

**KARAKTERISASI DAN UJI KEMAMPUAN DEGRADASI
FENOL PADA BAKTERI INDIGEN DARI LIMBAH CAIR
LABORATORIUM TERPADU UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Biologi**



Disusun oleh :

Imam Syafiih

12640042

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2019**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-3087/Un.02/DST/PP.00.9/08/2019

Tugas Akhir dengan judul : Karakterisasi dan Uji Kemampuan Degradasi Fenol pada Bakteri Indigen dari Limbah Cair Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IMAM SYAFI'IH
Nomor Induk Mahasiswa : 12640042
Telah diujikan pada : Selasa, 23 Juli 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750515 200003 2 001

Penguji I

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.
NIP. 19760624 200501 2 007

Penguji II

Siti Aisah, S.Si., M.Si.
NIP. 19740611 200801 2 009

Yogyakarta, 23 Juli 2019

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Plh. Dekan



Dr. Agung Fatwanto, S.Si., M.Kom.
NIP. 19770103 200501 1 003



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal :

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Imam Syafiih

NIM : 12640042

Judul Skripsi : Karakterisasi dan Uji Kemampuan Degradasi Fenol pada Bakteri Indigen dari Limbah Cair Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

a.n

Dr. Arifah/Khusnuryani, M.Si
NIP.19750515 200003 2 001

Yogyakarta, 18 Juli 2019

Pembimbing II

Jumailatus Solihal, M.Biotech
NIP.19760624 200501 2 007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imam Syafiih
NIM : 12640042
Prodi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Karakterisasi dan Uji Kemampuan Degradasi Fenol pada Bakteri Indigen dari Limbah Cair Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Juli 2019



Penulis

Imam Syafiih
12640042

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibu dan Bapak yang tidak pernah berhenti memberikan do'a dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi S1 di program studi biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Kedua kakak, Herlina, S.Pd. dan Sulina, S.E., yang tidak pernah berhenti menyemangati dan mengingatkan penulis untuk terus maju menggapai cita-cita.
3. Kedua adik, Habibi dan Ghilfana, yang selalu menjadi inspirasi penulis untuk terus menjadi lebih baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Biologi, khususnya Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. dan Jumailatus Solihah, S.Si., M.Biotech., yang selalu memberikan ilmu, bimbingan, saran membangun dan semangat kepada penulis.
5. Semua teman-teman Biologi 2012, khususnya Sahabat "Private" (Ahmad Arsyadi, S.Si., Zainul Laily, S.Si., Khoirul Anam, S.Si., Imalatum Ni'mah, S.Si., Dryah Purwaningsih, S.Si., Ana Wahyuni, S.Si., Atqiya Muslihati, S.Si., Ibnatun Rif'ah, S.Si., dan Siti Shoffatul Munawaroh, S.Si., yang telah mengajarkan penulis arti kebersamaan dan selalu sedia menjadi keluarga kedua di Kota yang penuh Kenangan.
6. Pak Doni dan Mbak Etik sebagai PLP Laboratorium Biologi yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini. (mohon maaf, nama lengkap nya lupa, hehe).

7. Sahabat-sahabat BiologiSatu yang selalu mengingatkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dan selalu menjadi teman bermain. (maaf nggak disebutin satu per satu, hehe)
8. Dan Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis selama masa studinya.

HALAMAN MOTTO

Bismillahirrohmanirrohim...

Jika ada mahasiswa yang memutuskan untuk kuliah sambil kerja, penulis mempunyai “pesan” untuk para pembaca, karena hal tersebut adalah tugas berat.

Pesan itu sekaligus menjadi mottonya.

“Tetaplah FOKUS pada niat utama dan lakukanlah niat kedua semampunya. Percayalah, kedua niat tersebut sangat berat. Namun, dilarang MENYERAH”

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim...

Alhamdulillah robbil'alamin, segala puji hanya bagi Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) biologi ini. Skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama tiga bulan yaitu pada bulan Desember 2018 – Februari 2019 di Laboratorium Mikrobiologi, Bidang Biologi, Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dengan judul “**Karakterisasi dan Uji Kemampuan Degradasi Fenol pada Bakteri Indigen dari Limbah Cair Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta**”.

