

**KARAKTERISASI DAN UJI KEMAMPUAN REDUKSI
Cr (VI) OLEH BAKTERI *INDIGENOUS* DARI
LIMBAH CAIR LABORATORIUM BIOLOGI UIN
SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

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



disusun oleh
Ahmad Arsyadi
12640024

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2016



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2274 /2016

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Karakterisasi dan Uji Kemampuan Reduksi Cr (VI) oleh Bakteri *Indigenus* dari Limbah Cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

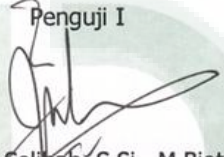
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Ahmad Arsyadi
NIM : 12640024
Telah dimunaqasyahkan pada : 17 Juni 2016
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

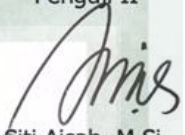
Ketua Sidang


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

Penguji I


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

Penguji II


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

Yogyakarta, 27 Juni 2016

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan




Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si.
NIP.19550427 198403 2 001



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 : Ahmad Arsyadi

NIM : 12640024

Judul Skripsi : Karakterisasi dan Uji Reduksi Cr (VI) oleh Bakteri *Indogenous* dari Limbah Cair Laboratorium Biologi 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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Juni 2016

Pembimbing I

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



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 : Ahmad Arsyadi
NIM : 12640024
Judul Skripsi : Karakterisasi dan Uji Kemampuan Reduksi Cr (VI) oleh Bakteri *Indigenus* dari Limbah Cair Laboratorium Biologi 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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Juni 2016
Pembimbing II

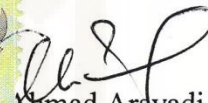
Jumailatus Sholihah, S.Si., M.Biotech.
NIP.19760624 200501 2 007

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 6 Juni 2016




Ahmad Arsyadi
NIM. 12640024

HALAMAN PERUNTUKKAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Mamak dan ayah yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi S-1 di Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Elma dan Riris yang selalu menjadi motivator penulis untuk terus menjadi lebih baik.
3. Dosen-dosen Program Studi Biologi, khususnya Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. dan Jumailatus Solihah, S.Si., M.Biotech. yang selalu memberikan ilmu, bimbingan, dan saran membangunnya kepada penulis.
4. Teman-teman Biologi Tahun 2012, khususnya sahabat "Private" yang selalu sedia menjadi keluarga kedua penulis di Yogyakarta.
5. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis selama masa studinya.

HALAMAN MOTTO

Guru saya pernah mengajarkan suatu ungkapan berbahasa Arab yang hingga saat ini selalu menjadi kata penyemangat penulis dalam segala hal, tak terkecuali dalam penyusunan skripsi ini. Ungkapan itu adalah:

“MAN JADDA WA JADA”

yang bermakna: *“Barangsiapa yang bersungguh-sungguh dalam menggapai sesuatu, maka ia akan mendapatkannya”*.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillah, segala puji hanya milik Allah SWT semata, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan selama sembilan puluh lima hari pada tanggal 1 November – 3 Februari 2016 di Laboratorium Mikrobiologi, Bidang Biologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga dengan judul Karakterisasi dan Uji Kemampuan Reduksi Cr (VI) oleh Bakteri *Indigenous* dari Limbah Cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Ungkapan hormat dan terimakasih penulis sampaikan kepada Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. dan Jumailatus Sholihah, S.Si., M.Biotech. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan kritik, bimbingan, dan saran yang membangun. Ungkapan hormat dan terimakasih penulis sampaikan pula kepada Pak Dony dan Bu Ethik selaku laboran pendamping penulis yang selalu sabar dan semangat dalam membantu menyelesaikan penelitian ini; Mbak Eko, Mas Adi, dan para sahabat peneliti lainnya di Laboratorium Mikrobiologi (Mbak Rifa, I'ah, Shoffa, dan Mas Agil) atas bantuan juga kerjasamanya, serta ayah, mamak, Elma, Riris, 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 dari pembaca sangat diharapkan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan kualitas laporan ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta pengetahuan terutama bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, Juni 2016

Ahmad Arsyadi



**Karakterisasi dan Uji Kemampuan Reduksi Cr (VI) oleh Bakteri
Indigenous dari Limbah Cair Laboratorium Biologi UIN Sunan
Kalijaga Yogyakarta**

Ahmad Arsyadi
12640024

Abstrak

Kromium heksavalen (Cr (VI)) merupakan logam berat yang memiliki potensial oksidasi tinggi sehingga dapat menyebabkan mutagenesis dan bersifat karsinogenik terhadap organisme hidup. Banyak bakteri yang telah diketahui resisten dan bahkan mampu mereduksi Cr (VI) menjadi bentuk yang lebih stabil (bersifat non-toksik) sehingga berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi dan mengidentifikasi isolat bakteri *indigenous* dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga berdasarkan karakter fenotipik serta kemampuannya dalam mereduksi logam Cr (VI). Uji Reduksi Cr (VI) dilakukan menggunakan metode DPC (Difenilkarbazida) dilanjutkan dengan pengukuran kadar Cr (VI) residu yang mengacu pada SNI 6989.71:2009 tahun 2009. Selanjutnya, setiap isolat dikarakterisasi secara fenotipik meliputi morfologi koloni dan sel, karakter fisiologis, kemampuan fermentasi karbohidrat, serta karakter biokimiawi. Identifikasi dilakukan menggunakan metode *profil matching* dengan mengacu pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelima isolat bakteri yang diuji (Nak 5, Nak 6, Nak 8, Nak 12, dan Nak 17) secara berurutan mampu mereduksi Cr (VI) 1000 ppm sebanyak 13,5%; 33,19%; 21,97%; 63,18%; dan 29,21%. Berdasarkan hasil identifikasi dan kontruksi dendogram, isolat Nak 5, Nak 6, Nak 8 masuk ke dalam genus *Pseudomonas*, serta isolat Nak 12 dan Nak 17 dalam genus *Aeromonas*.

Kata Kunci: Identifikasi, Kromium Heksavalen, Reduksi

**Characterization and Cr (VI) Reduction Test of *Indigenous*
Bacteria from Liquid Waste of Biology Laboratory UIN Sunan
Kalijaga Yogyakarta**

Ahmad Arsyadi
12640024

Abstract

Chromium hexavalent (Cr (VI)) is the heavy metal that caused mutagenic and carcinogenic toward alive organism due to its highly potential oxidative. Most of bacteria have known become resistant and able to reduce Cr (VI) to more stable state indeed (less-toxic) so that could potentially used for as agent of bioremediation. This research was aimed to select and identify *indigenous* bacteria isolated from liquid waste of biology laboratory UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta based on its ability to reduce Cr (VI) metal. Cr (VI) reduction test was conducted by DPC (Diphenylcarbazide) method which for residue of Cr (VI) concentration was measured referring on SNI 6989.71:2009 in 2009. Then, each of isolates has been characterized fenotipicly as colony and cell morphology, carbohydrate fermentation test, so its physiological and biochemical character. Identification was obtained by *profil matching* method which referring on *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* and *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. The results indicated that the five tested isolate bacteria (Nak 5, Nak 6, Nak 8, Nak 12, and Nak 17) consecutively able to reduce 1000 ppm of Cr (VI) about 13,5%; 33,19%; 21,97%; 63,18%; and 29,21%. Based on identification and dendogram construction, isolate Nak 5, Nak 6, Nak 8 classified as genus *Psudomonas*, so Nak 12 and Nak 17 as genus *Aeromonas*.

