

Biodiversitas bakteri dari limbah abu batubara asal Pabrik Minyak Goreng di Kumai, Kalimantan Tengah

Bacterial biodiversity of coal ash waste from industrial cooking oil in Kumai, Central Kalimantan

LIA YULISTIA^{1,*}, MUNAWAR^{2,**}, HARY WIDJAJAJANTI^{3,***}

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir 30662, Sumatera Selatan. Tel. +62-711-580056, Fax. +62-711-580268, *email: liayulistia23@gmail.com, ** munawar1968@gmail.com, *** haryunsri@yahoo.com

Manuskrip diterima: 30 Mei 2015. Revisi disetujui: 22 Juni 2015.

Abstrak. Yulistia L, Munawar, Widjajanti H. 2015. Biodiversitas bakteri dari limbah abu batubara asal pabrik minyak goreng di Kumai, Kalimantan Tengah. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1302-1306*. Penelitian ini mengenai biodiversitas bakteri dari limbah abu batubara asal pabrik minyak goreng di daerah Kumai Kalimantan tengah pada medium dengan sumber karbon glukosa, sukrosa, pati, manitol dan asam asetat, penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2014-Februari 2015, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui keanekaragaman bakteri yang berada pada limbah abu batubara, yang diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan pengolahan limbah abu batubara secara biologis agar ramah lingkungan. Tahapan kerja pada penelitian ini meliputi, isolasi, karakterisasi, identifikasi, perhitungan jumlah kepadatan sel bakteri, dan perhitungan indeks keanekaragaman bakteri yang terdapat pada limbah abu batubara. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu 45 isolat bakteri yang berasal dari lima sumber karbon yang digunakan, dan diketahui 45 isolat bakteri tersebut termasuk kedalam 3 genera bakteri diantaranya *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp., dan *Nisseria* sp. Dimana indeks keanekaragaman bakteri tertinggi berasal dari media dengan sumber karbon sukrosa yaitu 2,35, asetat tinggi 1,63, pati tinggi 1,27, glukosa sedang 1,07, dan manitol sedang 1,00. Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini yaitu sumber karbon yang paling baik digunakan untuk menumbuhkan bakteri dari limbah abu batubara yaitu sukrosa, genera bakteri yang didapat pada tahap identifikasi yaitu *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp., dan *Nisseria* sp.

Kata kunci: Bakteri, limbah abu batubara, Kumai, Kalimantan Tengah

Abstract. Yulistia L, Munawar, Widjajanti H. 2015. Bacterial biodiversity of coal ash waste from industrial cooking oil in Kumai, Central Kalimantan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1302-1306*. The research has studied the biodiversity of bacteria in coal ash waste from palm oil manufactory in Kumai, Central Kalimantan on medium with carbon source glucose, sucrose, starch, mannitol and acetic acid. The research was conducted in November 2014-February 2015, at the Laboratory of Microbiology Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, South Sumatra. The purpose of this research is to determine the bacterial diversity that is at waste coal ash, which is expected to be the basis for the development of coal ash waste processing biologically so environmentally friendly. This research was conducted through several phases, namely, isolation, purification, selection, characterization, identification, calculation of the amount of bacterial cell density and diversity index calculations bacteria contained in waste coal ash. The results obtained in this study is 45 bacterial isolates from five sources of carbon used, and 45 of the bacterial isolates included into three genera of bacteria namely *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp. and *Nisseria* sp. The highest diversity index of bacterially derived from medium with a carbon source from sucrose 2.35; then 1.63 high from acetate acid, 1.27 high from starch, 1.07 and 1.00 moderately from glucose and mannitol. The conclusion of this research is the best carbon source used to grow bacteria from waste coal ash is sucrose; genera of bacteria obtained at the stage of identification that is *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp. and *Nisseria* sp.