Ungkapan hormat dan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Jumailatus Solihah, M.Biotech. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang membangun. Ungkapan hormat dan terima kasih Penulis sampaikan pula kepada Pak Doni dan Bu Ethik selaku laboran pendamping penulis yang selalu sabar dan semangat dalam membantu menyelesaikan penelitian ini, serta Bapak, Ibu, Kakak, Adik, dan seluruh keluarga atas do'a, kasih sayang, dan dukungan morilnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Masukan-masukan berupa kritik konstruktif dan saran cemerlang dari pembaca sangat diharapkan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan kualitas dari skripsi ini. Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat serta pengetahuan terutama bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 16 Juni
2019

Penulis



KARAKTERISASI DAN UJI KEMAMPUAN DEGRADASI FENOL PADA BAKTERI INDIGEN DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM TERPADU UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Abstrak

Fenol merupakan senyawa organik yang bersifat toksik bagi makhluk hidup dan lingkungan. Bioremediasi dapat dijadikan alternatif dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh fenol secara mikrobiologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, menyeleksi dan mengidentifikasi bakteri indigen yang diisolasi dari limbah cair laboratorium UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Isolasi dilakukan dengan metode *Enrichment culture* menggunakan medium Ramsay yang mengandung fenol 500 mg/L dan glukosa 0,125 g/L, kemudian ditumbuhkan kembali pada medium Ramsay dengan fenol 300 mg/L tanpa glukosa hingga didapatkan isolat terpilih. Hasil isolasi digunakan untuk uji kemampuan degradasi dan pertumbuhan bakteri dengan variasi suhu (20 °C, 30 °C dan 40°C) dan pH (5, 7, 9) dalam medium Ramsay yang mengandung fenol 300ppm. Kemudian dilakukan karakterisasi morfologi dan biokimia hingga didapatkan karakter fenotipik. Hasil karakterisasi selanjutnya digunakan untuk identifikasi hingga tingkat genus, mengacu pada *Bergeys' Manual of Determinative Bacteriology* dan *Bergeys' Manual of Systematic Bacteriology* dengan metode *profile matching* isolat terpilih. Dibuat klasifikasi fenetik *Numerical Taxonomy* hingga diperoleh matriks similaritas (SSM) dan konstruksi dendogram menggunakan *Algoritma Average Linkage* (UPGMA). Hasil menunjukkan bahwa terdapat lima isolat terpilih yang diperoleh dari limbah cair laboratorium UIN Sunan Kalijaga yang mampu mendegradasi fenol hingga konsentrasi 300ppm, ke lima isolat yaitu FR-1, FR-2, FR-3, FR-4 dan FR5, memiliki karakter yang mirip genus *Pseudomonas* (FR-1 dengan kemiripan 80% dan FR-2 dengan kemiripan 85%), *Bacillus* (FR3 dengan kemiripan 90%), *Rhodococcus* (FR-4 dengan kemiripan 90%) dan *Micrococcus* (FR-5 dengan kemiripan 85%) berdasarkan kemiripan karakter morfologi dan biokimia.

Kata kunci : Bakteri indigen, Bioremediasi, Fenol, Karakterisasi, *Numerical Taxonomy*, *Profile matching*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Limbah Cair Laboratorium	5
B. Fenol dan Bahayanya	6
C. Bioremediasi dan Proses Degradasi Fenol	9