Keywords: Chromium hexavalent, Identification, Reduction

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING I.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING II.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
HALAMAN PERUNTUKKAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
Abstrak Bahasa Indonesia	x
Abstrak Bahasa Inggris	xi
Daftar Isi.....	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Limbah Cair	5
B. Logam Kromium Heksavalen/Cr (VI)	8
C. Manfaat dan Bahaya Logam Kromium Heksavalen/Cr (VI)	9
D. Bioremediasi dan Prinsip Reduksi Logam Kromium Heksavalen/Cr (VI).....	12
E. Mikroba Pereduksi Logam Kromium Heksavalen/ (VI).....	15

BAB III METODE PENELITIAN.....	17
A. Alat dan Bahan.....	17
B. Cara Kerja	18
C. Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Uji Reduksi	36
B. Karakterisasi.....	40
C. Analisis Data	46
BAB V PENUTUP.....	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi larutan kerja Cr (VI)	21
Tabel 2. Unit karakter fenotipik yang diujikan pada isolat terpilih	24
Tabel 3. Karakter morfologi koloni kelima bakteri <i>indigenus</i> pereduksi Cr (VI)	40
Tabel 4. Karakter morfologi sel kelima bakteri <i>indigenus</i> pereduksi Cr (VI)	41
Tabel 5. Karakter fenotipik kelima bakteri <i>indigenus</i> pereduksi Cr (VI)	44
Tabel 6. <i>Profil matching</i> kelima bakteri <i>indigenus</i> dari limbah cair laboratorium biologi dengan beberapa genus yang diketahui	47
Tabel 7. Matriks n x t dari kelima bakteri dan beberapa isolat pembanding pereduksi Cr (VI)	49
Tabel 8. Matriks similaritas (x100%) berdasarkan perhitungan SSM	50

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Diagram penurunan kadar Cr (VI) hasil uji reduksi oleh kelima bakteri *indigenous* dari limbah cair laboratorium biologi setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C 37
- Gambar 2. Mekanisme reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III) oleh bakteri 39
- Gambar 3. Morfologi koloni kelima bakteri *indigenous* pereduksi Cr (VI), diamati menggunakan Picasa Photo Viewer pada perbesaran 59%.
(a) Nak 8; (b) Nak 5; (c) Nak 17; (d) Nak 12; (e) Nak 6..... 41
- Gambar 4. Morfologi sel kelima bakteri *indigenous* pereduksi Cr (VI), dengan pengecatan *methylene blue*, diamati pada perbesaran 1000x.
(a) Nak 8; (b) Nak 5; (c) Nak 17; (d) Nak 12; (e) Nak 6..... 42
- Gambar 5. Dendogram yang menunjukkan hubungan kekerabatan antara kelima isolat bakteri *indigenous* pereduksi Cr (VI) dari limbah cair laboratorium biologi dengan beberapa isolat pembanding..... 51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan jumlah bakteri dari nilai <i>Optical Density</i> (OD).....	59
Lampiran 2. Pembuatan larutan pengencer.....	59
Lampiran 3. Pembuatan larutan pereaksi	59
Lampiran 4. Penentuan kurva standar larutan kerja Cr (VI).....	60
Lampiran 5. Dokumentasi penelitian	61



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan terutama di bidang industri, telah membawa dampak positif maupun negatif. Dampak positif yang diberikan adalah berkembangnya penemuan obat-obat baru, mesin-mesin baru yang canggih, pemanfaatan sumber daya alam secara optimal, dan lain sebagainya. Dampak negatif yang ditimbulkan di antaranya adalah tercemarnya lingkungan oleh berbagai bahan buangan industri baik berupa gas, padat, ataupun cair.

Logam berat, termasuk kromium heksavalen (Cr (VI)) merupakan zat pencemar yang umumnya sangat reaktif dan bersifat toksik bagi manusia sehingga termasuk ke dalam golongan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Cr (VI) secara alami dapat ditemukan dalam batuan, hewan, tumbuhan, tanah, abu atau gas vulkanik, dan dari berbagai aktivitas manusia seperti kegiatan penambangan (Kromit dan batubara) serta limbah industri (kimia dan penyamakan).

Tingkat pencemaran logam Cr (VI) di berbagai daerah telah melampaui ambang batas yang ditentukan (salah satunya Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 untuk standar baku mutu air laut sebesar 0,001 ppm), seperti yang terjadi di Pantai Losari, Kota Makassar (0,0372 ppm) dan Teluk Kabung, Kota Padang (0,089 ppm) (Rini *et al.*, 2014 dan Arifin *et al.*, 2012). Kontaminasi Cr (VI) terhadap manusia (jika melebihi

ambang batas yaitu $>0,002$ ppm) dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan kulit, kanker paru-paru, gangguan pencernaan, gagal ginjal, kerusakan pada hati, bahkan kematian (Koplan, 2000). Mengingat efek Cr (VI) di atas, maka dibutuhkan suatu manajemen penanganan terhadap limbah logam tersebut.

Bioremediasi adalah penggunaan organisme hidup seperti tumbuhan, fungi, dan bakteri dalam mendegradasi atau mendetoksifikasi substansi (kontaminan) yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan (termasuk logam berat Cr (VI)) (Chowdhury *et al.*, 2012). Bioremediasi menggunakan agen mikroba khususnya bakteri merupakan alternatif yang sangat efektif dan menjanjikan dalam mengurangi tingkat pencemaran lingkungan oleh logam Krom (VI). Banyak bakteri yang telah diketahui resisten dan bahkan mampu mereduksi Cr (VI) menjadi bentuk yang lebih bersifat non-toksik dalam kondisi aerobik, anaerobik, ataupun keduanya, sehingga berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi (Pal dan Paul, 2004).

Lewaru *et al.* (2012), telah menemukan dua isolat bakteri *indigenous* (lokal) dari Sungai Cikijing Rancaekek Jawa Barat yang tercemar logam berat dari limbah industri tekstil serta memiliki potensi reduksi krom (VI) sebesar 48,91% dan 89,94% pada konsentrasi 799,4 ppm. Kedua isolat bakteri tersebut adalah *Staphylococcus arlettae* strain ATCC 43957 dan *Bacillus thuringiensis* strain IAM 12077.

Bakteri *indigenous* umumnya memiliki mekanisme khusus dan alami dalam mereduksi Cr (VI), serta lebih murah dan mudah diperoleh dari lingkungan yang tercemar logam berat tersebut seperti limbah laboratorium.

Laboratorium zoologi-fisiologi hewan, di Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga, sering difungsikan untuk kegiatan penelitian maupun praktikum dalam bidang zoologi maupun fisiologi hewan. Setelah kegiatan tersebut selesai maka akan dihasilkan limbah cair yang mengandung bahan kimia organik dan anorganik termasuk unsur logam berat Cr (VI).

Penelitian awal yang telah dilakukan oleh peneliti pada tanggal 17 Maret-20 April 2015 berhasil mendapatkan 5 isolat bakteri yang toleran terhadap logam Cr (VI) hingga konsentrasi 1500 ppm. Isolat tersebut diperoleh dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Pada penelitian ini akan dilakukan seleksi lanjutan berdasarkan kemampuan reduksi logam Cr (VI) sehingga diperoleh bakteri unggulan yang nantinya dapat dijadikan sebagai agen bioremediasi dalam berbagai kasus pencemaran lingkungan oleh limbah yang mengandung logam Cr (VI). Isolat yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi berdasarkan karakter fenotipiknya, untuk mengetahui identitasnya hingga tingkat genus.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah kemampuan isolat bakteri *indigenous* dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga dalam mereduksi logam Cr(VI)?
2. Termasuk ke dalam genus apa sajakah isolat bakteri yang berpotensi untuk menjadi agen bioremediasi logam Cr (VI) tersebut berdasarkan karakter fenotipiknya menggunakan metode *profile matching*?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menyeleksi isolat bakteri *indigenous* dari limbah cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga berdasarkan kemampuannya dalam mereduksi logam Cr (VI).
2. Mengidentifikasi bakteri potensial yang diperoleh berdasarkan karakter fenotipiknya menggunakan metode *profil matching* untuk mengetahui genus dari setiap bakteri potensial tersebut.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan langkah awal pengembangan sistem pengolahan limbah, yaitu diawali dengan isolasi dan kajian kemampuan bakteri. Informasi tentang karakter isolat, identitas, dan kemampuan reduksi selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh Cr (VI).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Isolat Nak 12 dapat dijadikan agen bioremediasi yang potensial berdasarkan kemampuannya dalam mereduksi Cr (VI) 1000 ppm sebanyak 63,18%.
2. Isolat Nak 5, Nak 6, Nak 8 memiliki kemiripan karakter fenotipik dengan genus *Pseudomonas* serta isolat Nak 12 dan Nak 17 dengan genus *Aeromonas* yang didasarkan atas hasil *profil matching* dan *clustering* menggunakan program *Multivariate Statistical Package, version 3.1A* (MVSP).

