskopis meliputi bentuk, ukuran, tekstur dan warna. Berdasarkan perbedaan penampilan koloni lalu dilakukan tahap pemurnian sehingga akan diperoleh sejumlah isolat.

Isolat yang didapat selanjutnya dilakukan tahap identifikasi yang meliputi pengamatan mikroskopis dan uji biokimia mengacu pada pedoman identifikasi bakteri (*Bergey's Manual Determinative Bacteriology* tahun 1994). Pada pengamatan mikroskopis didahului dengan melakukan pewarnaan gram, sehingga dapat dilihat bentuk-bentuk bakteri dan kelompok bakteri gram positif atau negatif dan pewarnaan spora. Sedangkan uji biokimia meliputi uji motilitas, uji katalase, uji gula-gula, uji IMVIC dan uji selulosa. *Selulosa agar* sebuah senyawa larut selulosa turunan-air, merupakan substrat yang berguna untuk mendeteksi C, dan produksi selulosa karena cepat rusak oleh mikroorganisme (Mandels, at all, 1976, dalam Lester, 1976). Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 1-7 hari. Koloni yang tumbuh di media merupakan koloni bakteri yang mampu menggunakan senyawa selulosa sebagai sumber energi (C-selulosa sebagai sumber C). Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar daerah inokulasi. Zona bening ini terbentuk disebabkan adanya selulase (enzim pemecah selulosa) yang dihasilkan bakteri (Saraswati, 2010).

Hasil dan Pembahasan

1. Jenis-jenis bakteri yang ditemukan pada sampah sayuran dan buah-buahan

Bakteri yang telah berhasil diisolasi dari sampah organik sayuran dan buah-buahan di pasar induk Gedebage Bandung diperoleh sebanyak 13 isolat. Dari hasil pengamatan, 13 isolat bakteri tersebut tumbuh dominan

serta mempunyai morfologi berbeda satu sama lainnya. Untuk memudahkan dalam pembahasan, maka ke-13 isolat bakteri diberi nama B1, B2, B3, B4 dan B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, dan B13.

Ke-13 isolat dikarakterisasi secara biokimia dengan mengikuti dikotomi berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994). Berdasarkan karakter biokimia tersebut ke-13 isolat bakteri masuk ke-dalam 10 genus bakteri. B1, B8, B9 dan B12 cenderung masuk ke genus *Bacillus*, isolat bakteri B2 cenderung masuk ke genus *Cellulomonas*, isolat bakteri B3 cenderung masuk ke genus *Azomonas*, isolat bakteri B4 cenderung masuk ke genus *Microbacterium*, isolat bakteri B5 cenderung masuk ke genus *Neisseria*, isolat B6 cenderung masuk ke genus *Streptococcus*, isolat B7 cenderung masuk ke genus *Streptomyces*, isolat B10 cenderung masuk ke genus *Arthrobacter*, isolat B11 cenderung masuk ke genus *Halobacterium*, dan isolat B13 cenderung masuk ke genus *Listeria*.

Genus *Bacillus* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) merupakan Gram positif dan biasanya motil oleh flagel peritrichous, warna koloni putih susu atau agak krem, optimum pada suhu 30-37°C. Endospora oval, kadang-kadang bundar dan sangat resisten pada kondisi yang tidak menguntungkan. Bakteri ini bersifat aerobik atau fakultatif anaerobik. Biasanya katalase dan oksidase positif. Tersebar luas pada bermacam-macam habitat. *Bacillus* merupakan organisme yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi selulosa secara aerob (Lynd et al, 2002). Pada penelitian ini, ditemukan 4 isolat yang termasuk dalam genus *Bacillus*. Banyaknya isolat *Bacillus* yang ditemukan dalam sampah karena genus ini mampu tumbuh lebih cepat dan jumlah jenis yang tinggi.

Disamping itu *Bacillus* tersebar di semua tipe habitat terutama pada sampah.

Genus *Neisseria* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) mempunyai ciri antara lain sel berbentuk coccus, kubus, tersusun dalam bagian atau berkelompok/berkumpul, nonmotil, gram-negatif, bersifat aerob, anaerob fakultatif dan anaerob, temperatur optimumnya berkisar pada 37°C, tergolong spesies parasit, ukuran sel biasanya kurang dari 0,5 mm. Menurut Prasetya (2011) *Neisseria* memiliki aktivitas enzim hidrolitik pada substrat *cellulose acetate*, CMC, dan xylan.