Keywords: Bacteria, coal ash waste, Kumai, Central Kalimantan

PENDAHULUAN

Abu batubara merupakan produk hasil pembakaran batubara yang digunakan untuk menghasilkan energi panas, abu batubara dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu abu dasar batubara (*bottom ash*) dan abu terbang batubara (*fly ash*) (Munir 2008). Abu batubara memiliki sifat fisik seperti butiran semen halus, keadaan fisik dari abu batubara

tersebut dapat membuat abu batubara menjadi ancaman kesehatan untuk masyarakat dan lingkungan sekitar tempat pembakaran batubara. Abu batubara yang dihasilkan dari proses pembakaran boiler memiliki sifat seperti debu membuat abu batubara menjadi ancaman bagi kesehatan makhluk hidup dan lingkungan, karena abu batubara dapat mengakibatkan penyakit yang terkait dengan pernapasan, seperti infeksi saluran pernafasan, asma, bronchitis dan radang paru-paru (Fiyanto et al. 2010), disamping itu abu

batubara yang terbang terbawa angin juga dapat mengakibatkan pencemaran udara, dan jika terkena air hujan maka abu batubara akan larut dan akan mengalir ke lingkungan perairan yang dapat mencemari lingkungan akuatik (Laela 2012).

Abu batubara mengandung sebagian besar unsur logam yang melebihi batas yang telah ditentukan, dan kandungan unsur karbon anorganik yang tinggi, berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 abu batubara dikategorikan kedalam limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun), dan menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 2 Tahun 2008, limbah B3 harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Kandungan limbah abu batubara yang miskin akan unsur hara makro dan mikro, membuat sedikitnya kemungkinan untuk dapat menjadi tempat pertumbuhan bagi mikroorganisme khususnya bakteri, yang sebenarnya kehadiran bakteri pada kondisi tercemar sangat baik yaitu sebagai agen bioremediasi, atau agen penurunan kandungan logam berbahaya pada limbah abu batubara.

Bakteri ada yang bersifat toleran maupun sensitif terhadap lingkungan tercemar logam, bakteri yang memiliki kisaran toleransi yang luas memiliki penyebaran yang luas dan pertahanan baik dikondisi tercemar. Sebaliknya bakteri yang memiliki kisaran toleransi sempit (sensitif) maka penyebarannya juga sedikit. Bakteri yang memiliki toleran lebih tinggi terhadap lingkungan tercemar logam maka tingkat kelangsungan hidupnya akan semakin tinggi (Syamsurizal 2011). Tingkat pencemaran limbah abu batubara terhadap lingkungan tanah dapat dilihat dengan mengidentifikasi bakteri yang terdapat di wilayah tersebut, semakin banyak jenis bakteri yang terdapat di limbah abu batubara maka semakin menurun kadar pencemarnya, hal tersebut dikarenakan bakteri yang mampu hidup di lingkungan tercemar yang berasal dari abu batubara mampu memanfaatkan kandungan dari limbah abu batubara tersebut sebagai bahan nutrisi untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu tingkat keanekaragaman bakteri yang terdapat pada limbah abu batubara penting untuk diketahui sebagai dasar untuk pengembangan metode pengolahan limbah abu batubara secara biologis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks keanekaragaman bakteri yang terdapat didalam limbah abu batubara dan mengetahui tingkat kekerabatan masing-masing isolat terhadap genera yang sesuai berdasarkan buku Cowan et al. (1997).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan November 2014 s.d. Februari 2015. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya Inderalaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Sedangkan pengambilan sampel dilakukan di pabrik minyak goreng Kecamatan Kumai, Kabupaten Kota Waringin Barat, Kalimantan Barat.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: alat tulis, autoklaf, bunsen, cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, *hot plate*, inkubator, jarum ose, kaca objek, kantong plastik, kertas cakram, *magnetic stirrer*, mikroskop, pipet serologi, pipet tetes, rak tabung reaksi, spatula, tabung durham, tabung reaksi, spidol, timbangan analitik, dan *vortex*.

Bahan yang dibutuhkan adalah alkohol 70% dan 95%, akuades, beberapa jenis karbon; glukosa, sukrosa, pati, manitol dan asam asetat, garam fisiologis (NaCl 0,85%), iodin, kristal violet, *malachite green*, medium *Methyl Red-Voges Proskauer* (MR-VP) broth, medium *Nutrient Agar* (NA), medium *Nutrient Broth* (NB), medium mineral salts agar (MSA), medium mineral salt (MS), Nutrient glatin, medium *Simons Citrate* (SC), medium *semi solid* (SS), medium TSIA, reagen kovac's, dan sampel abu batubara.

