

**KAJIAN KEMAMPUAN DEGRADASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI
PENDEGRADASI FENOL DARI LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT TIPE C**

Skripsi



Diajukan Kepada Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
Strata Satu Biologi

Disusun oleh:

Widyani Nurmalasari Lucky

08640016

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2012**



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3613/2012

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Kajian Kemampuan Degradasi dan Identifikasi Bakteri
Pendegradasi Fenol dari Limbah Cair Rumah Sakit Tipe C

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Widyani Nurmalasari Lucky
NIM : 08640016
Telah dimunaqasyahkan pada : 19 Oktober 2012
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

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

Penguji I

Lela Susilawati, M.Si
NIP.19790127 200901 2 004

Penguji II

Erny Qurotul Ainy, S.Si., M.Si
NIP. 19791217 200901 2 004

Yogyakarta, 31 Oktober 2012

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

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 : Widyani Nurmalasari Lucky

NIM : 08640016

Judul Skripsi : **“KAJIAN KEMAMPUAN DEGRADASI DAN
IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI FENOL
DARI LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT TIPE C”**

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 program studi biologi.

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 4 Oktober 2012

Pembimbing I



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widyani Nurmallasari Lucky
NIM : 08640016
Prodi/Smt : Biologi/ IX
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 4 Oktober 2012

Yang Menyatakan,



Widyani Nurmallasari Lucky
NIM. 08640016

KATA PENGANTAR

Syukur *Alhamdulillah* segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan skripsi S-1. Shalawat serta salam senantiasa penyusun sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, dan para sahabatnya yang merupakan suri tauladan bagi kita semua.

Penyusun menyadari bahwa berkat bantuan dari berbagai pihak yang berupa moral dan material, laporan ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini penyusun mengucapkan rasa terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Drs. H. Akhmad Minhaji, M.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Arifah Khusnuryani, M.Si., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian yang Insya Allah bermanfaat bagi penyusun untuk saat ini dan hari esok yang akan datang.
3. Ibu Lela Susilawati, M.Si., selaku dosen Biologi yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulisan skripsi.
4. Ibuku tersayang yang telah mengajarkanku untuk terus berjuang dan pantang menyerah.
5. Adik-adikku tersayang yang selalu memberikan do'a dan motivasi.

6. Mbak Eko, Iffa, Nor, Naily yang selalu membimbingku dan memberi banyak masukan atas penelitian ini.
7. Teman-teman seperjuangan “Biologi08”, terimakasih atas segala kebersamaan dan bantuannya selama pelaksanaan penelitian. Semoga kita menjadi generasi yang berguna bagi Agama, Nusa dan Bangsa.
8. Semua pihak yang telah memberikan manfaat sekecil apapun, yang turut membantu dalam memberikan motivasi dan doanya.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki laporan selanjutnya. Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan wawasan dan manfaat bagi kita semua. Amin.

Yogyakarta, 4 Oktober 2012

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kepada ibuku yang tercinta, yang slalu mengajarkan aku untuk terus berjuang, semangat, bersyukur, bahagia, ikhlas dalam kondisi apapun.

Kepada adik-adikku tersayang yang selalu memberikan aku banyak warna, cerita dan canda.

Kepada suamiku tersayang yang telah membuka mataku bahwa masih ada dunia lain di luar sana. Suka atau tidak kita harus menghadapinya.

Kepada dosen-dosenku yang ku hormati. Terimakasih sudah memberikan banyak ilmu, membuka wawasan baru kepadaku. Semoga ilmu-ilmu tersebut bermanfaat sehingga aku menjadi orang yang lebih bijaksana.

Kepada kawan-kawanku, selamat berjuang, berjuang meraih mimpi kalian.

Kepada almamater tercinta, Program Studi Biologi, Fakultas Sains da Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

HALAMAN MOTTO

Tetap

SEMANGAT dan BERJUANG

Tetap

BERSYUKUR, IKHLAS dan TABAH

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Rumah Sakit	7
B. Limbah Rumah Sakit	8
C. Fenol	10
D. Pemanfaatan Fenol	12
E. Bahaya Fenol	13
F. Proses Degradasi Fenol	16
G. Mikroorganisme Perombak Fenol	18
BAB III. METODE PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Alat dan Bahan	21
C. Cara Kerja	21

