



DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
Halaman Pernyataan	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	x
Daftar Lampiran	xii
Daftar Singkatan	xiii
Intisari	xiv
<i>Abstract</i>	xv
I. PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Tujuan Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1.Tinjauan Pustaka	
2.1.1. Toksisitas Fenol dan Turunannya	7
2.1.2. Degradasi Fenol oleh Mikroba	11
2.1.3. Pengolahan Limbah Cair	18
2.1.4. Biofilm dan Peranannya dalam Pengolahan Limbah Cair	21
2.1.4.1. Struktur dan Pembentukan Biofilm	21
2.1.4.2. Peran Biofilm dalam Pengolahan Limbah Cair	28
2.1.5. Bioremediasi	31
2.2. Landasan Teori	35
2.3. Hipotesis	42
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Tahapan Penelitian	43
3.2. Bahan	45
3.2.1. Isolat	45



3.2.2. Medium Pertumbuhan dan Reagen Kimia	45
3.3. Alat	46
3.4. Pelaksanaan Penelitian	46
3.4.1. Isolasi dan Seleksi	46
3.4.1.1. Isolasi Bakteri Pendegradasi Fenol dari Limbah Cair Rumah Sakit dan Industri Tekstil	46
3.4.1.2. Isolasi Bakteri Pendegradasi Fenol dari Tanah Gambut	47
3.4.1.3. Seleksi Bakteri Pendegradasi Fenol	48
3.4.1.4. Seleksi Bakteri Pembentuk Biofilm	48
3.4.2. Uji Kemampuan Degradasi Fenol dan Pembentukan Biofilm pada Berbagai Kondisi Lingkungan	49
3.4.2.1. Efek Variasi Suhu terhadap Pertumbuhan Bakteri dan Kemampuan Degradasi Fenol	49
3.4.2.2. Efek Variasi pH terhadap Pertumbuhan Bakteri dan Kemampuan Degradasi Fenol	50
3.4.2.3. Efek Penambahan Glukosa terhadap Pertumbuhan Bakteri dan Kemampuan Degradasi Fenol	50
3.4.2.4. Efek Variasi Suhu terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm	51
3.4.2.5. Efek Variasi pH terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm...	51
3.4.3. Karakterisasi Fenotipik Isolat Terpilih Bakteri Pendegradasi Fenol dan Pembentuk Biofilm	51
3.4.3.1. Identifikasi secara Molekuler Berdasarkan 16S rDNA	52
3.4.3.1.1. Isolasi DNA Genom Isolat Bakteri	52
3.4.3.1.2. Elektroforesis DNA Genom	53
3.4.3.1.3. Amplifikasi 16S rDNA dengan <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	53
3.4.4. Studi Kemampuan Degradasi Fenol dan Membentuk Biofilm oleh Kultur Tunggal dan Kultur Campuran	54
3.4.4.1. Uji Antagonisme antar Isolat Terpilih	54
3.4.4.2. Uji Kemampuan Degradasi Fenol oleh Kultur Tunggal dan Kultur Campuran	55
3.4.4.3. Pengamatan Biofilm dengan <i>Scanning Electrone Microscope</i> (SEM)	56