Cara kerja

Proses pengayaan menggunakan berbagai macam sumber karbon

Proses pengayaan menggunakan berbagai macam sumber karbon yaitu dengan cara medium MS broth modifikasi ditambah dengan glukosa 5 g, sukrosa 9,5 g, pati 6,3 g, manitol 5,1 g, dan asam asetat 1,15 g pada masing-masing erlenmeyer. Selanjutnya pada erlenmeyer yang masing-masing telah berisi medium MS yang telah dimodifikasi dimana yeast ekstrak diganti dengan kelima sumber karbon yang digunakan, Diambil 5 g sampel abu batubara dimasukkan kedalam masing-masing erlenmeyer yang telah berisi 45 ml medium MS modifikasi. Selanjutnya medium yang telah berisi sampel abu batubara di inkubasi pada suhu kamar dan di kocok dengan menggunakan *rotary shaker* pada kecepatan 120 rpm, hal ini dilakukan selama 10 hari (modifikasi dari Benson 2001)

Isolasi dan pemurnian

Isolasi bakteri. Masing-masing 6 erlenmeyer yang telah di *rotary shaker* selama 10 hari, dilakukan seri pengenceran dengan cara mengambil larutan sebanyak 1 ml dimasukkan kedalam 9 ml larutan NaCl 0,85% dan seterusnya sampai diperoleh seri pengenceran 10^{-1} sampai dengan 10^{-6} , kemudian dari masing-masing pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} diambil 0,1 ml dan dituangkan dalam petridish yang telah berisi medium MSA yang telah dimodifikasi dengan mengganti yeast ekstrak dengan sumber karbon yang sesuai dengan sumber karbon pada medium sebelumnya, dihomogenkan dengan membentuk angka delapan, kemudian diinkubasi pada suhu kamar (27°C - 28°C) cara ini dilakukan dengan metode *pour plate* (modifikasi dari Tortora 2001).

Pemurnian. Koloni yang tumbuh dengan ciri yang berbeda pada setiap medium modifikasi dimurnikan dengan cara digoreskan (*streak plate*) menggunakan jarum ose pada medium NA steril dalam cawan petri, kemudian diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu kamar. Teknik ini dilakukan secara berulang kali sampai diperoleh koloni yang tumbuh terpisah dan memiliki ciri yang sama dan hanya terdapat 1 jenis saja sebagai indikasi awal koloni yang murni, isolat kemudian ditumbuhkan ke dalam medium NA agar miring untuk stok isolat bakteri (modifikasi dari Jutono et al. 1973).

Karakterisasi morfologi sel dan biokimia bakteri

Proses karakterisasi morfologi sel dilakukan dengan pewarnaan gram, pewarnaan endospora, dan uji Motilitas. Karakterisasi biokimia bakteri yang dilakukan diantaranya, uji kebutuhan oksigen, uji hidrolisis gelatin, uji methyl Red, uji Voges Proskauer, uji H₂S dan Pembentukan Gas, uji urease, uji gelatinase, uji fermentasi glukosa, sukrosa dan manitol.

Identifikasi bakteri dari limbah abu batubara

Isolat bakteri yang didapat dikelompokkan dan dicocokkan dengan kelompok bakteri yang memiliki kekerabatan pada buku Cowan et al. (1997). Kemudian dilakukan penentuan kekerabatan atau kesamaan dengan menghitung koefisien korelasi Pearson. Berdasarkan analisis tersebut akan diketahui kekerabatan antara isolat dengan genera yang diperoleh dalam bentuk dendrogram, hal tersebut dilakukan dengan menggunakan program *software statistic 8*.