Menurut Kunkel (2006), Genus *Listeria* merupakan sel berbentuk batang pendek, motil dengan flagel peritrichously, aerobik fakultatif, katalase positif, non spora. *Listeria* kolonik kecil, halus dan abu-abu kebiruan.

Suhu pertumbuhan optimal adalah antara 30 dan 37°C, namun pertumbuhan dapat terjadi pada suhu serendah 4°C. *Listeria* didistribusikan secara luas di seluruh lingkungan, yang menghuni tanah, membusuk sayuran, limbah, air, pakan ternak, unggas segar dan beku, daging olahan, susu mentah, keju, dan manusia. Tapi habitat primer di anggap tanah dan sayuran yang membusuk, hidup sebagai saprofit. *Listeria* juga bisa bertahan dalam kondisi ekstrim seperti konsentrasi garam tinggi, pH tinggi, dan suhu tinggi.

Genus *Streptococcus* menurut Wijayani (2008) merupakan sel yang bulat, tersusun berpasangan atau dalam bentuk rantai, merupakan bakteri Gram positif. *Streptococcus* adalah golongan bakteri yang heterogen. Semua spesiesnya merupakan bakteri non motil, non-spora dan menunjukkan hasil negatif untuk tes katalase. Semuanya anaerob fakultatif, Semua spesies pada *Streptococcus* tidak dapat mereduksi nitrat. *Streptococcus*

memfermentasi glukosa dengan produk utama adalah asam laktat, tidak pernah berupa gas. *Streptococcus* dapat mendegradasi selulosa pada limbah pertanian.

Genus *Streptomyces* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) merupakan gram positif, biasanya motil dan terbentuk spora, bentuk koloni kecil (berdiameter 1-10 mm). *Streptomyces* umumnya memproduksi antibiotik yang dipakai manusia dalam bidang kedokteran dan pertanian (Puryatiningsih, 2009). Temperatur optimum berkisar antara 25°C – 35°C. Beberapa spesies tumbuh pada temperatur rentang psikrofilik dan termofilik. Melimpah pada habitat tanah dan kompos dengan pH optimum 6,5 – 8,0. Beberapa spesies bersifat patogen, *Streptomyces* yang diisolasi sebagian besar memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat. Genus ini paling efisien dalam mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat karena kecepatan pertumbuhannya dan aktivitas yang tinggi dibanding genus lain (Nurkanto, 2007).

Genus *Cellulomonas* *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) merupakan gram-positif, sel berbentuk batang, non-motil, fakultatif anaerob. Genus *Cellulomonas* mampu memecah selulosa, xilan dan pati. Menurut Purwadaria (2003) *Cellulomonas* memiliki enzim ekstraselular yang lebih berperan dalam penguraian selulosa bagian amorf.

Genus *Microbacterium* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) merupakan gram negatif, endospora, non motil dan katalase negatif. Dalam penelitian Junaedi (2010), *Microbacterium* merupakan

bakteri selulolitik yang mempunyai aktivitas tinggi dalam mendegradasi selulosa.

Genus *Arthrobacter* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) merupakan gram positif, sel berbentuk coccus, non-spora, non motil dan katalase negatif. *Arthrobacter* banyak ditemukan dari tanah, tetapi juga ditemukan di beberapa habitat laut.

Arthrobacter dapat mendegradasi herbisida, pestisida dan kitin, dan kemampuan untuk menghasilkan antibiotik. Secara umum kelompok ini serbaguna dan dapat menggunakan beragam substrat organik. *Arthrobacter* biasanya dianggap sebagai aerob obligat (Roberts, 2011).

Genus *Halobacterium* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) mempunyai ciri sel berbentuk batang, gram negatif, non-spora, motil, warna koloni merah atau ungu dan katalase negatif. *Halobacterium* merupakan bakteri halofil yakni bakteri yang tahan pada kadar garam tinggi (Wasetiawan, 2009). *Halobacterium* tumbuh baik pada 42°C lingkungan. *Halobacterium* dapat ditemukan setiap perairan yang mempunyai konsentrasi garam yang tinggi.

Genus *Azomonas* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th edition (Holt, et al., 1994) mempunyai ciri gram negatif, bentuk coccus, non spora, motil dan katalase positif. *Azomonas* merupakan bakteri penambat nitrogen (Rachman, 2006).