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Kemampuan Degradasi Fenol	29
B. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri yang Toleran hingga 10.000 ppm	30
C. Identifikasi Bakteri Tingkat Genus (<i>Generic Assignment</i>) dengan Metode <i>Profile Matching</i>	34
D. Klasifikasi Fenetik dengan Metode Numerik	36
E. Pembahasan	38
BAB V. PENUTUP	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Macam-macam manfaat Fenol	12
Tabel 2. Efek fenol terhadap bagian-bagian tubuh	14
Tabel 3. Unit karakter fenotipik yang diujikan	23
Tabel 4. Nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay yang mengandung fenol (300 ppm).....	29
Tabel 5. Hasil pengamatan pertumbuhan bakteri selama proses degradasi fenol (cfu/mL)	30
Tabel 6. Karakter fenotipik bakteri yang toleran hingga 10.000 ppm	33
Tabel 7. <i>Profile matching</i> isolat bakteri dengan beberapa genus yang diketahui	35
Tabel 8. Uji fenotipik isolat bakteri yang toleran terhadap fenol hingga 10.000 ppm	36
Tabel 9. Matriks similaritas (Ssm) antar isolat bakteri yang toleran fenol hingga 10.000 ppm berdasarkan uji fenotipiknya terhadap 40 karakter (%)	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur kimia fenol.....	10
Gambar 2. Proses degradasi fenol secara aerob	19
Gambar 3. Proses degradasi fenol secara anaerob.....	20
Gambar 4. Morfologi koloni isolat bakteri yang toleran fenol (10.000 ppm) a. TA2; b. TA3; c. TA6; d. S1 e. S3.....	31
Gambar 5. Morfologi sel isolat bakteri yang toleran fenol (10.000 ppm) a. TA2; b. TA3; c. TA6; d. S1 e. S3.....	31
Gambar 6. Dendrogram yang menunjukkan hubungan antarspesies isolat bakteri yang toleran fenol 10.000 ppm berdasarkan indeks similaritas menggunakan cara Ssm	37
Gambar 7. Grafik hubungan antara penurunan nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay fenol (300 ppm) dengan pertumbuhan isolat bakteri TA2	40
Gambar 8. Grafik hubungan antara penurunan nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay fenol (300 ppm) dengan pertumbuhan isolat bakteri TA3	40
Gambar 9. Grafik hubungan antara penurunan nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay fenol (300 ppm) dengan pertumbuhan isolat bakteri S3.....	41
Gambar 10. Grafik hubungan antara penurunan nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay fenol (300 ppm) dengan pertumbuhan isolat bakteri TA6.....	43
Gambar 11. Grafik hubungan antara penurunan nilai OD (λ 750nm) pada media ramsay fenol (300 ppm) dengan pertumbuhan isolat bakteri S1.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil uji reduksi fenol dan pertumbuhan bakteri	52
Lampiran 2. Bakteri yang toleran fenol 10.000 ppm	53
Lampiran 3. Hasil karakterisasi bakteri yang toleran fenol 10.000 ppm	54
Lampiran 4. Cluster analysis	57

KAJIAN KEMAMPUAN DEGRADASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI FENOL DARI LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT TIPE C

Oleh :

Widyani Nurmalasari Lucky

08640016

ABSTRAK

Rumah sakit merupakan salah satu sarana yang berfungsi memelihara dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Rumah sakit dapat menjadi sumber penularan penyakit dan pencemaran lingkungan jika limbah cair yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik. Salah satu komponen organik yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit adalah fenol. Fenol merupakan senyawa hidrokarbon aromatik dengan rumus kimia C_6H_5OH . Fenol biasanya digunakan di rumah sakit sebagai antiseptik dan disinfektan. Fenol memiliki efek bius lokal yang dapat mempengaruhi sistem syaraf pusat, kerusakan hati, iritasi, mutagenik dan karsinogenik. Hasil uji toleransi terhadap fenol, didapatkan 5 isolat yang toleran fenol 10.000 ppm, yaitu TA2, TA3, TA6, S1 dan S3. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan bakteri dalam mendegradasi fenol dan pertumbuhannya selama proses degradasi serta identifikasi bakteri yang toleran terhadap fenol hingga 10.000 ppm. Uji kemampuan degradasi dilakukan dengan menginokulasikan isolat ke dalam medium ramsay yang mengandung fenol 300 ppm dengan masa inkubasi 96 jam. Setiap 6 jam dilakukan pengukuran konsentrasi fenol dan pertumbuhan bakteri. Identifikasi dilakukan dengan metode *Profile Matching*. Isolat TA6 dan S1 menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam mendegradasi fenol berdasarkan nilai OD_{750} masing-masing sebesar 82% dan 76% selama inkubasi 96 jam. Pertumbuhan isolat TA6 dan S1 selama proses degradasi fenol mengalami peningkatan jumlah sel bakteri. Berdasarkan metode *profile matching*, isolat TA6 dan S3 diduga merupakan anggota genus *Basillus*, isolat TA2 sebagai anggota genus *Pseudomonas*, isolat S1 sebagai anggota genus *Escherichia* serta isolat TA3 sebagai anggota genus *Micrococcus*.