B. Saran

Berdasarkan penelitian ini maka penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Perlu dilakukan optimasi terhadap kondisi lingkungan yang dibutuhkan kelima isolat bakteri dalam mereduksi Cr (VI).
2. Perlu dilakukan identifikasi secara molekuler (genomik) untuk mengetahui secara tepat dan akurat takson spesies dari kelima isolat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amril, A., Refilda, dan Arifin, B. (2013). Analisis pH, BOD, COD, Logam (Pb, Cu, Cd, Fe, dan Zn) pada Drainase Fakultas MIPA dan Fakultas Farmasi UNAND. *Jurnal Kimia Unand*, 2 (1), 26-33.
- Anonim. (2014). *Hasil Uji Limbah Cair Industri*. Yogyakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Ariono, D. (1996). Bioremediasi Logam Berat di Lingkungan Perairan dengan Bantuan Mikrobial. *Biota*, 1 (2), 23-27.
- Arifin, B., Deswati, dan Loekman, U. (2012). Analisis Kandungan Logam Cd, Cu, Cr, dan Pb dalam Air Laut di Sekitar Perairan Bungus Teluk Kabung Kota Padang. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 9 (2), 139-145
- Asmadi, Endro, S., dan Oktiawan, W. (2009). Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca (OH)₂, NaOH, dan NaHCO₃. *JAI*, 5 (1), 41-54.
- Azamia, M. (2012). *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi*. [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Air dan Air Limbah Bagian 71: Cara Uji Krom Heksavalen (Cr-VI) dalam Contoh uji secara Spektrofotometri*. BSN: Jakarta Pusat.
- Black, J.G. (2008). *Microbiology 7e Principles and Explorations*. Virginia: Marymount university.
- Boone, D.R. dan Castenholz, R.W. (2001). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume One*. New York: Springer.
- Boopathy, R. (2000). Review Paper Factors Limiting Bioremediation Technologies. *Bioresource Technology*, 74, 63-67.
- Brenner, D.J. dan Krieg, N. R. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume Two*. New York: Springer.
- Budiyono, A. (2001). Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. *Berita Dirgantara*, 2 (1), 21-27.

- Chaturvedi, M.K. (2011). Studies on Chromate Removal by Chromium-Resistant *Bacillus* sp. Isolated from Tannery Effluent. *Journal of Environmental Protection*, 2, 76-82.
- Chowdhury, S., Bala, N.N., dan Dhauria, P. (2012). Bioremediation-A Natural Way for Cleaner Environment. *IJPCBS*, 2 (4), 600-611.
- Erdem, B., Kariptas, E., Cil, E., dan Isik, K. (2011). Biochemical Identification and Numerical Taxonomy of *Aeromonas* spp. Isolated from Food Samples in Turkey. *Turk J Biol*, 35, 463-472.
- Evelyn, R. dan Ravisankar, V. (2014). Bioremediation of Chromium Contamination. *International Journal of Research In Earth and Environmental Science*, 1 (4), 20-26.
- Food Safety and Standards Authority of India. (2012). *Manual of Methods Analysis of Foods Microbiological Testing*. New Delhi: Ministry of Health and Family Welfare Government of India.
- Harley, J.P. dan Prescott, L.M. (2002). *Laboratory Exercises in Microbiology*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Hendriyanto. O., Cahyonugroho, dan Hidayah, E.N. (2005). Penyisihan Logam Chrom menggunakan Konsorsium Mikroorganisme. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1 (1), 16-22.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., dan Williams, S.T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition*. United States of America: Lippincott Williams & Wilkins.
- Independent Environmental Technical Evaluation Group. (2005). *Chromium (VI) Handbook*. Boca Raton: CRC Press.
- Januarita, R. dan Herdiansyah. (2003). Adsorpsi Cr (VI) pada Air Hitam. *Indonesian Journal of Chemistry*, 3 (3), 169-175.
- Joutey, N.T., Sayel, H., Bahafid, W., dan Ghachtouli, E.G. (2015). Mechanisms of Hexavalent Chromium Resistance and Removal by Microorganisms. *Springer International Publishing Switzerland*, 233, 45-69.
- Kamaludeen, S.P.B., Arunkumar, K.R., Avudainayagam, S., dan Ramasamy, K. (2003). Bioremediation of Chromium Contaminated Environments. *Indian Journal of Experiment Biology*, 41, 972-985.

- Kardono. (2008). Persyaratan Laboratorium Lingkungan dan Kondisinya di Indonesia. *J.Tek.Ling.*, 9 (2), 109-120...
- Khairani, N., Azam, M., Sofjan, K., dan Soeleman, F. (2007). Penentuan Kandungan Unsur Cr dalam Limbah Tekstil dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Berkala Fisika*, 10 (1), 35-43.
- Koplan, J.P. (2000). *Toxicological Profile for Chromium*. Atlanta: U.S. Departement of Health and Human Services.
- Lewaru, S., Riyantini, I., dan Mulyani, Y. (2012). Identifikasi Bakteri Indigenous Pereduksi Logam Berat Cr (VI) dengan Metode Molekuler di Sungai Cikijing Rancaekek Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3 (4), 81-92.
- Maula, A., Hidayat, N., dan Anggarini, S. (2014). Bioremediasi Logam Kromium pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Isolat Bakteri *Indigenous*. *Teknologi Industri Pertanian FTP UB*.
- Moenir, M. (2010). Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 1 (2), 115-123.
- Nohong. (2010). Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium, dan Besi dalam Air Lindi TPA. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 6 (2), 257-269.
- Pacarynuk, L.H dan Danyk, H.C. (2011). *Biology 3400 Principles of Microbiology Laboratory Manual Spring 2012*. Kanada: The University of Lethbridge.
- Pal, A. dan Paul, A.K. (2004). Aerobic Chromate Reduction by Chromium-Resistent Bacteria Isolated from Serpentine Soil. *Microbial Research*, 159, 347-354.
- Presiden Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Indonesia: Presiden Republik Indonesia.
- Quijano, R. dan Rengam, S.V. (1999). *Awas! Pestisida Berbahaya bagi Kesehatan*. Solo: Yayasan Duta Awam.

- Rini, A., Daud, A., dan Ibrahim, E. (2014). Analisis Risiko Kromium dalam Ikan Kembung dan Kerang Darah pada Masyarakat Wilayah Pesisir Kota Makassar. 2-14.
- Sharma, S. (2012). Bioremediation: Features, Strategies, and Applications. *Asian Journal of Pharmacy and Life Science*, 2 (2), 202-213.
- Said, M. (2009). Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Alumunium Klorida (PAC). *Jurnal Penelitian Sains*, 9 (12), 38-43.
- Turang, Y.Y. (2006). Pegelolaan Bahan Kimia Sisa Analisis Laboratorium. [Thesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N.R., Ludwig, W., Rainey, F.A., Schleifer, K.H., dan Whitman, W. (2009). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three*. New York: Springer
- Whitman, W., Goodfellow, M., Kampfer, P., Busse, H.J., Trujillo, M., Ludwig, W., dan Suzuki, K.I. (2012). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume Five*. New York: Springer
- Widjajanti, E. (2009). Penanganan Limbah Laboratorium Kimia. *Kegiatan PPM Prodi Dik Kim*, 1-8.
- Woodland, J. (2004). *NWFHS Laboratory Procedures Manual Second Edition*. Arizona: Pinetop Fish Health Centre.
- Yazid, M., Bastianudin, A., dan Usada, W. (2007). *Prosiding PPI-PDIPTN 2007: Seleksi Bakteri Pereduksi Cr di Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Metode Ozonisasi*. Yogyakarta: BATAN.
- Zulaika, E., Luqman, A., Arindah, T., dan Sholikhah, U. (2012). Bakteri Resisten Logam Berat yang Berpotensi sebagai Biosorben dan Bioakumulator. *Seminar Nasional Waste Management for Sustainable Urban Development*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan jumlah bakteri dari nilai *Optical Density* (OD)

Jumlah bakteri (cells/mL)= absorbansi x 5.10^8 x pengenceran

Lampiran 2. Pembuatan larutan pengencer

Larutan NaCl 0,85%: dimasukkan 0,4 gr NaCl ke dalam erlenmeyer 200mL yang berisi 50 mL akuades lalu ditutup dengan plastik tahan panas kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama ± 2 jam.