3.4.5. Seleksi Material untuk Penempelan Biofilm	56
3.4.6. Analisis Struktur Komunitas Bakteri Pembentuk Biofilm dengan <i>Terminal- Fragment Length Polymorphism</i> (T-RFLP)	57
3.4.6.1. Ekstraksi DNA Biofilm	57
3.4.6.2. Amplifikasi dengan <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR) dan Digesti dengan Enzim Restriksi	58
3.4.6.3. Analisis Fragmen Produk Digesti	59
3.4.6.4. Analisis Data T-RFLP	59
3.4.7. Analisis Data	59
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Fenol	60
4.2. Seleksi Bakteri Pembentuk Biofilm	69
4.3. Uji Antagonisme antar Isolat Terpilih	74
4.4. Optimasi Pertumbuhan serta Kemampuan Degradasi Fenol dan Pembentukan Biofilm oleh Isolat Terpilih	79
4.4.1. Efek Variasi Suhu terhadap Pertumbuhan dan Kemampuan Degradasi Fenol	80
4.4.2. Efek Variasi pH terhadap Pertumbuhan dan Kemampuan Degradasi Fenol	84
4.4.3. Efek Variasi Glukosa terhadap Kemampuan Degradasi Fenol..	86
4.4.4. Efek Suhu terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm	91
4.4.5. Efek pH terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm	95
4.5. Identifikasi Isolat Bakteri Pendegradasi Fenol dan Pembentuk Biofilm	98
4.5.1. Karakterisasi Fenotipik Isolat Bakteri Terpilih	98
4.5.2. Identifikasi secara Molekuler Berdasarkan 16S rDNA	104
4.6. Kajian Pertumbuhan dan Kemampuan Degradasi Fenol oleh Kultur Tunggal dan Kultur Campuran	109
4.7. Seleksi Material untuk Penempelan Biofilm dan Degradasi Fenol.....	117
4.8. Analisis Struktur Komunitas Biofilm dengan T-RFLP.....	123



4.9.Pengamatan Struktur Biofilm dengan SEM	127
V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	
5.1. Kesimpulan	130
5.2. Rekomendasi	131
Daftar Pustaka	132
Lampiran	



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Struktur kimia fenol dan beberapa turunannya	7
Tabel 2. Pengamatan karakter fenotipik isolat bakteri pendegradasi fenol dan pembentuk biofilm	52
Tabel 3. Kemampuan degradasi fenol oleh isolat-isolat bakteri dari tanah gambut dan limbah cair rumah sakit serta tekstil setelah inkubasi selama 96 jam pada suhu 30°C	61
Tabel 4. Hasil uji kemampuan membentuk biofilm oleh isolat-isolat bakteri pendegradasi fenol dalam medium TSB, suhu 30°C inkubasi 48 dan 72 jam	71
Tabel 5. Hasil uji antagonisme antar isolat terpilih pendegradasi fenol dan pembentuk biofilm	75
Tabel 6. Karakter fenotipik isolat-isolat bakteri pendegradasi fenol dan pembentuk biofilm	98
Tabel 7. <i>Profile matching</i> isolat terpilih dengan genus acuan berdasarkan <i>Bergey's Manual of Determinative Bacteriology</i>	103
Tabel 8. Nilai similaritas dan perbedaan nukleotida gen 16S rDNA antara isolat terpilih dengan dua isolat acuan dari NCBI dengan nilai similaritas terbesar	106



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Degradasi fenol melalui jalur meta dan orto	15
Gambar 2. Skema pembentukan biofilm secara umum	22
Gambar 3. Bagan alir penelitian	44
Gambar 4. Pertumbuhan 9 isolat bakteri pendegradasi fenol terpilih dari limbah cair rumah sakit dan tekstil serta tanah gambut dalam medium Ramsay-fenol 300 ppm, suhu 30°C	64
Gambar 5. Degradasi fenol oleh 9 isolat bakteri pendegradasi fenol terpilih dari limbah cair rumah sakit dan tekstil serta tanah gambut, dalam medium Ramsay-fenol 300 ppm, suhu 30°C	64
Gambar 6. Hasil uji kemampuan membentuk biofilm oleh isolat bakteri pendegradasi fenol, menggunakan <i>microtiter plate</i> dalam medium TSB, suhu 30°C, dan inkubasi 48 jam	69
Gambar 7. Hasil uji kemampuan membentuk biofilm oleh isolat bakteri pendegradasi fenol, menggunakan <i>microtiter plate</i> dalam medium TSB, suhu 30°C, dan inkubasi 72 jam	70
Gambar 8. Pembentukan zona bening pada uji antagonisme antara isolat DL120 terhadap HG1 dan ATA6	75
Gambar 9. Pertumbuhan dan degradasi fenol oleh isolat DL120, DOK135, HP3, dan ATA6 pada berbagai suhu	82
Gambar 10. Efek variasi pH terhadap pertumbuhan dan degradasi fenol oleh isolat DL120, DOK135, HP3, dan ATA6	85
Gambar 11. Pertumbuhan dan degradasi fenol oleh isolat DL120, DOK135, HP3, dan ATA6 pada perlakuan berbagai konsentrasi glukosa	88
Gambar 12. Pembentukan biofilm oleh 4 isolat terpilih pada berbagai suhu	92
Gambar 13. Pembentukan biofilm oleh 4 isolat terpilih pada berbagai pH	96
Gambar 14. Morfologi koloni 4 isolat terpilih pendegradasi fenol dan pembentuk biofilm	100
Gambar 15. Pohon filogenetik hasil konstruksi dengan metode <i>neighbor-joining</i>	107
Gambar 16. Pertumbuhan kultur tunggal dan kultur campuran dalam medium Ramsay-fenol 300 ppm, suhu 30°C	110