D. Mikroba Pendegradasi Fenol	12
BAB III METODE PENELITIAN	15
A. Waktu dan Tempat Penelitian	15
B. Alat dan Bahan	15
C. Cara Kerja	16
1. Isolasi Bakteri Pendegradasi Fenol	16
2. Uji Kemampuan Degradasi Fenol	17
3. Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri	18
4. Karakterisasi Biokimia Isolat Bakteri	19
D. Analisis Data	21
1. Identifikasi Bakteri	21
2. Klasifikasi fenetik <i>Numerical Taxonomy</i>	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Hasil isolasi bakteri	25
B. Uji kemampuan degradasi fenol	25
1. Variasi Suhu	26
2. Variasi pH	28
C. Karakterisasi morfologi	31
1. Morfologi koloni	31
2. Morfologi Sel	33
D. Karakterisasi biokimia	34
E. Identifikasi bakteri	36
F. Klasifikasi Fenetik <i>Numerical Taxonomy</i>	38
BAB V PENUTUP	45
A. KESIMPULAN	45
B. SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi pada variasi suhu	26
Tabel 2. Pertumbuhan isolat bakteri pada variasi suhu	28
Tabel 3. Hasil pengukuran absorbansi pada variasi pH	29
Tabel 4. Pertumbuhan isolat bakteri pada variasi pH	31
Tabel 5. Karakter fenotipik isolat bakteri	35
Tabel 6. <i>Profile Matching</i> isolat bakteri	37
Tabel 7. Uji fenotipik isolat bakteri	38
Tabel 8. Matriks similaritas (SSM) antar isolat bakteri	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur kimia fenol	7
Gambar 2. Lintasan biodegradasi fenol secara aerob	11
Gambar 3. Hasil pengukuran absorbansi pada variasi suhu	27
Gambar 4. Hasil pengukuran absorbansi pada variasi pH	30
Gambar 5. Morfologi koloni isolat bakteri	32
Gambar 6. Morfologi sel isolat bakteri	34
Gambar 7. Dendogram hubungan antar spesies	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Jumlah Bakteri	53
Lampiran 2. Komposisi Media Ramsay	53
Lampiran 3. Kurva Standar Fenol	53
Lampiran 4. Dokumentasi penelitian	54





BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah laboratorium salah satunya berasal dari buangan berbagai larutan kimia berbahaya yang digunakan dalam suatu penelitian di laboratorium. Beberapa jenis bahan kimia dan logam berat merupakan bahan yang berbahaya dan memiliki resiko tinggi bila masuk ke dalam lingkungan karena mengandung zat yang bersifat racun (toksik), sehingga buangan limbah laboratorium akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya bila tidak dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu. Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah dalam lingkup kecil yang di antaranya mengandung campuran logam berat dan bahan organik di dalamnya. Salah satu komponen limbah laboratorium adalah berupa limbah cair yang mengandung senyawa hidrokarbon aromatis berupa fenol.

Fenol (C_6H_5OH) merupakan senyawa organik (memiliki unsur karbon) yang mempunyai gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena. Senyawa ini merupakan turunan dari benzena melalui penggantian gugus hidrogen dengan hidroksil, sehingga senyawa ini sering disebut hidroksi benzena. Senyawa fenol juga mempunyai beberapa nama lain seperti asam karbolik, fenat monohidroksibenzena, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, oksibenzena, benzenol, monofenol, fenil hidrat, fenilat alkohol, Baker's P dan S, serta fenol alkohol (Nair, *et al.*, 2008).

Senyawa fenol dapat dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/L sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/ 10/1995 dan ambang batas fenol dalam air minum adalah

0,002 mg/L seperti diatur oleh BAPEDAL dalam Slamet (2005). Fenol pada konsentrasi tertentu dapat memberikan efek yang buruk terhadap manusia, antara lain berupa kerusakan hati dan ginjal, penurunan tekanan darah, pelemahan detak jantung, hingga kematian (Slamet *et al.* 2005). Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan terhadap limbah yang mengandung senyawa tersebut agar tidak mencemari lingkungan dan berefek buruk terhadap kesehatan.

Salah satu penanganan yang potensial untuk mengolah limbah yang mengandung fenol yaitu bioremediasi, yang umumnya menggunakan agen mikroba khususnya bakteri. Bioremediasi merupakan alternatif yang sangat efektif dan menjanjikan dalam mengurangi tingkat pencemaran lingkungan oleh fenol. Beberapa jenis bakteri dilaporkan dapat mendegradasi senyawa fenol, antara lain yaitu *Bacillus* (Arutchelvan, *et al.*, 2006) dan *Pseudomonas* (Song, *et al.*, 2009). Kedua kelompok bakteri tersebut dapat tumbuh dan menggunakan fenol sebagai sumber karbon dan energi, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai agen bioremediasi (Basha, *et al.*, 2010). Kelompok bakteri tersebut umumnya memiliki mekanisme khusus untuk bisa mendetoksifikasi senyawa berbahaya di lingkungan, dan mikrobia tersebut dapat diisolasi dari lingkungan tertentu yang tercemar fenol, salah satunya adalah limbah laboratorium. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan bakteri indigen limbah laboratorium yang mampu mendegradasi fenol.