Lampiran 3. Pembuatan larutan pereaksi

Larutan asam sulfanilat: akuades ditambahkan ke dalam 28,7 mL asam asetat glacial hingga volume akhir menjadi 100 mL, dimasukkan 0,8 gr asam sulfanilat, dan diaduk secara perlahan.

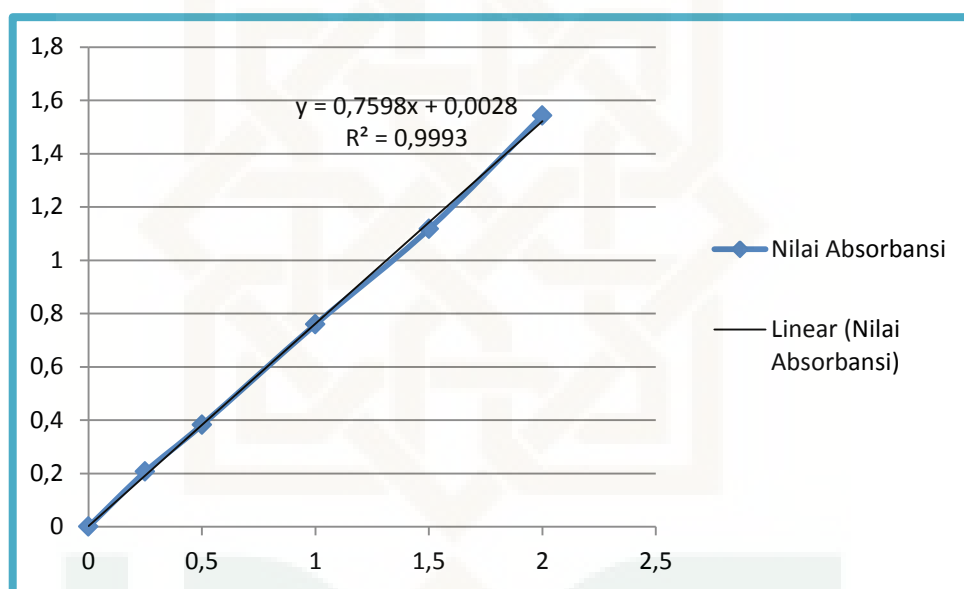
Larutan α -naftalamin: akuades ditambahkan ke dalam 28,7 mL asam asetat glacial hingga volume akhir menjadi 100 mL, dimasukkan 0,5 gr α -naftalamin, dan diaduk sambil dipanaskan secara perlahan

Reagen kovac's: dilarutkan 75 mL n-Amyl alcohol, 25 mL hydrochloric acid, dan 5 gr p-dimethylamine-benzaldehyde secara berurutan.

Malachite green: dilarutkan 5 gr malachite green oxalate ke dalam 100 mL akuades.

Lampiran 4. Penentuan kurva standar larutan kerja Cr (VI)

Deret standar Cr (VI) (ppm)	Nilai absorbansi
0	0
0,25	0.206
0,5	0.382
1,0	0.759
1,5	1.117
2,0	1.542



Keterangan: x=ppm [Cr (VI)], y=Absorbansi, R=Koefisien korelasi

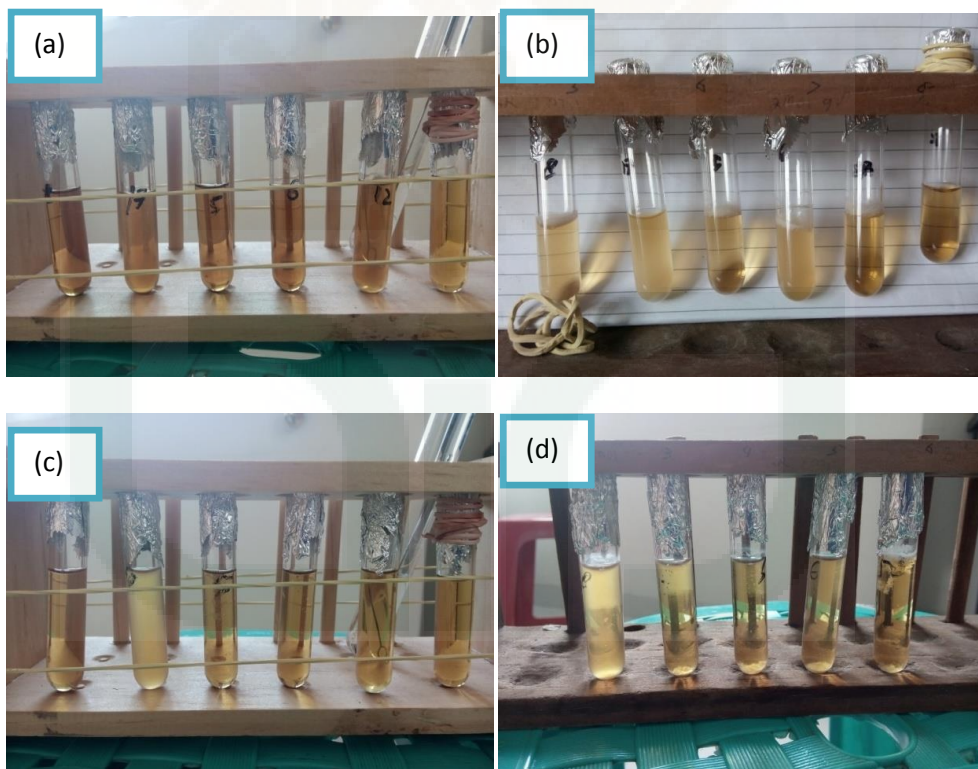
Lampiran 5. Dokumentasi penelitian

1. Gambar sampel larutan kerja uji reduksi Cr (VI)



Keterangan dari kanan ke kiri (ppm): 0; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2