2. Isolat bakteri selulolitik yang ditemukan pada sampah sayuran dan buah-buahan.

Table 1. Bakteri Selulolitik Pada Sampah Sayuran dan Buah-Buahan

No	Genus bakteri selulolitik	Karakteristik
----	---------------------------	---------------

1	<i>Bacillus</i> (B1, B8, B9, B12)	Gram positif, berspora, sel batang, katalase positif, motil, glukosa positif.
2	<i>Cellulomonas</i> (B2)	Gram positif, tidak berspora, sel cocus, katalase positif, motil, glukosa positif.
3	<i>Microbacterium</i> (B4)	Gram positif, berspora, sel batang, katalase positif, non motil, glukosa positif
4	<i>Neisseria</i> (B5)	Gram negatif, tidak berspora, sel cocus, katalase positif, non motil, glukosa positif
5	<i>Streptococcus</i> (B6)	Gram positif, tidak berspora, sel cocus, Katalase negatif, motil, glukosa negatif.
6	<i>Streptomyces</i> (B7)	Gram positif, berspora, sel batang, katalase positif, motil, glukosa positif.

Dari ke-13 isolat yang didapat 9 isolat menunjukkan bahwa isolat tersebut memiliki kemampuan untuk menghidrolisis selulosa ditandai dengan terbentuknya zona bening pada medium SA. Ke-9 isolat bakteri selulolitik tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Isolat bakteri yang menghasilkan zona bening mengindikasikan isolat tersebut menggunakan senyawa selulosa sebagai sumber energi (Saraswati, 2010).

Bakteri tersebut dipilih karena mempunyai kemampuan tinggi dalam menghidrolisis selulosa sehingga dinamakan bakteri selulolitik. Daerah zona bening pada medium SA yang dihasilkan bakteri dapat dilihat pada gambar (gambar 1).

Ke-9 isolat bakteri selulolitik tersebut berpotensi dalam pembuatan biogas. Isolat bakteri tersebut dapat menghasilkan enzim selulosa yang dapat memutuskan ikatan β -glukosida pada rantai selulosa.

Proses penguraian selulosa oleh bakteri terjadi secara enzimatik ekstraseluler. Selulosa yang melimpah menjadikan selulosa menjadi bahan yang potensial untuk

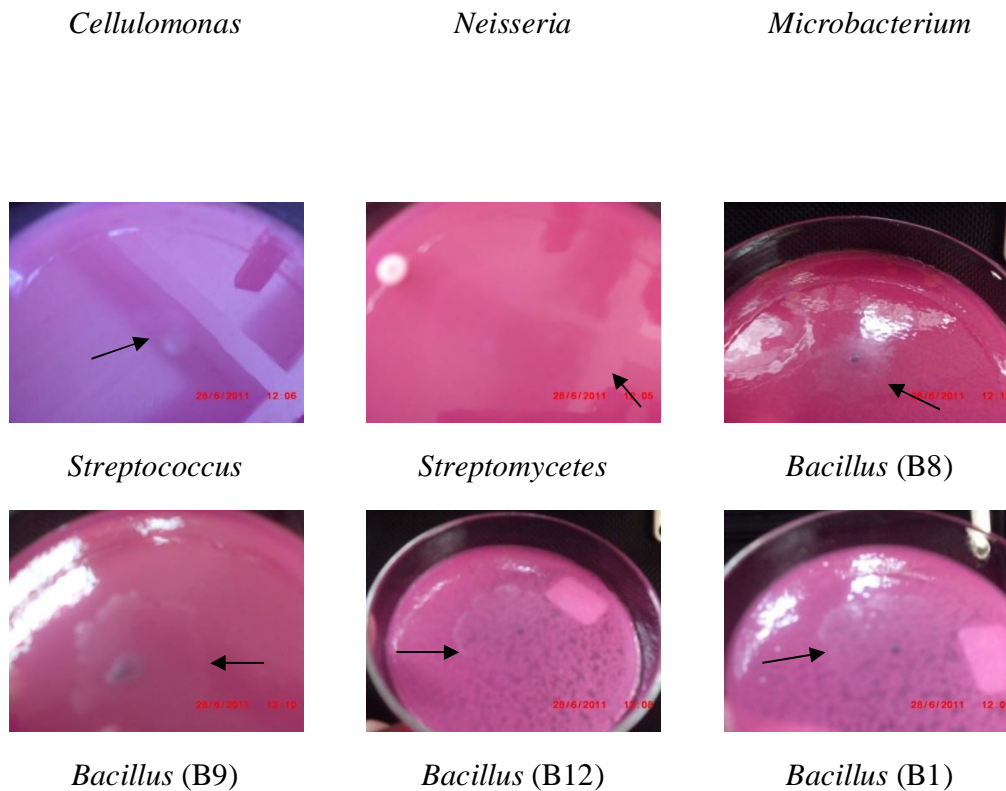
digunakan dalam produksi biogas (Himmel *et al.*, 1997 dalam William and Govind, 2003). Menurut Yadzi *et al* (2007) biomasa selulosa yang berasal dari produk sampah organik seperti sampah hasil pertanian merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling berlimpah di bumi, untuk menghasilkan energi berkelanjutan dari bahan selulosa, selulosa dikonversi menjadi etanol, hidrogen dan metana (biogas).

