

BIOAUGMENTASI AIR TERCEMAR LIMBAH MERKURI DI KRUENG SABEE ACEH JAYA MENGGUNAKAN ISOLAT *BACILLUS* DA11

Syarifah Renny Fauzi, Cut Meutia, Rahayu Ansya Fitri,
Rahmad Danil, Yeni Arista, Fikrinda

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

ABSTRAK

Merkuri adalah logam berat yang dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan dan yang paling fatal dapat menyebabkan kematian terhadap makhluk hidup. Permasalahan limbah merkuri khususnya di Provinsi Aceh terjadi melalui kegiatan penambangan emas ilegal sejak 2007, yang berdampak pada matinya ribuan spesies ikan di Sungai Krueng Sabee. Pemanfaatan bakteri resisten merkuri (BRM) seperti *Bacillus* dalam proses bioremediasi dapat mengurangi bahaya pencemaran tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melihat Bakteri *Bacillus* DA11 yang diaplikasikan pada air sungai tercemar limbah merkuri, untuk mengetahui pengaruh Bakteri *Bacillus* DA11 dalam bioaugmentasi limbah merkuri di Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap RAL-Faktorial. Terdapat dua faktor yang diteliti yaitu *Bacillus* DA11 (tanpa Inokulan, 10% Inokulan, dan 20% Inokulan) dan faktorlokasi pengambilan sampel air sungai tercemar merkuri (hulu, median dan hilir). Percobaan dilakukan dengan tiga ulangan sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Pada setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) diambil sampel air sebanyak 4,5 liter dan dianalisis kadar merkuri awal di Laboratorium MIPA Kimia, Universitas Syiah Kuala, dengan metode AAS. Isolat *Bacillus* DA11 diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Parameter yang diamati berupa kadar merkuri, pH air, dan suhu air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa pemberian *Bacillus* berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan kadar merkuri. Pemberian populasi bakteri 20% berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan pH air sungai. Hilir sungai berpengaruh nyata terhadap peningkatan suhu air sungai, pada 24 jam setelah bioaugmentasi. hal ini disebabkan adanya bakteri indigen yang terdapat pada air sungai yang berfungsi mereduksi merkuri pada air sungai tersebut, sehingga dalam hal ini faktor lingkungan mempengaruhi reduksi merkuri.

Kata kunci: Bioaugmentasi, Merkuri, *Bacillus* DA11, Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya

PENDAHULUAN

Merkuri adalah logam berat yang dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan dan dapat menyebabkan kematian terhadap makhluk hidup. Logam ini berada di lingkungan dalam berbagai bentuk dan $HgCl_2$ merupakan bentuk yang mudah terikat dalam tubuh manusia yang dapat menyebabkan hilangnya fungsi metabolisme dalam tubuh. Selain $HgCl_2$, senyawa merkuri organik khususnya metil merkuri dan fenil merkuri juga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan mempunyai tingkat mobilitas yang sangat tinggi dibandingkan Hg^0 dan $HgCl_2$ (Rasmussen *et al.*, 2008).

Di Indonesia saat ini permasalahan merkuri semakin berkembang dengan meningkatnya aktivitas penambangan emas ilegal yang dilakukan oleh masyarakat atau industri kecil khususnya yang berada di Sumatra dan Kalimantan. Pembuangan limbah merkuri dilakukan secara ilegal pada sungai-sungai atau tanah di sekitar tempat dilakukannya penambangan emas, sehingga menimbulkan dampak pencemaran pada lingkungan tersebut. Selain industri

penambangan emas, beberapa industri lain juga menggunakan bahan merkuri seperti lampu, alat ukur seperti termometer, dan amalgam tambal gigi.

Permasalahan limbah merkuri di Provinsi Aceh terjadi sejak tahun 2007 dengan adanya kegiatan penambangan emas ilegal seperti yang terjadi di Krueng Sabee. Akibat dari penambangan emas ilegal ini telah menimbulkan menyebabkan dampak pencemaran air yang terjadi di Krueng Sabee. Yang matinya ribuan spesies ikan di Sungai Krueng Sabee yang tercemar oleh bahan merkuri dan sianida (Rini, 2014).

Upaya penanganan pencemaran dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah bioremediasi. Bioaugmentasi merupakan salah satu usaha untuk detoksifikasi merkuri yang dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme resisten merkuri seperti bakteri resisten merkuri, BRM dapat mereduksi merkuri dengan mengubahnya dari senyawa toksik menjadi tidak toksik sehingga dapat mengurangi dampaknya terhadap lingkungan (Silver and Phung, 1998). Dalam penelitian ini penulis tertarik menggunakan Bakteri *Bacillus* DA11 sebagai agensia hayati untuk proses bioaugmentasi limbah merkuri yang terdapat pada sungai Krueng Sabee yang terletak di Aceh Jaya.