Penelitian awal yang telah dilakukan oleh peneliti pada tanggal 9 Maret-17 April 2015 berhasil mendapatkan 3 isolat bakteri yang toleran terhadap fenol hingga konsentrasi 500ppm yang diperoleh dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Pada

penelitian ini akan dilakukan penelitian lanjutan tentang kemampuan degradasi fenol dan identifikasi terhadap isolat bakteri yang didapat dari limbah laboratorium sehingga diperoleh bakteri unggulan yang nantinya dapat dijadikan sebagai agen bioremediasi dalam berbagai kasus pencemaran lingkungan oleh limbah khususnya limbah yang mengandung fenol.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diajukan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah tata cara atau metode isolasi bakteri indigen dari limbah cair laboratorium terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta?
2. Bagaimanakah kemampuan isolat bakteri indigen dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dalam mendegradasi fenol?
3. Termasuk dalam genus apakah isolat bakteri yang berpotensi menjadi agen pendegradasi fenol tersebut?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengisolasi bakteri dari limbah cair laboratorium menggunakan media Ramsay yang mengandung fenol dengan konsentrasi 500ppm.
2. Menyeleksi isolat bakteri indigen berdasarkan kemampuannya menjadi agen pendegradasi fenol dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

3. Mengidentifikasi isolat bakteri yang berpotensi sebagai pendegradasi fenol berdasarkan hasil karakterisasi morfologi dan biokimia untuk mengetahui genus dari bakteri tersebut.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian lanjutan ini merupakan langkah untuk mengembangkan sistem pengolahan limbah cair, khususnya dalam upaya mengurangi tingkat akumulasi fenol di dalam limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga agar tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Selain itu, penggunaan bakteri sebagai agen bioremediasi fenol adalah cara yang lebih mudah, murah, dan ramah lingkungan dibandingkan teknik lainnya. Bakteri potensial yang telah diketahui genusnya nanti dapat menjadi informasi tambahan dalam daftar bakteri yang telah terbukti berpotensi dalam mendegradasi fenol sehingga nantinya bakteri potensial tersebut juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat akumulasi fenol di berbagai lokasi lain.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil isolasi bakteri didapatkan lima isolat yang mampu mendegradasi fenol hingga konsentrasi 500 ppm.
2. Kelima isolat bakteri indigen tersebut terbukti toleran terhadap fenol hingga konsentrasi 300 ppm yaitu FR-1, FR-2, FR-3, FR-4, dan FR-5.
3. Kelima isolat bakteri tersebut diduga termasuk dalam genus *Pseudomonas* (FR-1 dengan kemiripan 80% dan FR-2 dengan kemiripan 85%), *Bacillus* (FR3 dengan kemiripan 90%), *Rhodococcus* (FR-4 dengan kemiripan 90%) dan *Micrococcus* (FR-5 dengan kemiripan 85%) berdasarkan kemiripan karakter morfologi dan biokimia.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut terhadap lima isolat bakteri yang diperoleh hingga ke tingkat spesies.
2. Perlu dilakukan uji kemampuan degradasi fenol lebih lanjut terhadap lima isolat bakteri yang diperoleh dengan konsentrasi fenol yang lebih tinggi.



DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Haleem D *et al.* 2003. Effects of mixed nitrogen sources on biodegradation of phenol by immobilized *Acinetobacter* sp. strain W-17. *Afr J Biotechnol* 2:8-12.
- Agarry SE, Audu TOK, Solomon BO. 2009. Substrate inhibition kinetics of phenol degradation by *Pseudomonas fluorescens* from steady state and wash out data. *Int J Environ Sci Tech* 6:443-450.
- Agarry SE, Durojaiye AO, Yusuf RO, Aremu MO. 2008a. Biodegradation of phenol in refinery wastewater by pure cultures of *Pseudomonas aeruginosa* NCIB 950 and *Pseudomonas fluorescens* NCIB 3756. *Int J Environment and Pollution* 32:3-11.
- Agarry SE, Solomon BO, Layokun SK. 2008 b. Kinetics of batch microbial degradation of phenols by indigenous binary mixed culture of *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens*. *Afr J Biotechnol* 7:2417-2423.
- Agarry SE, Solomon BO, Layokun SK. 2008c. Substrate inhibition kinetics of phenol degradation by binary mixed culture of *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens* from steady state and wash-out data. *Afr J Biotechnol* 7:3927-3933.
- Amer RA. 2008. New isolated *Pandoraea* sp. capable of phenol biodegradation. *Research Journal of Microbiology* 3: 622-629.
- Annadurai G, Lee JF. 2007. Application of artificial neural network model for the development of optimized complex medium for phenol degradation using *Pseudomonas pictorum* (NICM 2074). *Biodegradation* 18:383-392.
- Arutchelvan, V., Kanakasabai, V., Elangovan, R., Nagarajan, S. and Muralikrishnan, V. (2006). Kinetics of high strength phenol degradation using *Bacillus brevis*. *J. Hazard. Materials*, 129:216-222.