Kata Kunci : Degradasi fenol, limbah cair Rumah Sakit, identifikasi.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit merupakan salah satu sarana kesehatan yang berupaya untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Rumah sakit sebagai sarana kesehatan tidak hanya terdiri dari balai pengobatan dan tempat praktik dokter saja, tetapi juga terdiri dari beberapa unit-unit pendukung lainnya, seperti ruang operasi, laboratorium, farmasi, administrasi, dapur, *laundry*, pengolahan sampah dan limbah, serta penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan (Djaja dan Maniksulistya, 2006).

Kegiatan-kegiatan dari setiap unit rumah sakit tidak hanya menimbulkan dampak positif saja tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak positif dari kegiatan rumah sakit, yaitu dapat meningkatkan kesehatan masyarakat sedangkan dampak negatifnya adalah rumah sakit dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan (Surat Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1204, 2004). Semua dampak negatif kegiatan rumah sakit tersebut berasal dari limbah rumah sakit yang tidak dikelola dengan baik (Djaja dan Maniksulistya, 2006).

Limbah rumah sakit dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu limbah padat, cair dan gas (Waluyo, 2009). Salah satu limbah rumah sakit yang memerlukan perlakuan khusus adalah limbah cair rumah sakit. Limbah cair rumah sakit adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair yang memungkinkan

mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun dan bahan radioaktif (Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan hidup No. 58, 1995).

Limbah cair yang berasal dari rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, mengandung senyawa-senyawa kimia yang berbahaya serta mengandung mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Meskipun telah diterbitkan Keputusan Menteri No. 58/MNKLH/121995 tentang baku mutu limbah cair rumah sakit namun isi kebijakan dalam implementasinya hanya diarahkan secara *ad hoc*, tanpa kehati-hatian yang tinggi.

Banyak rumah sakit yang belum memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Berdasarkan hasil *Rapid Assessment* tahun 2002 yang dilakukan oleh Ditjen Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan (P2MPL) Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi yang melibatkan Dinas Kesehatan Kabupaten dan Kota, menyebutkan bahwa dari 648 rumah sakit di Indonesia hanya 49% saja yang memiliki *incinerator* dan 36% yang memiliki IPAL. Dari 36% tersebut hanya 52 % kualitas air limbah cair yang telah melalui proses pengolahan dan memenuhi syarat baku mutu pemerintah (Departemen Kesehatan, 2006).

Rumah sakit yang belum memiliki IPAL tersebut akan membuang limbah cairnya ke sistem perairan umum dengan perlakuan minimal atau justru tanpa perlakuan. Rumah sakit yang telah memiliki IPAL juga belum menghasilkan *effluent* yang memenuhi standar baku mutu lingkungan sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995. Substansi limbah cair rumah sakit yang

termasuk limbah bahan berbahaya beracun (B3) tidak dicermati sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku. Dengan demikian, keberadaan IPAL di lingkungan rumah sakit tidak memenuhi peraturan (Sugeha, 2008). Limbah cair rumah sakit yang tidak diolah dengan baik tersebut jika masuk ke dalam badan air maka dapat menyebabkan kerugian dan kerusakan bagi penduduk yang memanfaatkan badan air tersebut.

Salah satu komponen organik yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit adalah fenol. Fenol digunakan sebagai antiseptik, disinfektan dalam industri farmasetikal (Gerrard, *et.al.*, 2006). Fenol merupakan senyawa organik yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan kerusakan yang serius bagi kesehatan. Fenol memiliki efek *anestetik* (bius) lokal, dapat mempengaruhi sistem syaraf pusat, merusak organ dalam manusia, kebutaan, gangguan pencernaan, kerusakan hati dan ginjal serta dapat menyebabkan iritasi pada kulit (Auschwitz, 2006). Fenol juga memiliki efek mutagenik dan karsinogenik (Bolanos, *et.al.*, 2001).