Bacillus merupakan bakteri yang berpotensi sebagai agen bioremediasi (Zulaika dan Sembiring, 2014). Menurut Pignatelli (2009) bakteri ini memiliki jumlah dan keanekaragaman yang tinggi, yang dapat ditemukan pada lingkungan perairan tawar, perairan asin, tanah, tanaman, hewan dan udara bahkan di lingkungan ekstrim seperti lingkungan tercemar merkuri (Kafilzadeh dan Mirzaei, 2008). Eksplorasi *Bacillus* yang merupakan BRM telah dilakukan di perairan yang tercemar merkuri seperti sungai di Iran (Kafilzadeh dan Mirzaei, 2008), perairan pantai India (Kamala dan Krishnamoorthy, 2006; De dan Ramaiah, 2007), di Indonesia, eksplorasi *Bacillus* telah dilakukan di sungai Cisadane Banten (Badjoeri, 2008), sungai sargon kuloprogo Yogyakarta (Suheriyanto *et al.*, 2008), sungai kalimas Surabaya (Zulaika *et al.*, 2011). Menurut Chojnacka (2010), bakteri yang diisolasi dari lingkungan yang tercemar logam berat mempunyai resistensi terhadap logam berat yang ada di sekitarnya.

Sehubungan dengan latar belakang tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh bioaugmentasi dengan menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai tercemar limbah merkuri di Krueng Sabe.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu Februari sampai Juli 2016.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air sungai yang tercemar merkuri dari Krueng Sabee, Aceh Jaya sebanyak 13,5 liter, isolat *Bacillus* DA11 yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Nutrient Broth sebanyak 20 gr, aquades, alkohol 70% dan spirtus. Alat yang digunakan yaitu bioreaktor, jerigen sebagai wadah sampel air tercemar, erlenmeyer, petridish, mikro pipet, tabung reaksi, jarum ose, gelas ukur, beaker glass, autoclave, inkubator, sentrifuse, thermometer, dan pH meter.

Rancangan percobaan

Pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap RAL-Faktorial dengan dua faktor yang diteliti. Faktor pertama adalah inokulan *Bacillus* DA11 (tanpa inokulan, 10% inokulan, dan 20% inokulan) sedangkan faktor kedua adalah lokasi pengambilan sampel air sungai tercemar (hulu, median dan hilir). Percobaan dilakukan dengan tiga ulangan, sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Susunan perlakuannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Bioaugmentasi *Bacillus* terhadap Air Sungai Tercemar Merkuri

No.	Perlakuan	Populasi Bakteri	DAS Krueng Sabee
1.	B1A1	Tanpa	Hulu
2.	B1A2	Tanpa	Median
3.	B1A3	Tanpa	Hilir
4.	B2A1	10%	Hulu
5.	B2A2	10%	Median
6.	B2A3	10%	Hilir
7.	B3A1	20%	Hulu
8.	B3A2	20%	Median
9.	B3A3	20%	Hilir

Model matematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + c + t_j + (\beta\tau)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = Nilai pengamatan untuk faktor *Bacillus* level ke-i, faktor DAS Krueng Sabee level ke-j dan ulangan ke-k

μ = Rata-rata umum

β_i = Pengaruh faktor *Bacillus* level ke-i = 1,2,3

t_j = Pengaruh faktor DAS Krueng Sabee level ke-j = 1,2,3

$(\beta\tau)_{ij}$ = Interaksi *Bacillus* dengan DAS Krueng Sabee pada *Bacillus* ke-i, DAS Krueng Sabee ke-j

ϵ_{ijk} = Galat percobaan untuk faktor *Bacillus* level ke-i, faktor DAS Krueng Sabee ke-j dan ulangan ke-k

Analisis data dilakukan dengan uji F, apabila menunjukkan pengaruh yang nyata maka analisis dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf 5 % ($BNT_{0,05}$).

METODE PELAKSANAAN

Pengambilan dan penyiapan sampel

Sampel air sungai diambil dari daerah hulu, median, dan hilir pada daerah aliran Sungai (DAS) Krueng Sabee, Aceh Jaya masing-masing sebanyak 4,5 liter sehingga total air tercemar merkuri yang akan diambil sebanyak 13,5 liter sampel. Sampel tersebut dianalisis kadar merkuri awal di Laboratorium MIPA Kimia, Universitas Syiah Kuala, dengan metode AAS.