- [ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2008. Toxicological profile for phenol. <http://www.eco-usa.net/toxic/phenol.html>.
- Basha, K.M., Rajendran, A. and Thangavelu, V. (2010). Recent advances in the biodegradation of phenol: A review. *Asian J Exp Biol Sci*. 1:219-234.
- Black, J. G. 2008. *Microbiology Principles and Explorations*. John Wiley & Sons, Inc. United States America.
- Chen YX, Liu H, Chen HL. 2003. Characterization of phenol biodegradation by *Comamonas testoteroni* ZD4-1 and *Pseudomonas aeruginosa* ZD4-3. *Biomedical and Environmental Sciences* 16:163-172.
- Damanhuri, Emri. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Institut Teknologi Bandung, Versi 2008, 40.
- David R. Boone, Richard W. Castenholz, George M. Garrity. 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol.2. Springer, New York, NY.
- Dewilda, Yommi., Reri Afrianita, Fana Fadhillah Iman. 2012. *Degradasi Senyawa Fenol Oleh Mikroorganisme Laut*. Jurusan Teknik Lingkungan. UNAD.
- Duryatmo S & Yajri F. 2009. *Kersen & Pare Kendalikan si Manis*. Jakarta: Trubus Agriwidya.
- El-Naas M, Al-Muhtaseb SA, Makhoulouf S. 2009. Biodegradation of phenol by *Pseudomonas putida* immobilized in polyvinyl alcohol (PVA) gel. *Journal of Hazardous Materials*. 164, 720-725.
- Evans WC. 1947. *Oxidation of phenol and benzoic acid by some soil bacteria*. *Biol Chem* 41:373-382.
- Fessenden, R. J., Fessenden, J. S. 1992. *Kimia Organik, Jilid 2*, Edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta

- Geng A, Soh AEW, Lim CJ, Loke LCT. 2006. Isolation and characterization of a phenol-degrading bacterium from an industrial activated sludge. *Appl Microbiol Biotechnol* 71:728–735.
- Ghanem KM, Al-Garni SM, Al-Shehri AN. 2009. Statistical optimization of cultural conditions by response surface methodology for phenol degradation by a novel *Aspergillus flavus* isolate. *Afr J Biotechnol* 8:3576-3583.
- Gurujeyalakshmi G, Oreil P. 1989. Isolation of phenol-degrading *Bacillus stearo thermophilus* and partial characterization of the phenol hydroxylase. *Appl Environ Microb* 55:500-502.
- Hamamah, Fatin. 2008. Penyisihan Fenol pada Limbah Industri dari PT. XYZ dengan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*). ITS Library.
- Hank, D., M.E. Kunkel, P.L. Dawson, J.C. Acton and F.B. Wardlaw. 2010. *Batch Phenol Biodegradation Study and Application of Factorial Experimental Design*. Journal of Hazardous Materials. 164, 720-725.
- Haris, A. 2003. *Peranan Mikroba dalam mendegradasi minyak bumi dan fenol pada air terproduksi dari industri perminyakan* (tesis). Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hoffman, A. J. Kaufman, G. P. Halverson. 1998. *A Neoproterozoic Snowball Earth*, Science, GSA Today 8 (5), 1.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., & Williams, S.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9nd ed*. Williams and Wilkins. Baltimore.
- Jiang Y, Wen J, Jia X, Caiyin Q, Hu Z. 2007b. Mutation of *Candida tropicalis* by irradiation with a He-Ne laser to increase its ability to degrade phenol. *Appl Environ Microb* 73:226-231.
- Juwita, Rahmy, 2014, Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Fenol dari Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Arifin Achmad pekanbaru, JOM FMIPA, 1(2): 229-237.
- Kahru, A., Maloverjan, A., Sillak, H., and Pöllumaa, L. (2002). The toxicity and fate of phenolic pollutants in the contaminated soils associated with the oil-shale industry. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 9:27-33.