Paparan fenol dengan rute apapun dapat menyebabkan keracunan sistemik. Fenol bersifat korosif dan menyebabkan luka bakar kimia. Bila terkena kulit menyebabkan nekrosis (Basha, *et.al.*, 2010). Koma dan kejang dapat terjadi dalam beberapa menit atau mungkin tertunda sampai 18 jam setelah terpapar. Gejala lainnya termasuk mual, muntah, diare, *methemoglobinemia*, *hemolitik*, anemia, berkeringat hipotensi, *aritmia* dan *pulmonary edema* (Basha, *et.al.*, 2010).

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*Environmental Protection Agency /EPA*) menetapkan ambang batas kandungan fenol dalam air

sungai dan danau sebesar 0,3 mg/l, sedangkan Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2010 menetapkan batas ambang maksimal kadar fenol dalam limbah rumah sakit tipe C adalah 1 mg/L. Rumah sakit tipe C merupakan rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran subspesialis terbatas. Berkaitan dengan hal tersebut maka perlu dilakukan tindakan untuk menurunkan kandungan fenol dalam limbah cair sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

Pengolahan limbah fenol dapat dilakukan secara ekstraksi pelarut, adsorpsi, oksidasi kimia, pembakaran dan metode non biologis, namun metode non biologis tersebut memiliki kelemahan serius seperti biaya tinggi, terbentuknya produk samping yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Pengolahan limbah secara biologis memiliki beberapa kelebihan, yaitu biaya lebih rendah dan termineralisasi lebih sempurna (Basha, *et.al.*, 2010; Kariminiaae-Hamedani, *et.al.*, 2007).

Bioremediasi merupakan salah satu teknologi yang menggunakan agen-agen biologi untuk merehabilitasi lingkungan yang terkontaminasi menjadi zat-zat yang tidak berbahaya bagi lingkungan atau kesehatan manusia. Agen-agen biologi yang dipakai dapat berupa enzim, sel-sel bakteri, atau tanaman (Waluyo, 2009). Proses bioremediasi dapat dilakukan secara bioaugmentasi, yaitu penambahan atau introduksi satu jenis bakteri atau lebih, baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat (Irianto, 2007). Sel-sel bakteri tersebut dapat diisolasi dari sumber polutan maupun dari sumber yang tidak terkontaminasi polutan. Penelitian ini menggunakan sel-sel bakteri yang diisolasi

dari sumber polutan, yaitu limbah cair rumah sakit tipe C. Penggunaan sel bakteri yang berasal dari sumber polutan memiliki keuntungan, yaitu tidak perlu melakukan pengontrolan kondisi sumber polutan agar bakteri dapat tumbuh dengan optimal karena bakteri *indigenous* sudah teradaptasi dengan lingkungan asalnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dari limbah cair rumah sakit tipe C dalam mendegradasi fenol berdasarkan penurunan nilai OD pada λ 750nm yang dilakukan dengan metode spektrofotometer dan pertumbuhannya selama proses degradasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh bakteri unggul yang dapat mendegradasi fenol dengan konsentrasi tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah kemampuan bakteri yang telah diisolasi dari limbah cair rumah sakit tipe C dalam mendegradasi fenol?
2. Bagaimanakah pertumbuhan bakteri dari limbah cair rumah sakit tipe C selama proses degradasi?
3. Bagaimanakah identifikasi isolat bakteri yang toleran terhadap fenol hingga 10.000 ppm berdasarkan uji fenotipiknya menggunakan metode *profil matching*?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan bakteri dari limbah cair rumah sakit tipe C dalam mendegradasi fenol .
2. Mengetahui pertumbuhan bakteri dari limbah cair rumah sakit tipe C selama proses degradasi.
3. Mengetahui identifikasi bakteri yang toleran terhadap fenol hingga 10.000ppm.

D. Manfaat Penelitian

1. Memperoleh isolat bakteri unggul yang dapat mendegradasi fenol dari limbah cair rumah sakit tipe C.
2. Hasil penelitian dapat mengembangkan ilmu biologi terutama pengolahan limbah dengan agen bakteri.
3. Hasil penelitian dapat digunakan untuk pengembangan sistem pengolahan limbah cair rumah sakit secara efektif , efisien dan murah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Isolat TA6 dan S1 menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam mendegradasi fenol berdasarkan nilai OD₇₅₀ masing-masing sebesar 82% dan 76% selama inkubasi 96 jam.
2. Pertumbuhan isolat TA6 dan S1 selama proses degradasi fenol mengalami peningkatan jumlah sel bakteri.
3. Berdasarkan metode *profile matching*, isolat TA6 dan S3 diduga merupakan anggota genus *Basillus*, isolat TA2 sebagai anggota genus *Pseudomonas*, isolat S1 sebagai anggota genus *Escherichia* serta isolat TA3 sebagai anggota genus *Micrococcus*.