Perhitungan indeks keanekaragaman bakteri dari limbah abu batubara (H')

Untuk menghitung Indeks Keanekaragaman (H') jenis dihitung menurut Shannon-Weaver dalam Krebs (1989), sebagai berikut :

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) + \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

dimana :

H' = Indeks Keanekaragaman

n_i = Jumlah individu setiap jenis

N = Jumlah individu seluruh jenis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi bakteri dari limbah abu batubara

Berdasarkan hasil isolasi didapatkan 45 isolat bakteri yang berasal dari limbah abu batubara yang bersumber dari lima karbon yang digunakan yaitu glukosa 6 isolat, sukrosa 18 isolat, pati 7 isolat, manitol 6 isolat dan asam asetat 15 isolat. 45 isolat bakteri dimana jumlah isolat yang didapat dari media dengan sumber karbon glukosa sebanyak 6 isolat, dari sumber karbon sukrosa sebanyak 18 isolat, dari sumber karbon pati 7 isolat, dari sumber karbon manitol 6 isolat dan dari sumber karbon asam asetat 15 isolat. Isolat yang didapat pada medium dengan berbagai macam sumber karbon tersebut beberapa diantaranya memiliki karakteristik yang sama sehingga dapat dikatakan adanya kesamaan antar isolat yang didapat hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada Tabel 1. Berdasarkan hasil yang didapat diketahui hanya 10 isolat bakteri yang memiliki karakteristik yang sama, sehingga jumlah isolat yang didapat hanya 10 isolat saja. 10 isolat bakteri yang didapat ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1. jumlah isolat yang didapat dari sumber karbon sukrosa merupakan yang paling banyak, hal tersebut dikarenakan sumber karbon sukrosa merupakan

sumber karbon yang cocok untuk pertumbuhan bakteri yang berada pada limbah abu batubara, menurut penelitian Sukenda et al. (2006) penambahan karbon berupa sukrosa kedalam media kultur terbukti efektif mempercepat pertumbuhan bakteri total secara umum, dan tidak menghambat pertumbuhan bakteri itu sendiri.

Perbedaan jumlah isolat yang didapat pada masing-masing media dipengaruhi oleh sifat dari sumber karbon yang digunakan, Glukosa, sukrosa, pati, manitol dan asam asetat merupakan bahan organik yang berfungsi sebagai sumber karbon (C) dalam metabolisme sel bakteri, namun dalam metabolisme kelima sumber karbon tersebut dibutuhkan enzim-enzim spesifik yang mampu bekerja spesifik untuk dapat mengubah substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana agar dapat dimanfaatkan dengan baik, menurut Groudev et al. (2001), karbon berperan selain sebagai donor elektron selama aktivitas metabolik dalam sel juga berperan sebagai bahan penyusun sel bakteri tersebut Sehingga dengan demikian keberadaan sumber karbon di lingkungan ataupun didalam medium pertumbuhan bakteri sangat mempengaruhi aktifitas populasi bakteri.

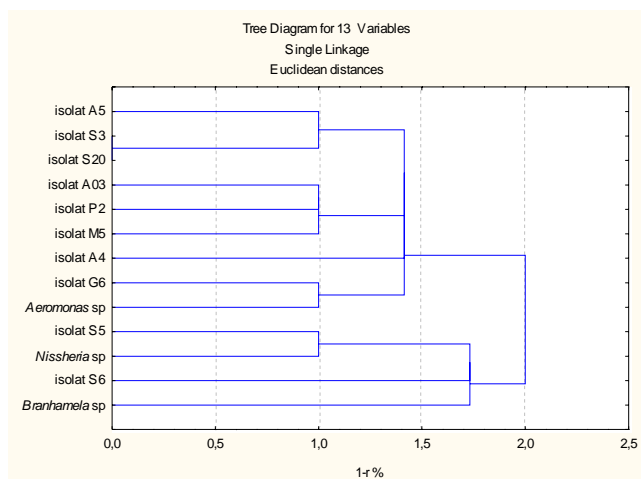
Identifikasi bakteri yang berasal dari limbah abu batubara