- Khusnuryani, Arifah., Martani, Erni., Wibawa, Tri., dan Widada, Jaka. 2013. Biodegradation of Phenol by Native Bacteria Strain Isolation from Polluted and Non-polluted Source. *The 2nd International Conference of the Indonesian Chemical Society 2013*. Yogyakarta.
- Komarkova E, Paca J, Klapkova E, Stiborova M, Soccol CR, Sobotka M. 2003. Physiology changes of *Candida tropicalis* population degrading phenol in fed batch reactor. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46:537-543.
- Lay, Bibiana W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Leahly JG, Colwell RR. 1990. Microbial degradation of hydrocarbon in the environment. *Microb Rev* 54:305-315.
- Lin J, Reddy M, Moorthi V, Qoma BE. 2008. Bacterial removal of toxic phenols from an industrial effluent. *African Journal of Biotechnology* 7:2232-2238.
- Mahiuddin, A. N. M., Fahrudin, and Abdullah Al-Mahin. 2012. Degradation of Phenol via Meta Cleavage Pathway by *Pseudomonas fluorescent PUI*. *International Scholarly research Network IRSN Microbiology*. 4.
- Mohite, B., Jalgaonwala, R., Pawar, S., and Morankar, A. 2010. *Isolation and Characterization of Phenol Degrading Bacteria from Oil Contaminated Soil*. Department of Biotechnology, Moolaji Jaitha College, Jalgaon India. 7.61.
- Mörtberg M, Neujahr HY. 1985. Uptake of phenol by *Trichosporon cutaneum*. *J Bacteriol* 161:615-619.
- Nair CI, Jayachandran K, Shashidar S. 2008. Biodegradation of phenol. *African Journal of Biotechnology* 7:4951-4958.
- Naresh, Butani., Parekh Honey., Saliya Vaishali. 2012. Biodegradation of Phenol by a Bacterial Strain Isolated from a Phenol Contaminated Site in India. *Department of Microbiology, Bhagwan Mahavir College of Biotechnology*. 1. 46-49.

- Nogrady, Thomas. 1992. *Kimia Medisinal Pendekatan Secara Biokimia*. Bandung : ITB.
- Pamungkas, N. R. et al, 2010. *Pemanfaatan Lengkuas (Lengkuas galangga L) sebagai bahan pengawet pengganti formalin*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Piakong. 2006. The performance of phenol biodegradation by *Candida tropicalis* RETL-Cr1 using batch and fed-batch fermentation techniques (tesis). Sabah: Universitas Teknologi Malaysia.
- Prasanna, N., Saravanan, N., Geetha, P., Shanmugaprakash, M., & Rajasekaran, P. 2008. Biodegradation of Phenol and Toluene by *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, and *Staphylococcus sp.*, Isolated from Pharmaceutical Industrial Effluent. *Advance Biotech*. 20-23.
- Qadeer & Rehan. 1998. *Proses Pengolahan Minyak Bumi*. Bandung.
- Rocha LL *et al.* 2007. Isolation and characterization of phenol-degrading yeasts from an oil refinery wastewater in Brazil. *Mycophatologia* 64:183-188.
- Ruiz-Ordaz N *et al.* 2001. Phenol biodegradation using a repeated batch culture of *Candida tropicalis* in a multistage bubble column. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 43:19-25.
- Santos VL, Monteiro AS, Braga DT, Santoro MM. 2009. Phenol degradation by *Aureobasidium pullulans* FE13 isolated from industrial effluents. *J Hazard Mat* 161:1413-1420.
- Shetty KV, Kalifathulla I, Srinikethan G. 2007. Performance of pulsed plate bioreactor for biodegradation of phenol. *J Hazard Mat* 140:346-352.
- Slamet, Arbianti R, Daryanto. 2005. Pengolahan limbah organik (fenol) dan logam berat (Cr⁶⁺ atau Pt⁴⁺) secara simultan dengan fotokatalis TiO₂, ZnO TiO₂, dan CdS-TiO₂. *Makara Teknologi* 9:66-71.
- Song, H., Liu, Y., Xu, W., Zeng, G., Aibibu, N., Xu, L. And Chen, B. (2009). Simultaneous Cr (VI) reduction and phenol degradation in

pure cultures of *Pseudomonas aeruginosa* CC7CCAB91095. *Bioresour. Technol.* 100:5079-5084.