2. Gambar hasil uji suhu



Keterangan: (a) 85°C, (b) 37°C, (c) 4°C, (d) 50°C

3. Uji pH



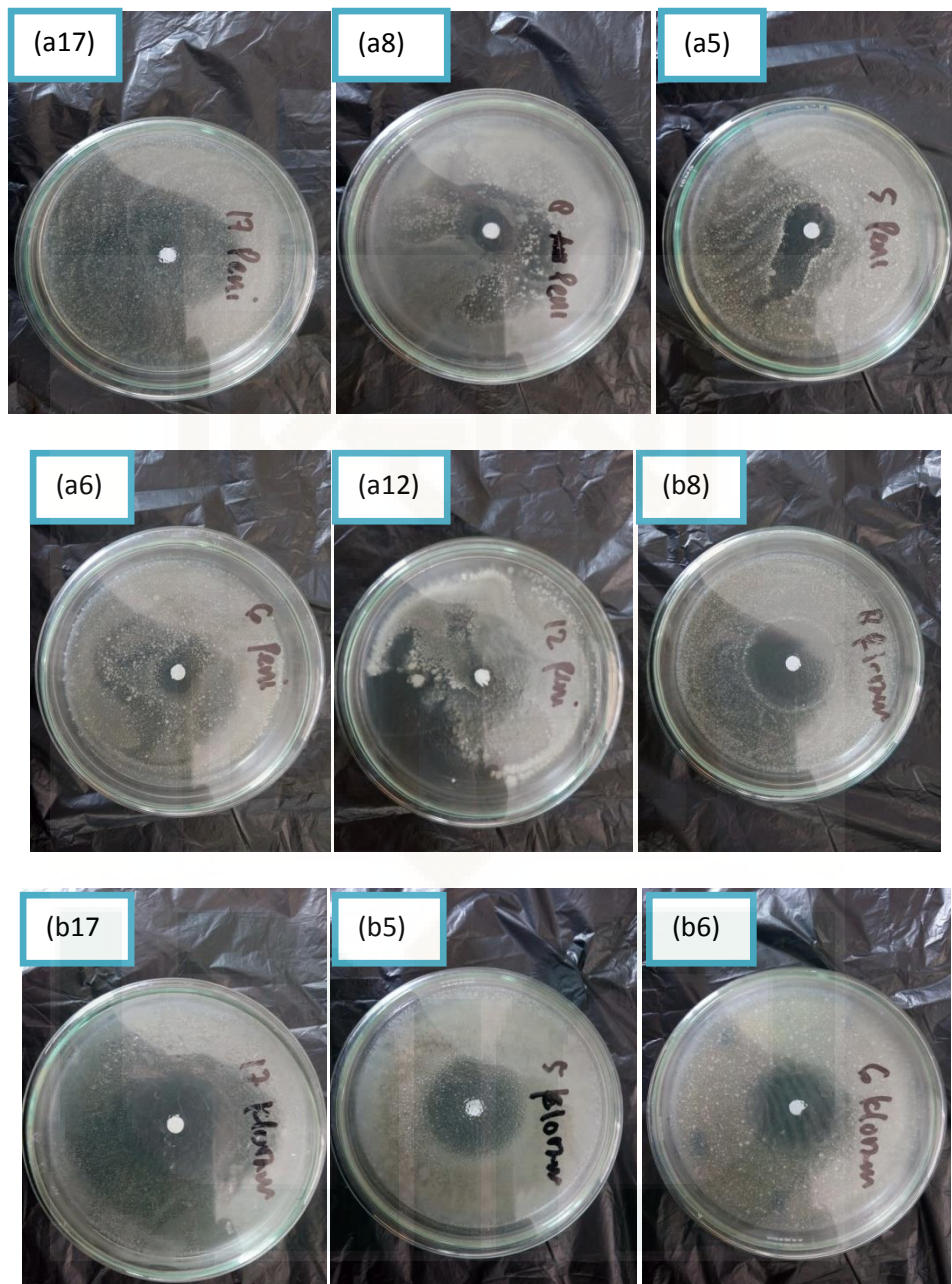
Keterangan: (a) pH 9,0; (b) pH 5,5; (c) pH 8,0; (d) pH 9,5; (e) pH 7,0; (f) pH 8,5