B. Saran

1. Diperlukan penelitian dan identifikasi lebih lanjut guna mengetahui klasifikasi bakteri sampai tingkat spesies.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kombinasi bakteri tersebut dalam mendegradasi fenol.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui faktor-faktor lingkungan seperti pH dan temperatur yang optimal untuk pertumbuhan bakteri pendegradasi fenol.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Phenol (Update)*. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.
- Al-Thani, Roda F., Desouky A.M., Abd-El-Haleem, Mona Al-Shamri. 2007. *Isolation, biochemical and molecular characterization of 2-chlorophenol-degrading Bacillus isolates*. African Journal of Biotechnology Vol. 6 (23), pp.2675-2681.
- Annadurai G, Balan M.S, Murugesan T . 2000. *Design of experiments in the biodegradation of phenol using immobilized Pseudomonas pictorium (NICM – 2077) on activated carbon*. Bioproc. Eng. 22: 101-107.
- Annadurai, G., Lai Yi Ling. & Jiunn-Fwu Lee. 2007. *Biodegradation of phenol by Pseudomonas pictorum on immobilized with chitin*. African J. Biotechnol., 6(3):296-303.
- Annadurai, G., Lai Yi Ling. & Jiunn-Fwu Lee. 2008. *Statistical optimization of medium components and growth conditions by response surface methodology to enhance phenol degradation by Pseudomonas putida*. J. Hazard. Mater., 151:171-178.
- Aoyamah., Araki M., Hojoh., Hakahashi K., Schimizu N., Tanaka N., Akasada M., Shir Asaka N., Nakashima N., Yamamotoe. A Twogeneration. 2002. *Reproductive toxicity study in rats with 2,4-dichlorophenol*. Cogenit. Anom. Kyoto. 42, 270.
- Arai, H., Tohru Ohishi, Mee Young Chang and Toshiaki Kudo. 2000. *Arrangement and regulation of the genes for meta-pathway enzymes required for degradation of phenol in Comamonas testosteroni TA441*. Microbiology (2000), 146, 1707–1715.
- Auschwitz. 2006. *Killing through phenol injection*. Johannes Kepler University, Linz: Austria.
- Basha, K. M. D. Aravindan R. Vivuthagiri T. 2010. *Recent Advances in The Biodegradation of Phenol: A review*. Asian J. Exp. Biol.Sci., Vol 1(2) 2010: 219-234.
- Bolanos, R.M.L., Varesche MBA., Zaiat M, Foresti E. 2001. *Phenol Degradation in Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized biomass (HAIB) Reactor Under Meshopilic Conditions*. Water Sci. Technol. 44: 167-174.
- Bukowska, B., Duda W. 2000. *3-Dimethylamino phenol Induced Oxidative change in human red blood cells*. Current. Topics biophys. 22, 3.