Stehlickova L, Svab M, Wimmerova L, Kozler J. 2009. Intensification of phenol biodegradation by humic substances. *Int Biodeterior Biodegrad* 63:923-927.

Suhaila, Nor, Y., Ariff, A., Rosfarizan, M., Latif, Abdul, I., Ahmad, S.A., Nprazah, M.N., Shukor, M, Y, A. 2010. *Optimization of Parameters for Phenol Degradation by Rhodococcus UKM-P in Shake Flask Culture*. Proceeding of the World Congress on Engineering Vol:1.

Tsai SC, Tsai LD, Li YK. 2005. An isolated *Candida albicans* TL3 capable of degrading phenol at large concentration. *Bioschi Biotechnol Biochem* 69: 2358-2367.

Varma RJ, Gaikwad BG. 2009. Biodegradation and phenol tolerance by recycled cells of *Candida tropicalis* NCIM 3556. *Int Biodeterior Biodegrad* 63:539-542.

Vilímková L, Páca JJr, Kremlácková V, Páca J, Stiborová M. 2008. Isolation of cytoplasmic NADPH-dependent phenol hydroxylase and catechol-1,2 dioxygenase from *Candida tropicalis* yeast. *Interdisc Toxicol* 1:225-230.

Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press, Malang: 1-9.

William, R.J. & Evans, W.C. 1975. *The Metabolism of Benzoate by Moraxella sp. Through Anaerobic Nitrate Respiration*. *Biochem, J.*, 148:I-10.

Zulaika, E., Widiyanti, A. & Shofitri, M. 2012. Bakteri resisten mercuri endogenik hilir Kalimas. Surabaya. *Seminar Nasional Teori Dan Aplikasi Teknologi Kelautan SENTA*, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan jumlah bakteri

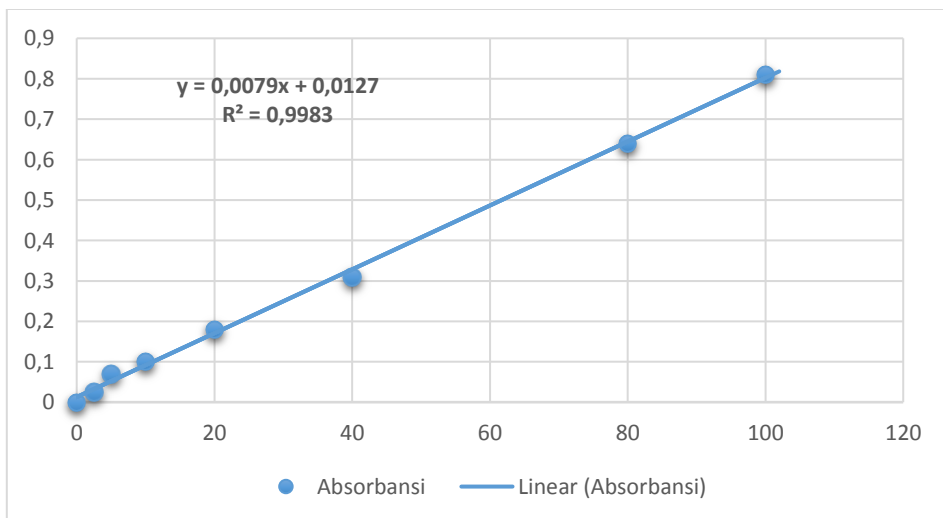
Jumlah bakteri (cell/mL) = absorbansi x $5 \cdot 10^7$ x pengenceran

Lampiran 2. Komposisi media Ramsay

2 g/L NH_4NO_3 ; 0,5 g/L KH_2PO_4 ; 1 g/L K_2HPO_4 ; 0,5 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,01 g/L $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,1 g/L KCl dan 0,06 g/L Yeast ekstrak. Di autoklav pada suhu 121°C dalam waktu 15 menit (Ramsay *et al.*, 1983).