2.1 Uji Aktivitas degradasi selulosa

Hasil pengujian aktivitas enzim selulase diperoleh menunjukkan bahwa kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasi selulosa pada medium Selulolitik Agar (SA) dengan suhu inkubasi 37°C menghasilkan aktivitas enzim dengan jumlah yang beragam (gambar 2).

Berdasarkan grafik pada gambar 2, menunjukkan bahwa aktivitas degradasi selulosa hampir semua isolat bakteri terjadi pada hari ke-3 kecuali genus *Neisseria* aktivitas selulosanya terjadi pada hari ke-5.

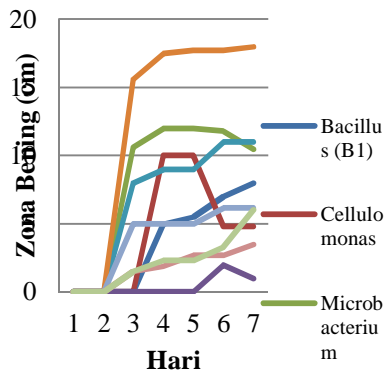




Gambar 1. Daerah zona bening pada medium SA

Berdasarkan rasio HC pada hari ke-7 masa inkubasi, genus *Streptomyces* dengan aktivitas sebesar 18 cm adalah yang mempunyai kemampuan tertinggi dalam mendegradasi *Selulolitik agar* (SA) yang kemudian diikuti oleh genus *Streptococcus*, *Microbacterium*, *Bacillus*, dan *Cellulomonas*. Sedangkan untuk genus *Neisseria* ratio HC stabil dan paling kecil daripada isolat yang lain yaitu 1 cm.

Aktivitas selulosa dari 9 isolat bakteri tersebut dalam medium SA mempunyai aktivitas berbeda dalam menghidrolisis substrat. Perbedaan dalam hidrolisis substrat menunjukkan bahwa ke-9 isolat memiliki karakter berbeda dalam aktivitas enzimnya. Setiap bakteri selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase yang berbeda-beda, tergantung dari gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan.



Pada aktivitas selulosa menunjukkan bahwa pada bakteri *Bacillus*, *Streptococcus*, dan *Streptomyces*, selama masa inkubasi terjadi peningkatan dalam hidrolisis substrat hal ini berbeda pada isolat *Cellulomonas*, *Microbacterium* dan *Neisseria* terjadi penurunan aktivitas. Hal ini bisa terjadi karena aktivitas enzim selulase bisa meningkat seiring dengan pertumbuhan selnya selain itu memiliki fase lag yang panjang sebelum sampai ke fase log. Namun ketika sel mencapai fase stasioner, aktivitas enzim selulase bisa menurun. Pada fase stasioner kecepatan pembelahan sel sama dengan kecepatan kematian sel dan lisis sel sehingga pada fase ini selain enzim selulase, enzim protease juga dihasilkan. Hal ini menyebabkan turunnya aktivitas enzim selulase. Waktu optimum produksi enzim digunakan sebagai waktu panen enzim untuk mendegradasi substrat (Meryandini, 2009). Setiap bakteri memiliki aktivitas enzim selulolitik yang berbeda-beda pada kurva pertumbuhannya.