Berdasarkan hasil karakteristik morfologi, uji biokimia dan dendrogram maka diketahui bahwa 10 isolat bakteri di kelompokkan pada bakteri bentuk *coccus*, gram negatif, dan tidak ada endospora, dan berdasarkan pencocokan hasil karakteristik semua isolat, didapatkan tiga jenis genera yang kriterianya mendekati sama dengan isolat yang di dapat, ketiga jenis genera tersebut yaitu *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp., dan *Neisseria* sp., hasil dendrogram dari 10 isolat bakteri yang didapat, disajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1. hasil dendrogram diketahui bahwa isolat A03, S3, M5 A5, P2 dan S20 memiliki kemiripan kekerabatan sedang dengan genus *Aeromonas* sp., isolat A4 memiliki kemiripan tinggi dengan genus bakteri *Aeromonas* sp., isolat isolat S6 memiliki kemiripan sedang dengan genus *Branhamella* sp., isolat S5 memiliki kemiripan sedang dengan genus *Neisseria* sp. sedangkan isolat G6 memiliki kemiripan sempurna terhadap genus bakteri *Aeromonas* sp. Dengan demikian berdasarkan hasil dendrogram, dan nilai koefisien korelasi pearson dapat disimpulkan bahwa dari 10 isolat bakteri. 8 isolat (G6, S20, S3, P2, M5, A03, A4, A5) memiliki keeratn hubungan dengan genus *Aeromonas* sp., 1 isolat (S6) memiliki keeratn hubungan dengan genus *Branhamella* sp., dan 1 isolat (S5) memiliki keeratn hubungan dengan genus *Neisseria* sp.

Tabel 1. Jumlah isolat yang memiliki karakteristik yang berbeda

Sumber karbon	Jumlah isolat bakteri	Jumlah isolat bakteri dengan karakteristik berbeda	Kode isolat
Glukosa	6	1	G6
Sukrosa	18	4	S6, S5, S20, S3
Pati	7	1	P2
Manitol	6	1	M5
Asam asetat	15	3	A03, A4, 45
Jumlah	45	10	



Gambar 1. Dendrogram hasil kekerabatan 10 isolat bakteri

Tabel 2. Indeks keanekaragaman bakteri (H')

Sumber karbon	Indek keragaman (H')
Glukosa	1,07
Sukrosa	2,35
Pati	1,27
Manitol	1,00
Asam asetat	1,63

Sebanyak 10 isolat bakteri murni yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari sampel limbah abu batubara, menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu beradaptasi pada kondisi sampel abu batubara yang mengandung logam berat pencemar dan unsur anorganik lainnya. Namun berdasarkan hasil identifikasi menunjukkan bahwa genera yang didapat tidak beranekaragam, hal ini diduga karena keterbatasan unsur makro dan mikro yang terkandung didalam limbah abu batubara tersebut. Widyati (2006) telah mengidentifikasi bakteri dari tanah bekas pertambangan batubara, yang mempunyai kandungan unsur hara makro rendah dan unsur hara mikro seperti logam berat yang tinggi, dari hasil isolasi pada sampel tersebut hanya sedikit sekali jumlah mikroba indigen yang ditemukan. Keterbatasan unsur hara makro inilah yang menyebabkan hanya bakteri tertentu saja yang dapat hidup pada kondisi lingkungan tersebut. Sutarma (2000) menyatakan bahwa bakteri dapat tumbuh dan berkembang pada medium yang mengandung nutrisi berupa sumber karbon, nitrogen, kalium, belerang, fosfat, logam mikro, vitamin, penyubur, NaCl dan air, ketersediaan unsur hara makro dan mikro sangat diperlukan oleh mikroba untuk menyusun sel-sel tubuhnya.

Indeks keanekaragaman bakteri dari limbah abu batubara

Indeks keanekaragaman bakteri pada medium dengan sumber karbon yang berbeda disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa indeks keanekaragaman pada medium dengan sumber karbon glukosa 1,07 pada medium dengan sumber karbon sukrosa

2,35 pada medium dengan sumber karbon pati 1,27 pada medium dengan sumber karbon manitol 1,00 dan pada medium dengan sumber asam asetat 1,63. Hardjosuwarno (1990) menyatakan bahwa indeks keanekaragaman (H') terdiri dari beberapa kriteria, yaitu: jika (H') lebih dari 3,0 menunjukkan keanekaragaman sangat tinggi, jika nilai (H') sebesar 1,6-3,0 menunjukkan keanekaragaman tinggi, jika nilai (H') sebesar 1,0-1,5 menunjukkan keanekaragaman sedang. Menurut hasil yang didapat diketahui bahwa medium dengan sumber karbon sukrosa, pati, dan asam asetat memiliki indeks keanekaragaman tinggi, sedangkan medium dengan sumber karbon glukosa dan manitol memiliki indeks keanekaragaman sedang. Keanekaragaman yang tinggi menunjukkan penyebaran jumlah individu tiap jenis yang tinggi dan kestabilan juga tinggi.