Lampiran 3. Kurva standar fenol

Konsentrasi Standar Fenol	Nilai Absorbansi
0	0
2,5	0,025
5	0,07
10	0,1
20	0,18
40	0,31
80	0,64
100	0,81



Lampiran 4. Dokumentasi penelitian



CURRICULUM VITAE

A. Biodata Pribadi

Nama Lengkap : Imam Syafi'ih
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Pamekasan, 15 Mei 1993
Kewarganegaraan : Indonesia
Agama : Islam
Status Pernikahan : Belum Menikah
Alamat Asal : Jln. Raya Waru Pamekasan, Dusun Co'Gunung Barat, Desa Waru Barat, Kec. Waru, Kab. Pamekasan
Alamat Tinggal : Jln. Timoho Gang Mujair No. 823, Baciro, Gondokusuman, Kota Yogyakarta.
Email : syafii.imam1505@gmail.com
No. Hp : 087-750-143-721



B. Latar Belakang Pendidikan Formal

1999 – 2005 : SDN Waru Barat VII
2005 – 2008 : SMP Negeri 1 Waru
2008 – 2011 : MA Darul Ulum Banyuanyar
2012 – 2019 : Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

C. Latar Belakang Pendidikan Non Formal

2008 – 2011 : Pondok Pesantren Darul Ulum Banyuanyar, Potoan Daya, Pamekasan

- 2008 – 2009 : Banyuanyar English Branch (BEB) dan Banyuanyar English Center (BEC)
- 2009 – 2010 : Generasi Saintis Islami (GISMI)
- 2011 – 2012 : Guru Tugas Pondok Pesantren As-Sholihin, Desa Suger Kidul, Kec. Jelbuk, Kab. Jember

D. Pengalaman Organisasi

- 2006 – 2008 : Pengurus Osis SMP Negeri 1 Waru
- 2008 – 2011 : Pengurus Osis MA Darul Ulum Banyuanyar
- 2012 – 2013 : Pengurus Forum Komunikasi Mahasiswa Santri Banyuanyar
- 2013 – 2015 : Pengurus Kelompok Studi BIOENTER
- 2015 – 2018 : Pengurus Kelompok Studi Water Forum Kalijogo (WFK)

E. Pengalaman Pekerjaan

- 2011 – 2012 : Staf Pengajar Pondok Pesantren As-Sholihin Jember
- 2013 – 2015 : Karyawan (Cashier) Carrefour Ambarukmo Plaza Yogyakarta
- 2015 – 2017 : Staf Finishing Percetakan Sunan Kalijaga Press
- 2017 – 2018 : Peneliti Pohon Langka *Dipterocarpus littoralis* Nusakambangan

F. Karya Tulis

- Jurnal Biotenologi 2015 : Isolasi dan Penapisan awal Kapang dari Ekstrak Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum* spp) untuk Anti Mikroba

Jurnal Agrion 2017 : Rediscovery of *Rhinagrion tricolor* in Java after 59 years (Agrion 21 (2) – July 2017

Call for Paper UMS 2018 : Keanekaragaman Capung di Cagar Alam Nusakambangan Timur dan Barat

Call for Paper LIPI 2019 : Distribusi dan Karakterisasi Habitat Tumbuhan Endemik Jawa Plahlar Nusakambangan (*Dipterocarpus littoralis* (Bl.) Kurz di Pulau Nusakambangan Bagian Barat

G. Pengabdian Masyarakat

1. Pelatihan Budidaya Jamur Tiram Putih di beberapa desa di Kabupaten Kulonprogo dan Gunung Kidul Yogyakarta.
2. Pelatihan Pengamatan Kualitas Air Sungai untuk Masyarakat yang tinggal di Bantaran Sungai Yogyakarta (Kali Winongo, Kali Code dan Kali Gajah Wong) menggunakan metode Biotilik.
3. Pelatihan pengamatan Kualitas Air Sungai Yogyakarta untuk Siswa-siswi SMA Sederajat yang lokasi Sekolah berdekatan dengan sungai menggunakan metode Biotilik.
4. Kuliah Kerja Nyata di Dusun Sungapan II, Desa Hargotirto, Kec. Kokap, Kab. Kulonprogo.