Secara keseluruhan isolat selulolitik yang diisolasi dari sampah sayuran dan buah-buahan memiliki ratio *hydrolysis capacity* (HC) yang tinggi sehingga bisa berpotensi dalam proses pembuatan biogas. Sebagaimana dinyatakan pada penelitian yang dilakukan oleh Hatami *et al.*, (2008) diketahui bahwa rata-rata pada ratio *Hydrolysis Capacity* (HC) isolat yang diisolasi pada lahan pertanian lebih besar dibandingkan dengan ratio HC

yang diisolat pada hutan. Ratio HC yang diperoleh pada hutan adalah 1,6 sedangkan pada lahan pertanian ratio HCnya adalah 2.1. Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri pendegradasi selulosa pada lahan pertanian memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan dengan isolat bakteri yang diperoleh pada hutan untuk digunakan dalam mendegradasi material selulosa.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat keanekaragaman jenis bakteri pada sampah sayuran dan buah-buahan. Pada penelitian ini ditemukan 13 isolat bakteri yang dikelompokkan ke dalam 10 genus bakteri yaitu *Bacillus*, *Azomonas*, *Cellulomonas*, *Microbacterium*, *Neisseria*, *streptococcus*, *Streptomyces*, *Listeria*, *Artrobacter* dan *Halobacterium*.
2. Didapatkan 9 isolat bakteri yang dikelompokkan ke dalam 6 genus bakteri pendegradasi selulosa (bakteri selulolitik) yaitu *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Microbacterium*, *Neisseria*, *streptococcus*, dan *Streptomyces*. Berdasarkan uji HC dalam degradasi selulosa pada medium SA, *Streptomyces* adalah bakteri yang memiliki ratio HC tertinggi kemudian berturut-turut diikuti oleh bakteri *Streptococcus*, *Microbacterium*, *Bacillus* dan *Cellulomonas* dan yang terendah pada genus *Neisseria*. Secara keseluruhan isolat tersebut berpotensi dalam pembuatan biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambriyanto, 2010. *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa Dari Serasah Daun Rumput Gajah (Pennisetum purpureum Schaum)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Anindyawati, Trisanti. 2009. *Prospek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol*. Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPIJ. Raya Bogor Km. 46 Cibinong 16911.
- Cazeimer, Anne E, Johannes, H.P. (1997). *Microbial Ecology*. Germany: Universitat Bochum.
- Chen-Chin Chang *et al.* (2009). *Activity Of Cellulase From Thermoactinomyces And Bacillus spp. Isolated From Brassica Waste Compost*. National Taiwan University - Dept. of Horticulture - 140 Keelung Rd. - Section 4 - Taipei - 106 - Taiwan ROC.
- Gylswyk, Van and J. P. L. Labuschagne. (1971). *Relative Efficiency of Pure Cultures of Different Species of Cellulolytic Rumen Bacteria in Solubilizing Cellulose in vitro*. Pretoria, South Africa: National Chemical Research Laboratory.
- Haichar, Feth, el Zahar, *et al.* (2007). *Identification of cellulolytic bacteria in soil by stable isotope probing*. UMR INRA-Univ. Bourgogne, Laboratoire de Microbiologie et Géochimie des Sols, France.
- Hatami, *et al.* (2008). *Investigation on Aerobic Cellulolytic Bacteria in Some of North Forest and Farming Soils*. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 3 (5): 713-716.
- Holt, J.G. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology ninth ed.* Williams and Wilkins:USA
- Jorgensen, H., J.P. Kutter and L. Olsson. (2003). *Separation and quantification of cellulases and hemicellulases by capillary electrophoresis*. Anal. Biochem. 317: 85-93.
- Junaedi, dkk. 2008. *Uji Potensi Microbacterium sp. dan Penambahan Daun Orok-orok (crotalaria sp.) dalam Dekomposisi Jerami Padi*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Uiversitas Brawijaya Malang, Indonesia.
- Kunkel, Dennis. 2006. "Listeria". <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Listeria>. Diakses pada Selasa, 11 Juli 2010.
- Kurniawan, Nalim. *Analisis Kelayakan usaha pengolahan sampah Kota menjadi produk yang berguna Di tpa bantargebang*. Cikarang-Utara Bekasi.
- Kusnadi, M.Si., Dra., Ammi Syulasm, M.S., Drs., dkk. 2009. *Pemanfaatan sampah Organik sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Sebagai Energi Alternatif*. Laporan Penelitian Strategis nasional tahun Anggaran 2009. Bandung: Universitas pendidikan Indonesia.
- Lester, Hankim. Anagnostakis, Sandral. (1998). *Cellulase Activity C, Aktivitas Selulase of Microorganisms*. Departemen of Biochemistry and Genetics, The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, Connecticut 06504, USA. Inggris: of General Microbiology.
- Levin *et al.* (2008). *Third Generation Biofuels via Direct Cellulose Fermentation*. University of Manitoba, Winnipeg MB, Canada R3T 5V6. 1342-1360; DOI: 10.3390/ijms9071342.
- Lynd LR, Weimer PJ, Vanzyl WH, Pretorius IS. (2002). *Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology*. Microbiol. Mol.Biol. Rev. 66: 506-577.