Berdasarkan hasil isolasi, identifikasi dan perhitungan indeks keanekaragaman bakteri dari limbah abu batubara, diperoleh kesimpulan bahwa didapat 45 isolat bakteri yang berasal dari lima sumber karbon yang digunakan, dan diketahui 45 isolat bakteri tersebut termasuk kedalam 3 genera bakteri diantaranya *Aeromonas* sp., *Branhamella* sp., dan *Nisseria* sp. Indeks keanekaragaman bakteri tertinggi berasal dari media dengan sumber karbon sukrosa yaitu 2,35, asetat tinggi 1,63, pati tinggi 1,27, glukosa sedang 1,07, dan manitol sedang 1,00. Dan 10 isolat bakteri yang memiliki karakteristik yang berbeda 8 diantaranya termasuk kedalam genera *Aeromonas* sp., 1 isolat termasuk kedalam genera *Branhamella* sp. dan 1 isolat termasuk kedalam genera *Nisseria* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Sinar Alam Permai (SAP) Kumai Kalimantan Tengah dan Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang yang telah memfasilitasi tahapan pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Benson HJ. 2002. Microbiological Application: Laboratory Manual in General Microbiology. 8th ed. Nort America.
- Cowan ST, Holt JG, Liston J, Murray RGE, Niven CF, Ravin AW, Stainer RY. 1997. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th edition. The Williams and Wilkins. USA
- Fiyanto A, Mulaika H, Hidayati N, Shahab N, Guerrero L. 2010. Batubara Mematikan Bagaimana rakyat Indonesia membayar mahal untuk bahan bakar terkotor di dunia. [Laporan Hasil Pengamatan]. Greenpeace Asia Tenggara, Jakarta.
- Groudev SN, Komnitsas K, Spasova II, Paspaliaris I. 2001. Treatment of AMD by a natural wetland. Adv Mater Res 20 (21): 248-257.
- Hardjosuwarno S. 1990. Dasar-Dasar Ekologi Tumbuhan. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Jutono J, Soedarsono, Hartadi S, Susanto. 1973. Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum Untuk Perguruan Tinggi. Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Laela NR. 2012. Sintesis Zeolit dari Abu Dasar Batubara Dengan Metode Peleburan-Hidrotermal Dan Uji Adsorpsi Terhadap Rhodamin B. [Disertasi]. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Munir M. 2008. Pemanfaatan Abu Batubara (*fly ash*) Untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan. [Disertasi]. Universitas Diponegoro, Semarang.

- Purwaningsih S. 2005. Isolasi, Populasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah pada Daerah Perakaran dan Tanah dari Bengkulu Sumatera. Pusat Penelitian Biologi LIPI. Bogor.
- Sukenda, Hadi P, Harris E. 2006. Pengaruh pemberian sukrosa sebagai sumber karbon dan probiotik terhadap dinamika populasi bakteri dan kualitas air medium budidaya udang vaname *Litopenaeus vannamei*. *Akuakultur Indonesia* 5 (2): 179-190.
- Sutarma. 2000. Kultur Medium Bakteri. Artikel Temu Teknis Fungsional Non Penelitian. Balai Penelitian dan Veteriner, Bogor.
- Syamsurizal. 2011. Studi Beberapa Indeks Komunitas Makrozoobenthos di Hutan Mangrove Kelurahan Coppo Barru. [Disertasi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Tortora GJ, Berdell RF, Christine LC. 2001. *Microbiology: An Introduction* 7th ed. Benjamin Cummings. New York.
- Widyati E, Hazra F. 2006. Bioremediasi Tanah Bekas Tambang Batubara Dengan Sludge Industri Kertas Untuk Memacu Revegetasi Lahan. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.