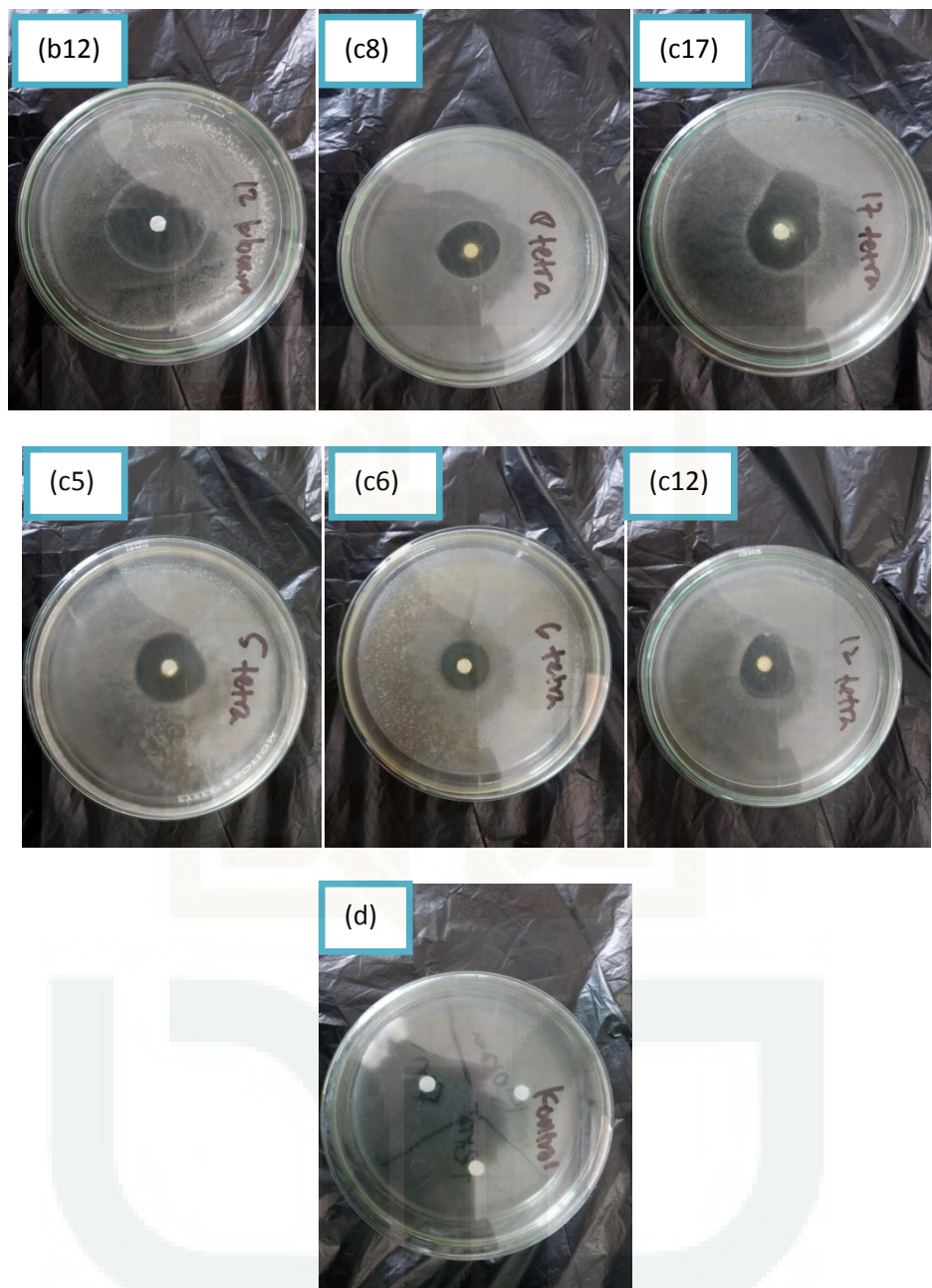
4. Uji NaCl



Keterangan: (a) NaCl 3%; (b) NaCl 6,5%; (c) NaCl 15%; (d) NaCl 20%;
(e) NaCl 5%

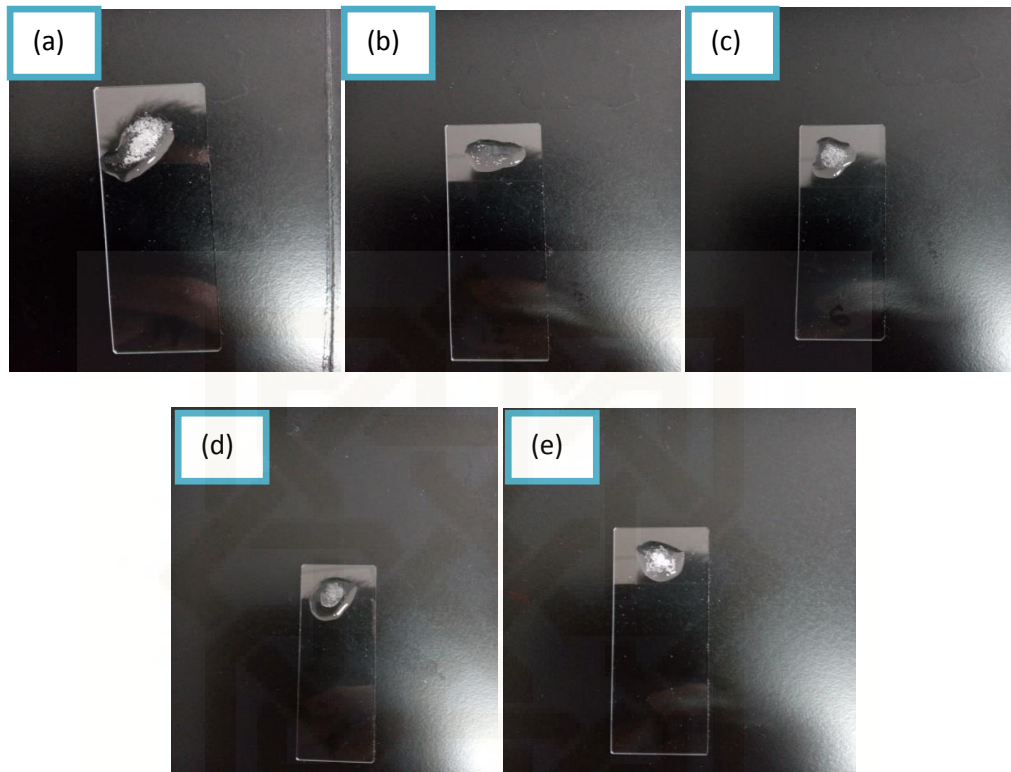
5. Uji antibiotik





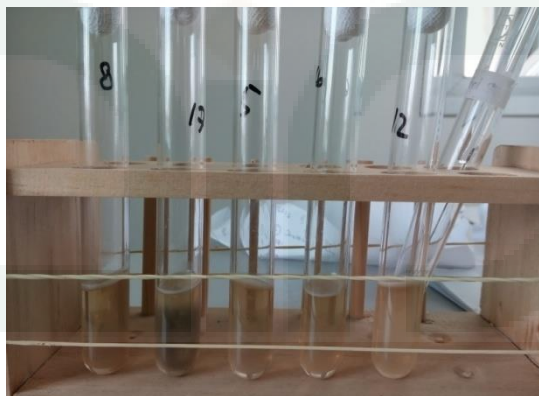
Keterangan: (a) Penicilin, (b) Kloramfenikol, (c) Tetrasiklin, (d) Kontrol

6. Uji katalase



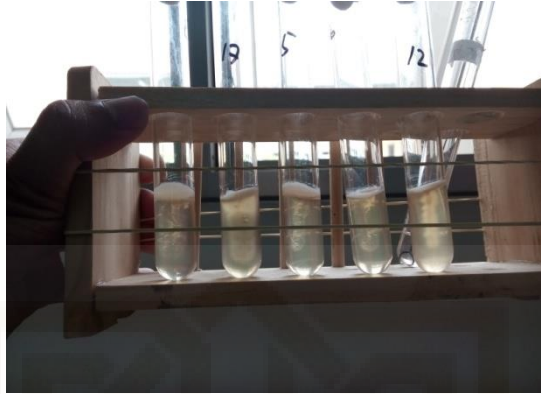
Keterangan: (a) Nak 17. (b) Nak 12, (c) Nak 6, (d) Nak 5, (e) Nak 8

7. Uji produksi H_2S



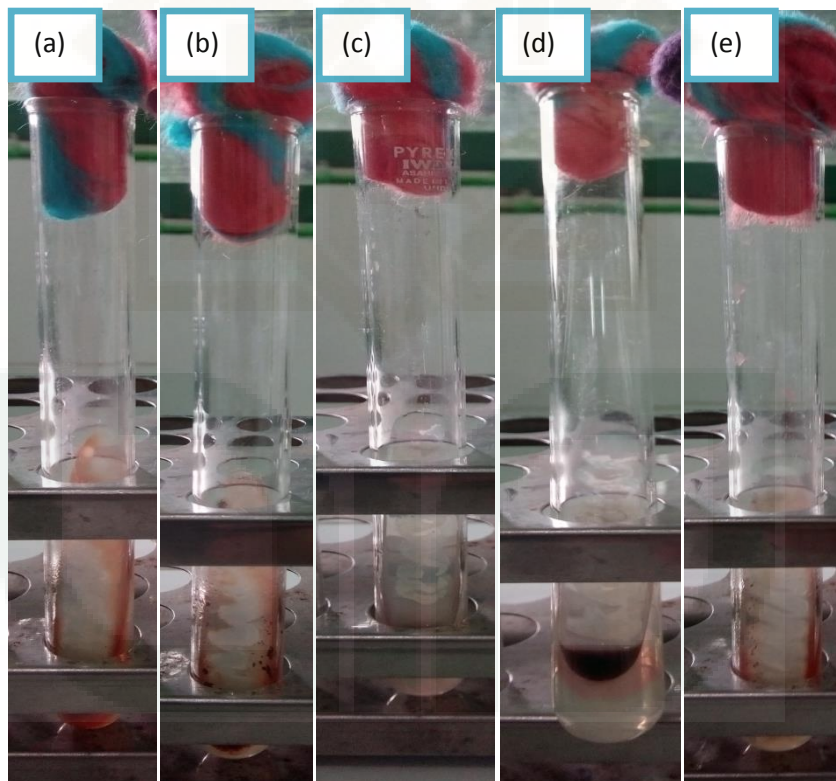
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

8. Uji motilitas



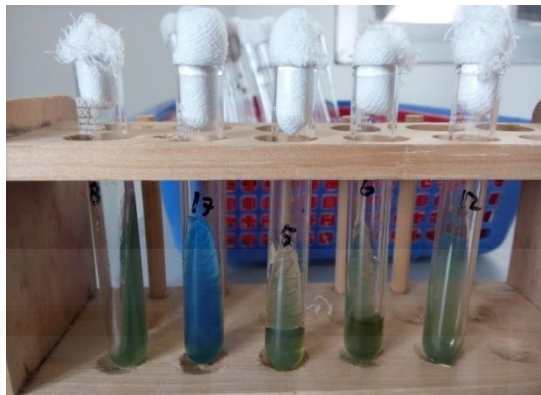
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

9. Uji reduksi nitrat



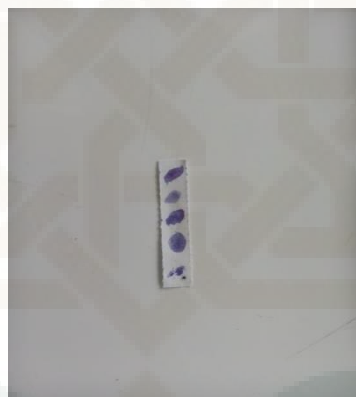
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

10. Uji hidrolisis sitrat



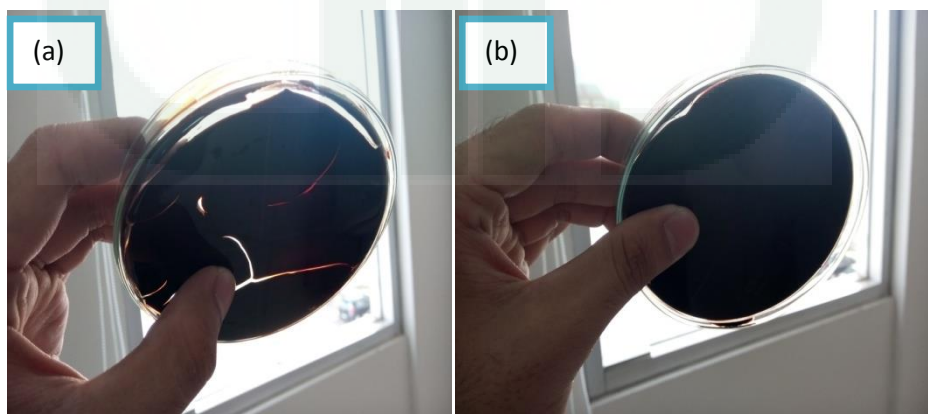
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