- Meryandini, Anja., Wahyu, Widosari., Besty Maranatha, dkk. 2009. *Isolasi Bakteri Selulitik Dan Karakterisasi Enzimnya*. Makara, Sains, Vol.13, No. 1, APRIL 2009: 33-38. Bogor: Darmaga-IPB.
- Nurkanto, Arif. 2007. *Identifikasi Aktinomisetes Tanah Hutan Pasca Kebakaran Bukit Bangkirai Kalimantan Timur dan Potensinya Sebagai Pendegradasi Selulosa dan Pelarut Fosfat*. Cibinong: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, B I O D I V E R S I T A S ISSN: 1412-033X Volume 8, Nomor 4 Halaman: 314-319.
- Nurmayani, Desi. 2009. *Isolasi Dan Uji Mikroorganisme Selulitik Asal Tanah Gambut Dan Kayu Sedang Melapuk Dalam Mendekomposisikan Kayu*. Medan: Universitas Sumatera Utara Medan.
- Ponnambalam *et al.* (2011). *Qualitative Display and Measurement of Enzyme Activity of Isolated Cellulolytic Bacteria*. Research Article, Biotechnol. Bioinf. Bioeng. 1(1):33-37 Society for Applied Biotechnology. Printed in India.
- Puryantingsih, 2009. *Isolasi Streptomyces Dari Rizosfer Familia Poaceae Yang Berpotensi Menghasilkan Antibiotik Terhadap Escherichia coli*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prasetya, Ardian. 2011. *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa Dari Gracillaria*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purwadaria, dkk. 2003. *Perbandingan Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri dan Kapang Hasil Isolasi dari Rayap*. Departemen Kimia. FMIPA, IPB, Jl. Raya Pajajaran Bogor.
- Rachman, Walujayati. 2006. *Potensi Mikroba Non Simbiotik Di Lahan Padi Sebagai Agensia Penambat Nitrogen*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ratnakomala, Shanti, dkk. 2010. *Pemanfaatan Aktinomisetes Indonesia untuk Produksi Inokulum Bakteri pendegradasi Lignoselulosa*. Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Rao, 1994. *Mikroorganisme Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Roberts *et al.* 1987. *Transformation of Arthrobacter and studies on the transcription of the Arthrobacter ermA gene in Streptomyces lividans and Escherichia coli*. MRC Laboratory of Molecular Biology, Hills Road, Cambridge CB2 2QH, U.K.
- Robson *et al.* 1984. *Characterization of the Cellulolytic Activity of a Bacillus Isolate*. Applied And Environmental Microbiology, Vol. 47, No. 5, American Society for Microbiology.
- Rodriguez *et al.* 1995. *Regulation Of Cellulolytic Activity In Cellulomonas SP.IIBC*. Bioresource Technology 55 (1996) 79-82.
- Saraswati, Rasti., Santoso, Edi., Yuliarti, Erni. *Organisme Perombak Bahan Organik*.
- Santosa, dkk. 2001. *Identifikasi Ekstremozim Selulase Isolat Bakteri dari Ekosistem Air Hitam*. ISSN 0854-8587.
- Suryanto, Dwi. 2009. *Prospek Keanekaragaman Hayati*

- Mikroba (Microbial Bioprospecting) Sumatera Utara*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Wesatiawan, 2009. *Faktor Lingkungan Bagi Pertumbuhan Mikroba*. Tertera pada: <http://blog.unila.ac.id/wesatiawan/files/2009/09/faktor-lingkungan-bagi-pertumbuhan-mikroba-revisi-270909.pdf>.
- Wijayani, Cinthya. 2008. *Streptococcus agalactiae*. Yogyakarta: Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma.
- Yadzi, Rismani, Hamid, *et al.* (2007). *Electricity Generation from Cellulose by Rumen Microorganisms in Microbial Fuel Cells*. Biotechnology and Bioengineering. DOI 10.1002/bit.21366.
- Zaved, H. K, *et al.* (2008). *Isolation and Characterization of Bacteria for Solid Waste Degradation Organic Manure*. KMITL sains. Tech. Tek.J.Vol.J.Vol.8 No.2 jul.-Dec. 2008,. Departement of Biotechnology and Genetic Engineering, Islamic University, Bangladesh.