Peremajaan Isolat *Bacillus*

Isolat *Bacillus* DA11 diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Isolat tersebut diperbanyak dengan mengambil satu ose *Bacillus* dari media agar miring (kultur stok) dan ditanam dalam media Nutrient Agar yang mengandung $HgCl_2$ $1mgL^{-1}$ dengan volume total 100 ml. Isolat tersebut diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu di ambil satu ose *Bacillus* dari hasil perbanyakan,

kemudian ditanam dalam media Nutrient Broth yang mengandung $7 \text{ mgL}^{-1} \text{ HgCl}_2$ dengan volume total 700 ml, kemudian diinkubasi kembali selama 24 jam menggunakan orbital shaker sebelum dilakukan bioaugmentasi agar *Bacillus* dapat mengalami fase lag. Pada fase ini isolat *Bacillus* mulai melakukan mekanisme adaptasi terhadap merkuri.

Biougmentasi *Bacillus* untuk Merduksi Merkuri

Sample air tercemar dari hulu, median, dan hilir DAS Krueng Sabee dimasukkan ke dalam bioreaktor sebanyak 500 ml pada masing-masing perlakuan, dan diberikan *Bacillus* sesuai perlakuan. Kultur diinkubasi selama 24 jam, setelah itu diteteskan H_2SO_4 pada setiap perlakuan sebanyak 2 tetes untuk menghentikankerja *Bacillus*, lalu dibawa ke laboratorium Baristan untuk dianalisis kandungan Hg akhir setelah proses bioaugmentasi.

Parameter

- Kadar merkuri pada air tercemar setelah dilakukannya proses bioremediasi. Analisis dilakukan di Laboratorium MIPA Kimia, Universitas Syiah Kuala, dengan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).
- pH Air dilakukan pada 0 jam dan 24 jam setelah aplikasi *Bacillus* dengan menggunakan pH meter.
- Suhu air dilakukan pada 0 jam, 12 jam dan 24 jam setelah aplikasi *Bacillus* dengan menggunakan Thermometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Awal Merkuri Pada Air Sungai

Setelah dilakukan pengambilan sampel air sungai tercemar merkuri di Krueng Sabee, Aceh jaya pada hulu, median, dan hilir sungai, dilakukan pengecekan kandungan merkuri awal di Laboratorium MIPA Kimia Universitas Syiah Kuala dan diperoleh hasil analisis awal, yang tertera pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil Analisis Awal Kandungan Merkuri Pada Air Sungai Krueng Sabee

No.	DAS	Hasil Analisis Hg (Ppb)
1.	Hulu	0,2223
2.	Median	0,2117
3.	Hilir	0,2012

Sumber : Laboratorium MIPA Kimia, Universitas Syiah Kuala (2016)

Ket : *Ppb = Part per billion.

Dari hasil analisis Hg dengan menggunakan metode AAS di Laboratorium MIPA Kimia, Universitas Syiah Kuala, diperoleh data bahwa Sungai Krueng Sabee yang terletak di Aceh Jaya sudah tercemar dengan merkuri yang dihasilkan dari pengolahan emas yang dilakukan masyarakat sekitar, kadar pencemaran tertinggi yaitu terdapat pada hulu sungai.

Pengaruh Bioaugmentasi *Bacillus* DA11 Terhadap Kadar Merkuri

Hasil uji F dari hasil analisis merkuri setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada lampiran 3 dan 4 menunjukkan bahwa *Bacillus* DA11 berpengaruh sangat nyata terhadap kadar merkuri air sungai. Nilai rata – rata hasil analisis akhir kadar merkuri pada air sungai Krueng Sabee dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Akhir Kandungan Merkuri Pada Air Sungai Krueng Sabee

Perlakuan	Rerata
Tanpa <i>Bacillus</i>	1,27a
10 % inokulan	13,69b
20% inokulan	13,94b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Uji BNT_{0,05}).

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata – rata kadar merkuri setelah di bioaugmentasi, terendah dimiliki oleh tanpa pemberian *Bacillus* yang berbeda nyata terhadap populasi bakteri 10% dan 20%. Perlakuan kontrol berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada air sungai, diduga karena adanya bakteri indigen yang berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada air sungai tersebut, sehingga pada hal ini faktor lingkungan yang mempengaruhinya.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kotala *et al.*, (2014), bahwa bakteri yang ditemukan di Sedimen pabrik pengolahan emas di Desa Waekerta Kabupaten Buru, Provinsi Maluku adalah *Bacillus sp* dan *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus sp* mampu mengurangi HgCl₂ sebesar 98,7% dan *Aeromonas hydrophila* mampu mengurangi HgCl₂ sebesar 98,33%.