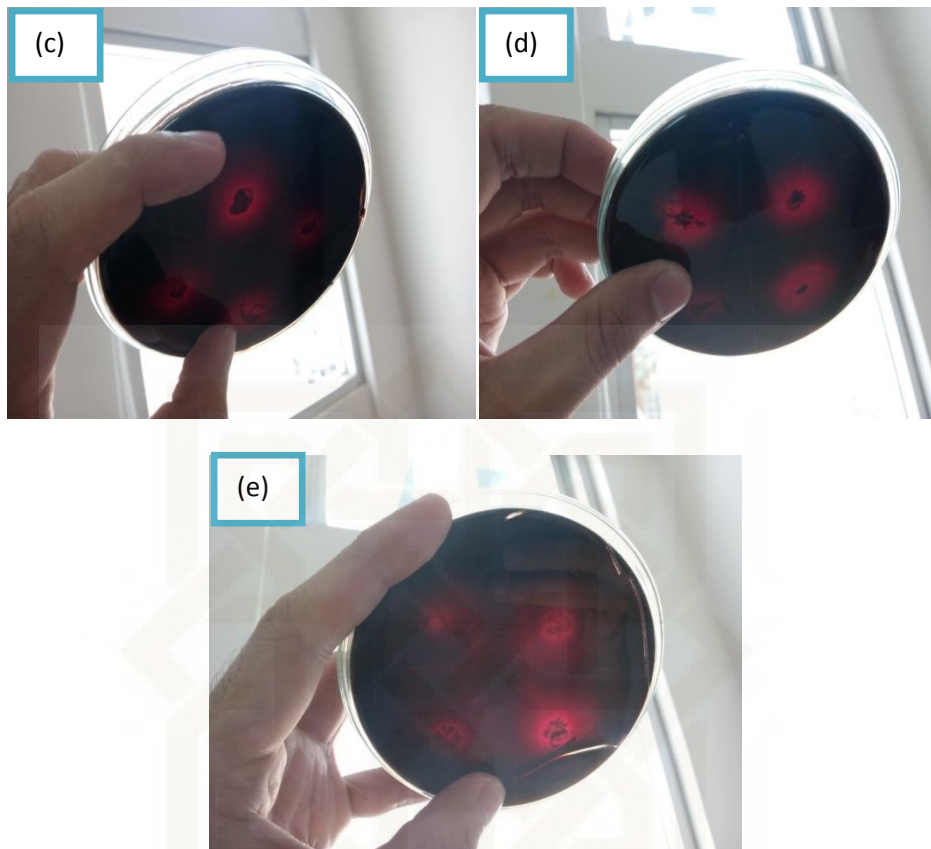
11. Uji oksidase



Keterangan dari atas ke bawah: Nak 8, Nak 6, Nak 12, Nak 5, Nak 17

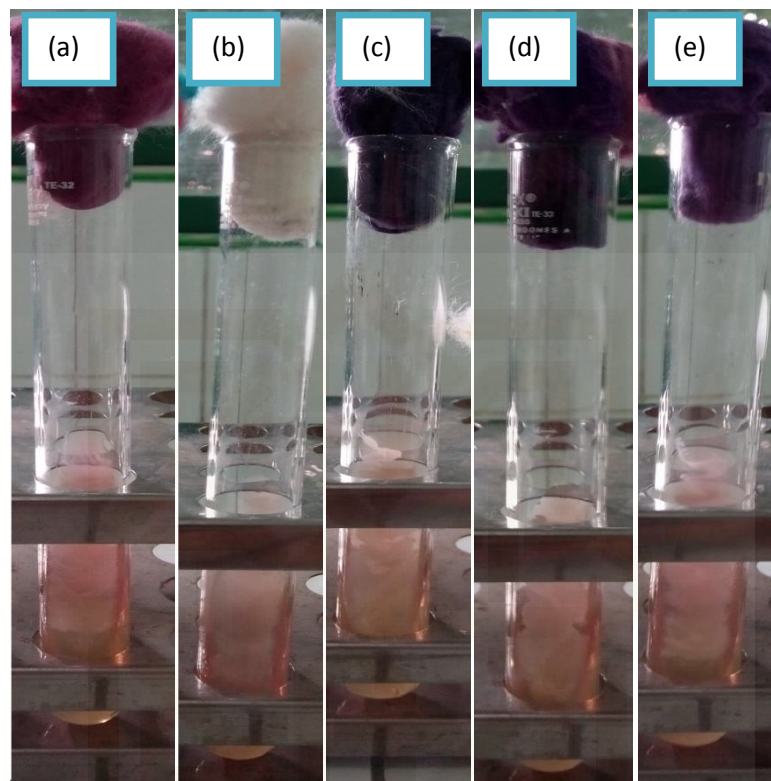
12. Uji hidrolisis pati





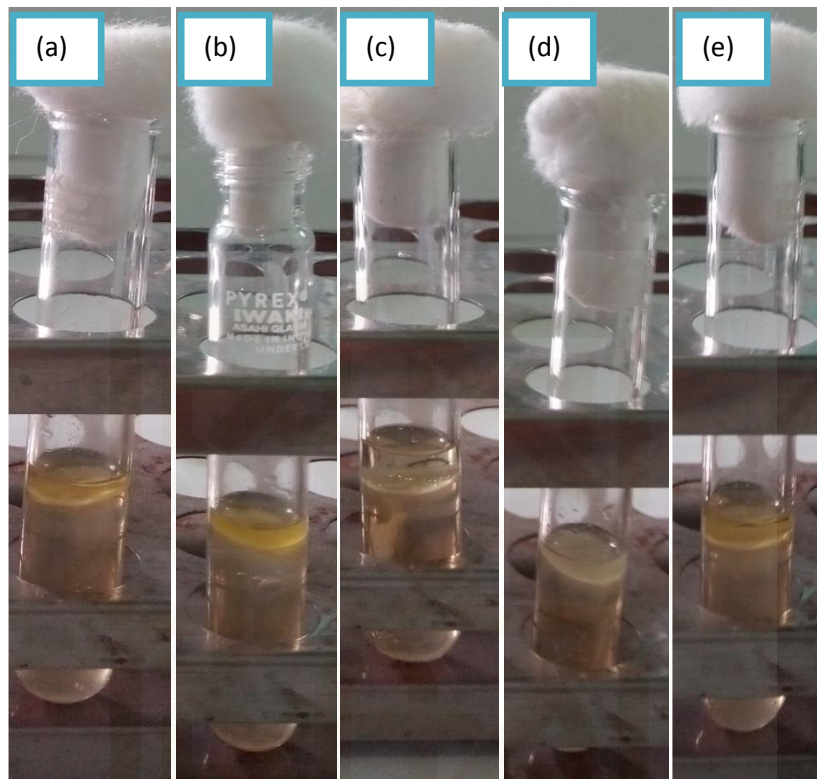
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