- Bukowska B., Goszczyński A K., Duda W. 2003. *Effect Of 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid and 2,4-dimethylphenol On human erythrocytes*. Pest. Biochem. Physiol. 77, 92.
- Bukowska B. 2004. *2,4,5-t and 2,4,5-tcp induce oxidative Damage in human erythrocytes: role of glutathione*. Cell Biol. Int. 28, 557.
- Bukowska, B., Kow Alsk A S. 2004. *Phenol and catechol Induce prehemolytic and hemolytic changes in human Erythrocytes*. Toxicol. Lett. 152, 73.
- Bukowska B., Hutnik K. 2006. *Phenoxyherbicides and Their derivatives: effect on the activity of erythrocytes acetylcholinesterase (in vitro)*. Pesticide biochem. Physiol. 85, 174.
- Chandra, H. 1999. *Hospital Waste, An Environmental Hazard and Its Management*, EnviroNews, Newsletter of International Society for Environmental Botanists-Indie, Vol.5 No.3, July 1999, www.geocities.com/isebidia/95_99/99-07-2.html, diakses tanggal 23 Mei 2006.
- Clark, J. 2006. *The acidity of Phenol*. Chem Guide. Diakses pada 28 Oktober 2006.
- Departemen Kesehatan. 2006. *Penangan Limbah Medis Tajam Harus Segera Dibenahi*. <http://www.depkes.go.id.html>.2006.
- Djaja, I made dan Dwi Maniksulstya. 2006. *Gambaran Pengolahan Limbah cair Rumah Sakit X Jakarta*. Makara, Kesehatan, Vol. 10, No. 2, Desember 2006: 60-63.
- Dong Fu-Min, L, Wang, C.M.Wang, J.P. Cheng, Z.Q He, Z.J.Sheng, and R.E Shen. 1992. *Molecular cloning and Mapping of phenol Degradation genes from Bacillus stearothermophilus FDTP-3 and Their Expression in E.Coli*. Appl. Environ. Microbiol. 58:2531-2535.
- Duchnowicz P., Koterm., DudaW. 2002. *Damage of Erythrocyte by phenoxyacetic herbicides and their metabolites*. Pest. Bioch. Physiol. 74, 1.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1989. *Toxicological Profile for Phenol December*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry United States Public Health Service. <http://www.eco-usa.net/toxics/chemicals/phenol.shtml>. Diakses 28 april 2011.
- Firozjaee, T.T., Ghasem D.N., Maryam K., Zeinab B., Roya P., dan Nafise M. 2011. *Phenol Biodegradation Kinetics in a Anaerobic Batch Reactor*. Iranica Journal of Energy and Environment 2(1):68-73.
- Gerrard, A.M., Jan p.j., Alena K.J.P., Marie S., dan Carlos R.S. 2006. *Simple Models for the Continous Aerobic Biodegradation of Phenol in Packed Bed Reactor*. Vol.49, n. 4:pp. 669-676, ISSN 15 16-8913.

- Gurujayalakshmi, G. And P. Oriel. 1998. *Isolation of Phenol-Degrading Bacillus stearothermophilus and Partial Characterization of Phenol Hydroxylase*. Appl. Environ. Microbiol. 55:500-502.
- Irianto, Koes. 2007. *Mikrobiologi Menguk Dunia Organisme Jilid 1*. Bandung : CV. Yrama Widya.
- Iwata M., Eshima Y., Kagechika H., Miyaurah. 2004. *The endocrine disruptors nonylphenol and octylphenol exert*. Dirrect effects on t cells to suppres th1 development and Enhance th2 development. Immunol. Lett. 94, 135.
- Jung J., Ishidak., Nishiharat. 2004. *Anti-estrogenic activity Of fifty chemicals evaluated by in vitro assays*. Life Sci. 74, 3065.
- Juang RS, Tsai SY 2006. *Growth kinetics of Pseudomonas putida in the biodegradation of single and mixed phenol and sodium salicylate*. Biochem. Eng. J., 31: 133-140.
- Kariminiaae-Hamedani, H., Sakurai, A., Sakakibara, M., 2007. *Decolorization of synthetic dyes by a new manganese peroxidase-producing white rot fungus*. Dyes. Pigments. 72: 157–162.
- Kim, S.C. and P.J. Oriel. 1995. *Characterization of the Bacillus stearothermophilus BR219 Phenol Hydroxylase Gene*. Appl. Environ. Microbiol. 61:1252-1256.
- Kotresha, D. & Vidyasagar, G.M. 2008. *Isolation and characterization of phenol-degrading Pseudomonas aeruginosa MTCC 4996*. World J. Microbiol. Biotechnol., 24:541-547.
- Kukor, J.J. and R.H. Olsen. 1990. *Moleculer cloning, Characterization, and regulation of a Pseudomonas picketii PKO1 gene encoding Phenol Hydroxylase and expression of the gene in Pseudomonas aeruginase PAO1c*. J. Bacteriol 172:4624-4630.
- Martani, E. 1992. *Bioteknologi dalam Degradasi Senyawa Xenobiotik dalam Bioteknologi Lingkungan*. Bandi Murathman (editor). Yogyakarta: Bioteknologi Lingkungan, PAU, UGM
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1995. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit*. http://hukum.unsrat.ac.id/lh/menlh_58_1995.pdf. Diakses 24 Juli 2011.
- Michalowicz, J.W. Duda. 2007. *Phenols-Sources and Toxycity*. Polish J.of Environ. Stud. Vol. 16, No.3.347-362.
- Movahedian, H et all. 2009. *Detection of Phenol Degrading Bacterial and Pseudomonas Putida in Actived Sludge by Polymerase Chain Reation*. Iran: J. Environ Health. Sci. Eng., 2009, vol , No 2, pp.115-120.