Gambar 17. Penurunan fenol oleh kultur tunggal dan kultur campuran dalam medium Ramsay-fenol 300 ppm, suhu 30°C	111
Gambar 18. Perbandingan pertumbuhan dan penurunan fenol oleh masing-masing isolat tunggal dan kultur campuran HP3 dan ATA6	112
Gambar 19. Perbandingan pertumbuhan dan penurunan fenol oleh masing-masing isolat tunggal dan kultur campuran ATA6 dan DOK135	112
Gambar 20. Perbandingan pertumbuhan dan penurunan fenol oleh masing-masing isolat tunggal dan kultur campuran DOK135 dan DL120	113
Gambar 21. Pertumbuhan kultur tunggal dan kultur campuran pada perlakuan berbagai material	118
Gambar 22. Degradasi fenol oleh kultur tunggal dan kultur campuran pada berbagai material	119
Gambar 23. Contoh pertumbuhan kultur tunggal pada material kasar dan halus yang ditunjukkan oleh isolat ATA6 pada material kayu dan akrilik, perbesaran 200x	120
Gambar 24. Contoh pertumbuhan kultur campuran yang ditunjukkan oleh kultur campuran DOK135 dan ATA6 pada material batu andesit dan kayu, perbesaran 150x	121
Gambar 25. Elektroferogram hasil <i>gene mapping</i> dengan T-RFLP pada berbagai material penempelan biofilm	125
Gambar 26. Hasil pengamatan dengan SEM terhadap kultur tunggal isolat HP3 dan ATA6, serta kultur campuran HP3+ATA6	128



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

KAJIAN BAKTERI PENDEGRADASI FENOL DAN KEMAMPUANNYA DALAM MEMBENTUK BIOFILM
ARIFAH KHUSNURYANI, S.SI.,M.SI., Prof.Dr.Ir. Erni Martani; dr. Tri Wibawa, Ph.D.; Ir. Jaka Widada, M.P.,Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto-foto penelitian	142
Lampiran 2. Foto uji biokimia	143
Lampiran 3. Sekuens gen 16S rDNA 4 Isolat Terpilih	144



DAFTAR SINGKATAN

BLAST	: <i>Basic Local Alignment Search Tool</i>
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
CFU	: <i>Colony Forming Unit</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
dkk	: dan kawan-kawan
EPS	: <i>Extracelullar Polymeric Substances</i>
HSD	: <i>Honest significant difference</i>
IPLC	: Instalasi Pengolahan Limbah Cair
MiCa	: <i>Microbial Community Analysis</i>
MSDS	: <i>Material Safety Data Sheet</i>
NA	: <i>Nutrient Agar</i>
NB	: <i>Nutrient Broth</i>
OD	: <i>Optical Density</i>
PBS	: <i>Phosphate Buffer Solution</i>
PCR	: <i>Polymerase Chain Reaction</i>
ppm	: <i>part per million (mg/L)</i>
QS	: <i>quorum sensing</i>
RS	: Rumah Sakit
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
TRF	: <i>Terminal Restriction Fragment</i>
T-RFLP	: <i>Terminal Restriction Fragment Lenght Polymorphism</i>
TSB	: <i>Trypticase Soy Broth UV</i> : <i>ultra violet</i>
v/v	: <i>volume per volume</i>
w/v	: <i>weight per volume</i>