UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Keterangan	Halaman
AAS	*Atomic Absorption Spectrophotometry*	14
ANOVA	*Analysis of Variance*	22
ATP	Adenosine Triphosphate	9
BOD	*Biochemical Oxygen Demand*	5
BTB	*Bromothymol Blue*	13
$Ca(OH)_2$	Kalsium hidroksida	5
COD	*Chemical Oxygen Demand*	6
Cr	Kromium	1
Cr^{2+}	Kromium divalen	6
Cr^{3+}	Kromium trivalen	2
Cr^{6+}	Kromium heksavalen	2
DMAB	p-Dimethylaminobenzaldehyde	29
DNA	Deoxyribonucleic acid	8
H_2O_2	Hidrogen peroksida	13
H_3BO_3	Asam borat	5
HCOONa	Natrium format	5
H_2SO_4	Asam sulfat	5
H_2S	Hidrogen sulfida	16
HSD	*Honestly Significant Difference*	22
IBM	International Business Machines	22
$K_2Cr_2O_7$	Kalium dikromat	12
K_2HPO_4	Dikalium fosfat	13
KOH	Kalium hidroksida	13
KNO_3	Kalium nitrat	19
LC_{50}	Lethal Concentration 50%	7
MgO	Magnesium oksida	5
MR-VP	*Methyl red – Voges Proskauer*	13

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MSA	*Mannitol Salt Agar*	13
MTC	*Maximum tolerance concentration*	47
Na_2S	Natrium sulfida	5
NaOH	Natrium hidroksida	13
NA	*Nutrient Agar*	12
NB	*Nutrient Broth*	12
N_2	Nitrogen	19
NaCl	Natrium klorida	19
NADH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide	9
NADPH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate	9
NH_3	Amonia	19
NH_4Cl	Amonium klorida	5
NO_3^-	Nitrat	19
NO_2^-	Nitrit	37
OD	*Optical Density*	20
O/F	*Oxidative/Fermentative*	20
PICT	*Pollution-Induced Community Tolerance*	23
PP	Peraturan Pemerintah	1
ROS	*Reactive Oxygen Species*	8
SCA	*Simmon's Citrate Agar*	13
SIM	*Sulfide Indole Motility*	13
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences	22
TDS	*Total Dissolved Solids*	6
TSS	*Total Suspended Solids*	6

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Singkatan	Keterangan	Halaman
α	Taraf signifikansi	22
°C	Derajat Celsius	9
%	Persen	3
Cr(a)	Konsentrasi awal kromium	22
Cr(b)	Konsentrasi akhir kromium	22
DR	Daya reduksi	22
GOR	Kode sampel limbah penelitian	23
g/L	Gram per liter	14
jam^{-1}	Satuan per jam	52
mL	Mililiter	13
µL	Mikroliter	13
mg/L	Miligram per liter	1
nm	Nanometer	14
ppm	Parts per million	13
pH	Derajat keasaman	6
rpm	Revolutions Per Minute	21
µ	Laju pertumbuhan spesifik	21
x	Perubahan biomassa	21
t	Perubahan waktu	21

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
PRAKATA v
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL vi
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
INTISARI xv
ABSTRACT xvi
BAB I. PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Permasalahan 4
C. Tujuan 4
D. Manfaat 4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS 5
A. Tinjauan Pustaka 5
1. Limbah Industri Penyamakan Kulit 5
2. Logam Kromium (Cr) dalam Limbah 6
3. Bioremediasi Kromium (Cr) oleh Bakteri *Indigenous* 7
4. Dampak Pencemaran Limbah Penyamakan Kulit 11
B. Hipotesis 11
BAB III. METODE PENELITIAN 12
A. Tempat dan Waktu Penelitian 12
B. Bahan dan Alat 12
1. Bahan 12
2. Alat 13
C. Cara Kerja 14
1. Pengambilan Sampel Limbah Cair di Badan Sungai 14
2. Pembuatan Media Pertumbuhan dan Media Seleksi 14
3. Pembuatan Larutan Stok Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 14
4. Isolasi Bakteri 14
5. Karakterisasi Fenotipik dan Identifikasi Bakteri Resisten Kromium (Cr) 15
6. Uji Toleransi Maksimum Isolat terhadap Kromium (Cr) 20

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7. Pembuatan Kurva Pertumbuhan Bakteri pada Media Kultur dengan dan Tanpa Penambahan Kromium (Cr) 21
8. Uji Potensi Reduksi Kromium (Cr) 22
D. Analisis Data 22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 24
A. Identifikasi Isolat Bakteri Resisten Kromium (Cr) 24
1. Karakteristik Makroskopik 25
2. Karakteristik Mikroskopik 26
3. Karakteristik Biokimia 28
4. Identifikasi Isolat Bakteri *Indigenous* Resisten Kromium (Cr) 46
B. Kemampuan Bakteri *Indigenous* Dan Pengukuran Efisiensi Reduksi Konsentrasi Kromium 49
1. Toleransi Bakteri *Indigenous* terhadap Kromium (Cr) 49
2. Analisis Laju Pertumbuhan Bakteri 51
3. Efisiensi Reduksi Kromium (Cr) 59
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN 63
A. Kesimpulan 63
B. Saran 63
DAFTAR PUSTAKA 64
LAMPIRAN 71