13. Uji urease



Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

14. Uji indol



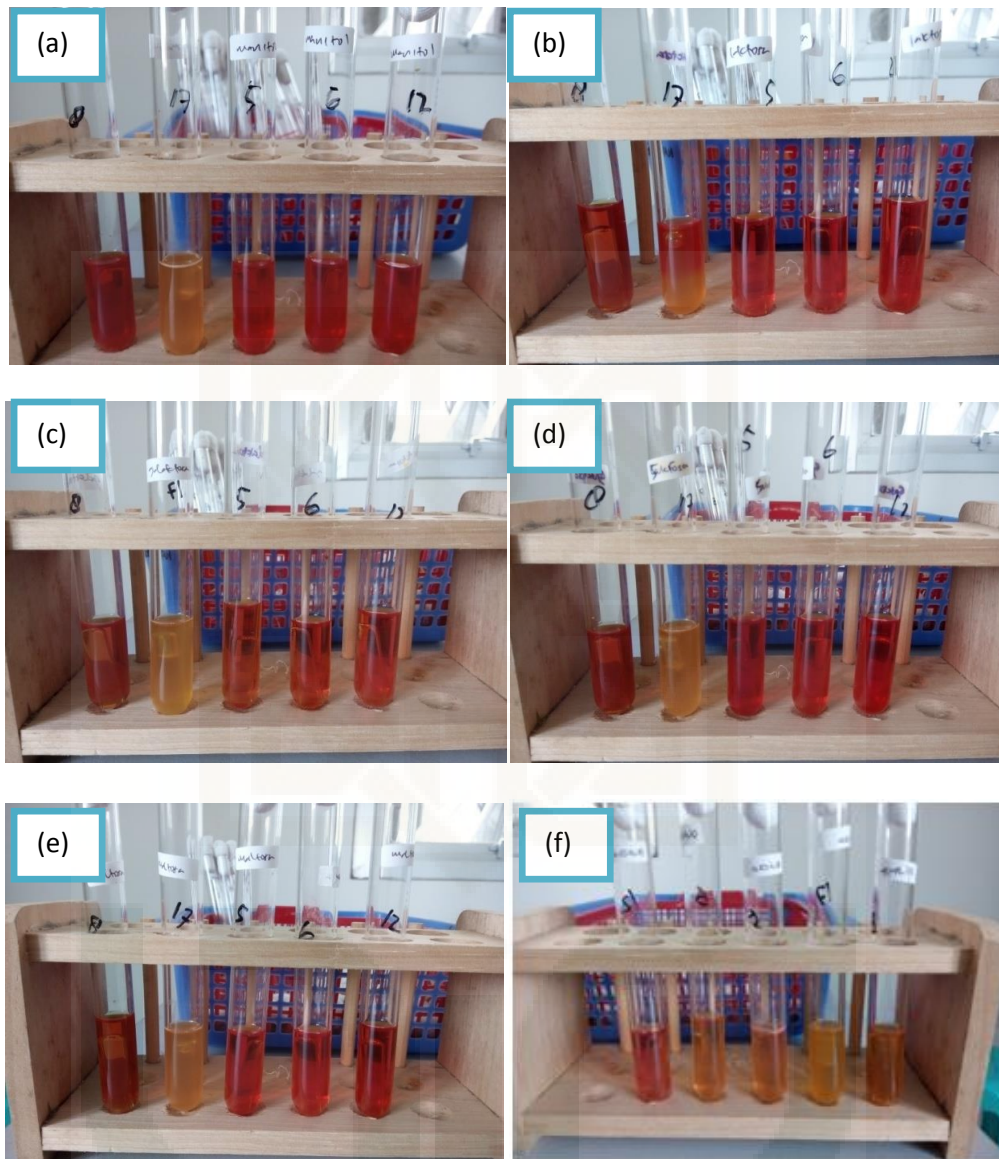
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

15. Uji kebutuhan oksigen



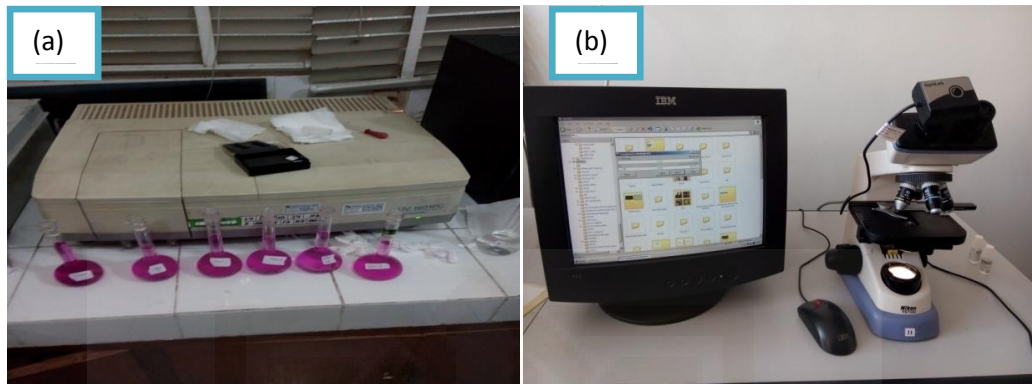
Keterangan: (a) Nak 8, (b) Nak 17, (c) Nak 5, (d) Nak 6, (e) Nak 12

16. Uji fermentasi karbohidrat



Keterangan: (a) Mannitol, (b) Laktosa, (c) Galaktosa, (d) Sukrosa, (e) Maltosa, (f) Glukosa

17. Gambar beberapa alat yang digunakan dalam penelitian



Keterangan: (a) Spektrofotometer UV-160 1PC, (b) Seperangkat komputer dengan software *Optilab Viewer* dan *Image Raster* yang terhubung dengan mikroskop cahaya NIKON

Lampiran 6. Curriculum Vitae

* Data Pribadi



Nama Lengkap : Ahmad Arsyadi
 Tempat, Tanggal Lahir : Pangkal Pinang, 8 Juni 1994
 Jenis Kelamin : Laki-Laki
 Kewarganegaraan : Indonesia
 Agama : Islam
 Status : Belum kawin
 Identitas : KTP no. 1971040808940003
 Alamat Asal : Jl. Mentok RT/RW: 01/01, No. 56 Kel. Keramat
 Kec. Rangkui Kota Pangkal Pinang, Provinsi
 Bangka Belitung
 Alamat Domisili : Kost Putra, Bapak Muhsiran, Sapen GK 1/479,
 RT/RW: 27/08, Kel. Demangan, Kec. Gondo
 Kusuman, Kota Yogyakarta, Provinsi DIY.
 Yogyakarta
 No. Kontak : 081931779696
 Email : adizia25@yahoo.com

* Pendidikan Formal

2000-2006	: SDN 19 Pangkal Pinang
2006-2009	: MTS Plus Bahrul Ulum Sungailiat
2009-2012	: SMA Plus Bahrul Ulum Sungailiat
2012-Sekarang	: Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta (semester tujuh)

* Pendidikan Informal

2009-2012	: Menjadi santri di Ponpes Bahrul Ulum Sungailiat
-----------	---

* Pengalaman Organisasi

2011-2012	: Sekretaris OSIC (Organisasi Santri Islamic Centre)
2013-2014	: Pengurus ISBA (Ikatan Siswa Bangka)
2013-2015	: Pengurus HIMA Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga
2014-2015	: Ketua Kelompok Studi Bioenter Sc. (KS Biologi)
2012-Sekarang	: Ketua HMPI (Himpunan Mahasiswa Penerus ISBA) Angkatan 2012

*Pengalaman Training

2012	: Leadership (Pelatihan LADA/Latihan Dasar Anggota ISBA II)
2013	: Manajemen (Workshop Seharusnya Biologi Berwirausaha)
2014	: Manajemen (Pemagangan Mahasiswa pada Dunia Usaha)

* Prestasi Akademik

2011 : Juara II Umum Siswa SMA Plus Bahrul Ulum

2012 : Juara I Umum Siswa SMA Plus Bahrul Ulum

*Prestasi Non-Akademik

2012 : Juara I MTQ Tingkat Kabupaten Bangka

2012 : Juara I MTQ Tingkat Provinsi Bangka Belitung

2012 : Perwakilan Kontingen Provinsi Bangka Belitung
MTQ Tingkat Nasional

Demikian identitas diri saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 28 Juni 2016

(Ahmad Arsyadi)