Pengaruh Bioaugmentasi *Bacillus* DA11 Terhadap pH Air Sungai

Hasil uji F dari pH pada 0 jam setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada tabel analisis sidik ragam (Lampiran 5 dan 6) menunjukkan bahwa *Bacillus* yang diuji tidak berpengaruh nyata pada parameter pH air sungai. Nilai rata – rata tolak ukur pH air sungai dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. pH Air Sungai Pada 0 Jam Setelah Bioaugmentasi

B	Jumlah Hasil (BA)			Rata-rata B
	Hulu	Median	Hilir	
Tanpa <i>Bacillus</i>	18,38	18,32	18,50	6,13
10 % inokulan	18,33	18,60	18,44	6,15
20% inokulan	18,45	18,44	18,48	6,15
Rata-rata A	6,13	6,15	6,16	

Hasil uji F dari pH pada 24 jam setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada tabel analisis sidik ragam (Lampiran 7 dan 8) menunjukkan bahwa *Bacillus* yang diuji berpengaruh sangat nyata pada parameter pH air sungai. Nilai rata – rata tolak ukur pH air sungai dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. pH Air Sungai Pada 24 Jam Setelah Bioaugmentasi

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa <i>Bacillus</i>	6,31a
10 % inokulan	7,63b
20% inokulan	7,76b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Uji BNT_{0,05}).

Tabel 5 menunjukkan bahwa rata – rata pH air sungai pada 24 jam setelah di bioaugmentasi, tertinggi dimiliki oleh populasi bakteri 20% dan diikuti oleh populasi bakteri 10% yang tidak berbeda nyata. Tanpa pemberian *Bacillus* berbeda nyata terhadap populasi bakteri 10% dan 20%. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas *Bacillus* pada air sungai sehingga berpengaruh pada naiknya pH air sungai, pada perlakuan B1 air sungai cenderung masam, kemudian pada perlakuan B2 dan B3 menjadi netral.

Pengaruh Bioaugmentasi *Bacillus* DA11 Terhadap Suhu Air Sungai

Hasil uji F dari suhu pada 0 jam setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada tabel analisis sidik ragam (Lampiran 9 dan 10) menunjukkan bahwa *Bacillus* yang diuji tidak berpengaruh nyata pada parameter suhu air sungai. Nilai rata - rata tolak ukur suhu air sungai dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Suhu Air Sungai Pada 0 Jam Setelah Bioaugmentasi

B	Jumlah Hasil (BA)			Rata-rata B
	Hulu	Median	Hilir	
Tanpa <i>Bacillus</i>	92	93	92	30,78
10 % inokulan	92	92	92	30,67
20% inokulan	90	92	92	30,44
Rata-rata A	30,44	30,78	30,67	

Hasil uji F dari suhu pada 12 jam setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada tabel analisis sidik ragam (Lampiran 11 dan 12) menunjukkan bahwa *Bacillus* yang diuji tidak berpengaruh nyata pada parameter suhu air sungai. Nilai rata - rata tolak ukur suhu air sungai dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Suhu Air Sungai Pada 12 Jam Setelah Bioaugmentasi

B	Jumlah Hasil (BA)			Rata-rata B
	Hulu	Median	Hilir	
Tanpa <i>Bacillus</i>	92	93	93	30,89
10 % inokulan	93	92	92	30,78
20% inokulan	92	93	93	30,89
Rata-rata A	30,78	30,89	30,89	

Hasil uji F dari suhu pada 24 jam setelah dilakukan bioaugmentasi menggunakan *Bacillus* DA11 terhadap air sungai, pada tabel analisis sidik ragam (Lampiran 13 dan 14) menunjukkan bahwa DAS air sungai yang diuji berpengaruh nyata pada parameter suhu air sungai. Nilai rata - rata tolak ukur suhu air sungai dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Suhu Air Sungai Pada 24 Jam Setelah Bioaugmentasi

Perlakuan	Rata-rata
Hulu	3,04a
Median	3,11ab
Hilir	3,14b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 5% (Uji BNT_{0,05}).