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil analisis kadar kromium (Cr) pada sampel limbah 24
Tabel 2. Morfologi koloni isolat bakteri *indegenous* dari limbah penyamakan kulit 25
Tabel 3. Karakter morfologi sel isolat bakteri *indegenous* dari limbah penyamakan kulit 26
Tabel 4. Karakter biokimia isolat bakteri *indegenous* dari limbah penyamakan kulit 29
Tabel 5. Laju pertumbuhan bakteri *indigenous* tanpa kromium (Cr) 53
Tabel 6. Laju pertumbuhan bakteri *indigenous* dengan kromium (Cr) 100ppm 54

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme transport, toksisitas, serta mekanisme resistensi kromium pada sel bakteri 8
Gambar 2. Badan sungai di sekitar kawasan PT Adi Satria Abadi 12
Gambar 3. Morfologi koloni isolat bakteri indegenous dari limbah penyamakan kulit (a.) GOR1, (b.) GOR2, (c.) GOR3, (d.) GOR4 25
Gambar 4. Morfologi sel isolat bakteri indegenous dari limbah penyamakan kulit (a1.) Gram positif GOR1, (a2.) non-endospore GOR1, (b1.) Gram positif GOR2, (b2.) non-endospore GOR2, (c1.) Gram negatif GOR3, (c2.) non-endospore GOR3, (d1.) Gram positif GOR4, dan (d2.) *non-endospore* GOR4 27
Gambar 5. Reaksi degradasi H2O2 oleh enzim katalase 29
Gambar 6. Hasil pengujian katalase isolat (a.) GOR1, (b.) GOR2, (c.) GOR3, (d.) GOR4 30
Gambar 7. (a.) Degradasi triptofan oleh triptofanase, (b.) Reaksi indol dengan reagen kovacs 30
Gambar 8. Hasil pengujian pembentukan indol dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 31
Gambar 9. Reaksi fermentasi glukosa dengan *methyl red* 31
Gambar 10. Hasil pengujian *methyl red* dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 32
Gambar 11. Reaksi asetoin (*acetylmethylcarbinol*) dengan reagen barritt 32
Gambar 12. Hasil pengujian voges-proskauer dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 33
Gambar 13. Reaksi degradasi sitrat 33
Gambar 14. Hasil pengujian sitrat dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 34
Gambar 15. (a.) Reaksi degradasi sistein menggunakan *enzim cysteine desulfurase*, (b.) Reaksi degradasi *tiosulfat* menggunakan *enzim thiosulfate reductase* 35
Gambar 16. Hasil pengujian pembentukan H_2S dan motilitas dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 35
Gambar 17. Hasil pengujian hidrolisis pati isolat (a.) GOR1, (b.) GOR2, (c.) GOR3, dan (d.) GOR4 36
Gambar 18. Hasil pengujian hidrolisis kasein isolat (a.) GOR1, (b.) GOR2, (c.) GOR3, dan (d.) GOR4 37
Gambar 19. Degradasi urea oleh enzim urease 38

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 20. Hasil pengujian hidrolisis urea dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 39
Gambar 21. Persamaan reaksi reduksi parsial nitrat 39
Gambar 22. Persamaan reaksi reduksi sempurna nitrat 40
Gambar 23. Hasil pengujian reduksi nitrat (a.) sebelum ditambahkan bubuk zinc dan (b). setelah ditambahkan bubuk zinc dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 40
Gambar 24. Hasil pengujian mannitol salt agar isolat (a.) GOR1, (b.) GOR2, (c.) GOR3, dan (d.) GOR4 42
Gambar 25. Uji pengujian O/F (a.) perlakuan aerob, (b.) perlakuan anaerb dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan) 43
Gambar 26. Uji pengujian fermentasi karbohidrat (a). glukosa, (b). sukrosa, dan (c). laktosa dari kontrol, GOR1, GOR2, GOR3, dan GOR4 (kiri-kanan)..... 45
Gambar 27. Kurva toleransi maksimum bakteri *indigenous* terhadap kromium (Cr) 50
Gambar 28. Kurva pertumbuhan bakteri *indigenous* tanpa kromium (Cr)..... 52
Gambar 29. Kurva pertumbuhan bakteri *indigenous* dengan kromium (Cr) 100ppm 54
Gambar 30. Kurva pertumbuhan *Micrococcus* sp. GOR1 dengan dan tanpa penambahan kromium (Cr)..... 56
Gambar 31. Kurva pertumbuhan *Staphylococcus* sp. GOR2 dengan dan tanpa penambahan kromium (Cr) 57
Gambar 32. Kurva pertumbuhan *Aeromonas* sp. GOR3 dengan dan tanpa penambahan kromium (Cr)..... 57
Gambar 33. Kurva pertumbuhan *Staphylococcus* sp. GOR4 dengan dan tanpa penambahan kromium (Cr) 58

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Bakteri Indigenous dari Saluran Irigasi Terpapar Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Potensi Bioremediasi Kromium (Cr)
Reny Ras Ninta Br Tarigan, Prof. Dr. Endah Retnaningrum, S.Si. M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai toleransi maksimum masing-masing isolat bakteri dengan OD 600 71
Lampiran 2. Nilai OD pertumbuhan isolat pada media kultur dengan penambahan kromium 100ppm 71
Lampiran 3. Nilai OD pertumbuhan isolat pada media kultur tanpa penambahan kromium 100ppm..... 72
Lampiran 4. Perhitungan reduksi kromium oleh isolat 72
Lampiran 5. Analisis statistik efisiensi reduksi kromium oleh isolat..... 73