- Nordlund, I., J. Powlowski, and V. Shingler. 1990. *Complete nucleotide sequence analysys of multycomponent Phenol Hydroxylase from Pseudomonas sp. Strain CF600*. J. Bacteriol. 172; 6826-6833.
- Perkins, E.J., M.P. Gordon, O. Caceres, and P.F. Lurquin. 1990. *Organization and sequence Analysys of the 2,4-Dichloropheno Hydroxylase and Dichlorocatechol Oxidative Operon of Plasmid pJP4*. Bacteriol. 172:2351-2359.
- Peters, M., E. Heinaru, E. Talpsep, H. Wand, U. Stottmeister, A. Heinaru, and A. Nurk. 1997. *Acquisition of a Deliberately Introduced Phenol Degradation Operon, pheBA, by Different Indigeneous Pseudomonas species*. Appl. Environ. Microbiol. 63:4899-4906.
- Powlowski, J. & Shingler, V. 1994. *Genetics and biochemistry of phenol degradation by Pseudomonas sp. CF600*. Biodegradation 5, 219±236.
- Priest, F. & B. Austin. 1993. *Modern Bacterial Taxonomy. 2nd Edition*. London : Chapman & Hall.
- Prpich, G. P.; Daugulis, A. J., 2005. *Enhanced biodegradation of phenol by a microbial consortium in a solid-liquid twophase partitioning bioreactor.*, Biodegradat., 16 (4), 329-339.
- Purwoko, tjahjadi. 2009. *Fisiologi mikrobia*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Scelegel, H.g. 1994. *Mikrobiologi umum*. Terjemahan Prof. Dr. R.M. Tedjo Baskoro. Yogyakarta: UGM Press.
- Singleton V.L., Rossi J.A. 1965. *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. Am J Enol Vitic 16:144–58.
- Song, H., Liu, Y., Xu, W., Zeng, G., Aibibu, N., Xu, L. & Chen, B. 2009. *Simultaneous Cr (VI) reduction and phenol degradation in pure cultures of Pseudomonas aeruginosa CC7CCAB91095*. Bioresour. Technol., 100(21):5079-5084.
- Sugeha, B.S. 2008. *Misguidance pada Kebijakan Limbah Rumah Sakit (Kajian Implementasi Kebijakan Lingkungan Berbasis Kesehatan dan Keselamatan Kerja)*. Yogyakarta: Jendral Administrasi Kebijakan Kesehatan Vol.6, No. 2, Mei –Agustus 2008: 65-74.
- Unell, M., Karolina N., Cecilia J, John S. & Janet, K Jansson. 2007. *Degradation of mixtures of phenolic compounds by Arthrobacter chlorophenolicus A6*. Biodegradation., 19:495-505.
- UU Republik Indonesia No. 44. 2009. *Rumah Sakit*. <http://dinkes.demakkab.go.id/v2010/dokumen/UU%2044%20TAHUN%202009%20Tentang%20Rumah%20Sakit.pdf>. Diakses 29 Juni 2011.

- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: UMM Press.
- Williams, r.j. & evans, w.c. 1975. *The metabolism of benzoate by moraxella sp. Through anaerobic nitrate Respiration*. Biochem. J., 148:1-10.
- Yan Jiang., Jianping Wen., Jing Bai., Xiaoqiang Jia. & Zongding Hu. 2007. *Biodegradation of phenol at high initial concentration by Alcaligenes faecalis*. J. Hazard. Mater., 147:672-676.

Lampiran 1. Hasil uji degradasi dan pertumbuhan bakteri selama proses degradasi fenol

A. Hasil uji pertumbuhan

Time	TA2 (1) 10 ⁵	TA2 (2) 10 ⁵	TA2 (3) 10 ⁵	TA6 (1) 10 ⁴	TA6 (2) 10 ⁴	S1 (1) 10 ⁴	S1 (2) 10 ⁴	S3 10 ⁴
J0	84	43	36	360	112	115	109	142
J1	67	53	48	400	121	132	114	103
J2	53	89	51	570	220	148	118	112
J3	35	30	33	620	280	153	156	75
J4	58	67	53	740	1020	161	160	44
J5	71	36	48	1830	5200	168	183	56
J6	85	58	32	2940	22600	182	260	40
J7	93	54	41	16600	24000	1420	267	89
J8	82	44	39	20400	76000	1570	K	36
J9	49	30	K	27600	81000	2650	K	68
J10	54	50	K	51000	61000	11600	K	19,5
J11	67	58	K	1240000	59000	12600	K	44
J12	78	63	K	1120000	43000	28300	K	65