Tabel 8 menunjukkan bahwa rata – rata suhu air sungai pada 24 jam setelah di bioaugmentasi, tertinggi dimiliki oleh hilir yang berbeda nyata terhadap median, kemudian diikuti oleh hulu yang juga berbeda nyata. Hal ini menunjukkan setelah aplikasi *Bacillus* selama 24 jam suhu air sungai pada daerah hilir semakin meningkat, bisa terlihat pada daerah hilir suhu air sungai yaitu 3,14 kemudian diikuti daerah median dengan suhu air sungai yaitu 3,11 dan pada daerah hulu suhu air sungai yaitu 3,04. Diduga pada daerah hilir aktifitas *Bacillus* menyebabkan peningkatan suhu air sungai tersebut tersebut.

KESIMPULAN

1. Tanpa pemberian *Bacillus* berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan kadar merkuri pada air sungai.
2. Pemberian populasi bakteri 20% berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan pH air sungai menjadi netral, pada 24 jam setelah bioaugmentasi.
3. Hilir sungai berpengaruh nyata terhadap peningkatan suhu air sungai, pada 24 jam setelah bioaugmentasi, dikarenakan pengaruh aktivitas *Bacillus* yang terdapat pada sampel daerah hilir tersebut yang menyebabkan peningkatan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- Badjoeri, M. 2008. Uji Kemampuan *Bacillus megaterium* Menyerap Logam Berat Merkuri. Jurnal Kimia Mulawarman 6: 5-11.
- Chojnacka, K. 2010. Biosorption and Bioaccumulation, The Prospects For Practical Applications. Environment International 36: 299-307.
- De, J. dan N. Ramaiah. 2007. Characterization of Marine Bacteria Highly Resistant to Mercury Exhibiting Multiple Resistances to Toxic Chemicals. Ecological Indicators 7: 511-520.
- Kafilzadeh, F. dan N. Mirzaei. 2008. Growth Pattern of Hg Resistant Bacteria Isolated From Kor River in the Presence of Mercuric Chloride. Journal of Biological Sciences 11(18): 2243-2248.
- Kamala, S. dan R. Krishnamoorthy. 2006. Isolation of Mercury Resistant Bacteria and Influence of Abiotic Factors on Bioavailability of Mercury: A Case Study in Pulicat Lake North of Chennai, South East India. Science of Total Environment 367: 341-353.

- Kotala, S., R. Kawuri dan I.B.W. Gunam. 2014. The Presence of Mercury Resistant Bacteria in Sediment of Gold Processing Plant at Waekerta Village of Buru District, Maluku Province and Their Activity in Reducing Mercury. *Current World Environment* 9(2): 271-279.
- Pignatelli, M., A. Moya dan J. Tamames. 2009. a Database for Describing the Environmental Distribution of Prokaryotic Taxa. *Environ Microbiol* 1: 191-197.
- Rasmussen, L.D., C. Zawadsky, S.J. Binnerup, G. Oregaard, S.J. Sorensen, dan N. Kroer. 2008. Cultivation of Hard-To-Culture Subsurface Mercury-Resistant Bacteria and Discovery of New merA Gene Sequences, Department of Environmental Chemistry and Microbiology, National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde, Denmark, Institute of Biology, University of Copenhagen, Solvgade 83H, 1307 Copenhagen K, Denmark. *App. Environ Microbiol* 74(12): 3795-3803.
- Rini, C. 2014. Ancaman Bahaya Merkuri Mengintai Masyarakat Aceh. <http://www.mongabay.co.id/2014/09/15/ancaman-bahaya-merkuri-mengintai-masyarakat-aceh/>. Diakses Tanggal 23 April 2015.
- Silver, S. dan L.T. Phung. 1998. Bacterial Heavy Metal Resistance: New surprises. *Annu. Rev. Microbiol* 50: 753-789.
- Sinaga, A. Ma'ruf, A. 2016. Tanggapan Hasil Pertumbuhan Tanaman Jagung Akibat Pemberian Pupuk Urea, SP-36, dan KCl. *Bernas*
- Suheriyanto, E.S. Sutarto dan T.S. Djohan. 2008. Bakteri Resisten Metil-Merkuri dari Sedimen Sungai Sangon Kulon Progo. *Berkala Ilmiah Biologi* 7(2): 43-51.
- Wiyanto, G. Ma'ruf, A. Puspaningrum, E, S. 2014. Panen Rupiah dari Ladang Jahe. Bhafana Publishing
- Zulaika, E. dan L. Sembiring. 2014. Indigenous Mercury Resistant Bacterial Isolates Belong to the Genus *Bacillus* from Kalimas Surabaya as a Potential Mercury Bioreducer. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 4(1) : 72-76.
- Zulaika, E., A. Widiyanti dan M. Shovitri. 2011. Bakteri Resisten Merkuri Endogenik Hilir Kalimas Surabaya. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan SENTA 2011. Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya. 15-16 Desember 2011