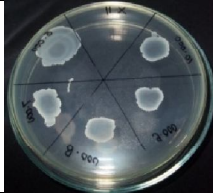
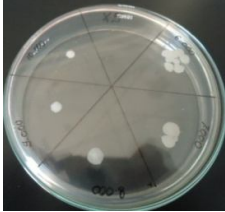
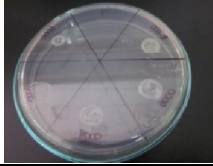
K: Kontam

B. Hasil uji reduksi fenol

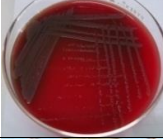
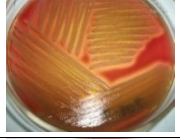
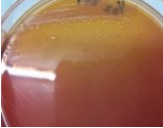
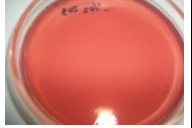
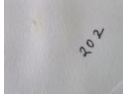
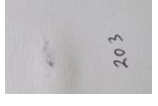
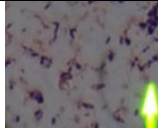
Time	TA2	TA2	TA2	TA3	TA6	TA6	S1	S1	S3
J0	0.484	0.279	0.383	0.348	0.297	0.360	0.336	0.320	0.320
J1	0.474	0.261	0.370	0.340	0.286	0.351	0.309	0.302	0.315
J2	0.470	0.256	0.369	0.335	0.273	0.346	0.288	0.298	0.306
J3	0.444	0.254	0.362	0.328	0.264	0.344	0.287	0.286	0.293
J4	0.443	0.249	0.353	0.326	0.262	0.342	0.284	0.281	0.266
J5	0.432	0.246	0.351	0.315	0.253	0.325	0.280	0.272	0.259
J6	0.430	0.244	0.348	0.312	0.245	0.299	0.278	0.253	0.257
J7	0.424	0.242	0.345	0.310	0.230	0.238	0.274	0.251	0.248
J8	0.414	0.233	0.342	0.308	0.214	0.193	0.257	K	0.242
J9	0.413	0.212	K	0.305	0.208	0.097	0.250	K	0.240
J10	0.410	0.207	K	0.303	0.093	0.096	0.225	K	0.239
J11	0.396	0.202	K	0.300	0.076	0.080	0.208	K	0.233
J12	0.385	0.200	K	0.296	0.073	0.065	0.081	K	0.229

K: Kontam

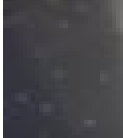
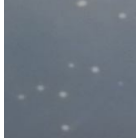
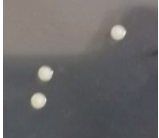
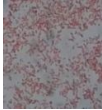
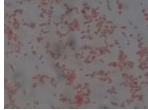
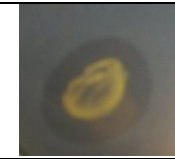
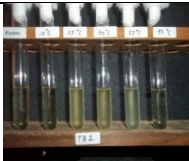
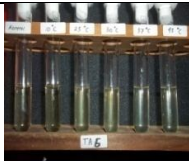
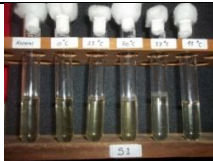
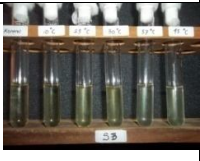
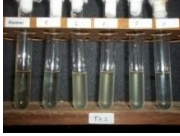
Lampiran 2. Bakteri yang toleran fenol 10.000 ppm

ISOLAT	DROP PLATE	ISOLAT	DROP PLATE
X3		X11	
X5		S2	
X9		S4	

Lampiran 3. Gambar hasil karakterisasi bakteri yang toleran fenol 10.000ppm

KARAK-TER	X3 (TA2)	X5(TA3)	X9(TA6)	S2(S1)	S4(S2)
NA miring					
BHI					
BP					
MC					
Oksidase					
Pengecatan gram					
Glukosa					

Laktosa					
Mannitol					
Maltosa					
Sukrosa					
SIM					
Sc					

Nitrat agar					
BHI					
Bentuk Koloni					
Tes Endospor					
Uji kasein					
Uji Pati					
Pengaruh Suhu					
Pengaruh pH					
Pengaruh NaCl	