

**DISERTASI**

**FORMULASI KONSORSIUM MIKROBA  
PENGURAI LIMBAH DALAM UPAYA  
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK**



**LUD WALUYO  
NIM 090810072D**

**PROGRAM STUDI S3 MIPA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
2014**

**DISERTASI**

**FORMULASI KONSORSIUM MIKROBA PENGURAI  
LIMBAH DALAM UPAYA PENGOLAHAN  
LIMBAH CAIR DOMESTIK**

**LUD WALUYO  
NIM 090810072D**

**Lembar Pengesahan**

Naskah Disertasi Ini Telah Disetujui  
Pada Tanggal, 13 Februari 2013

Oleh:  
Promotor,



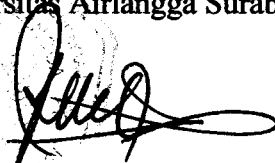
Prof. Dr. Agoes Soegianto, Ir., DEA.  
NIP 19620803 198710 1 001

Ko-Promotor,



Dr. Ni'matuzahroh  
NIP 19680105 199203 2 003

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga Surabaya



Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D.  
NIP 19610616 198701 1 001

Disertasi ini telah diuji dan dinilai  
Oleh panitia penguji tertutup disertasi pada  
Program Studi S3 MIPA Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga  
Pada Tanggal 13 Februari 2014

**Panitia Penguji,**

**Ketua** : Dr. Tini Surtiningsih, Ir., DEA.

**Anggota:**

1. Prof. Dr. Agoes Soegianto, Ir., DEA.
2. Dr. Ni'matuzahroh
3. Dr. Sucipto Hariyanto, DEA.
4. Dr. Hari Basuki Notobroto, dr., M.Kes.
5. Dr. Muji Harsini, M.Si
6. Prof. Wahyono Hadi, Ir., M.Sc., Ph.D.

**DAFTAR ISI****Halaman**

Sampul Depan .....	i
Sampul Dalam .....	ii
Pengesahan.....	iii
Penetapan Panitia Penguji .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xix
<b>ABSTRAK</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xxi
<b>BAB I    PENGANTAR</b> .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	6
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	7
1.4 MANFAAT PENELITIAN .....	8
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	10
2.1 KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR DOMESTIK .....	10
2.2 DETERJEN DALAM LIMBAH CAIR DOMESTIK .....	17
2.3 DAMPAK PENCEMARAN OLEH CAIR LIMBAH DOMESTIK .....	20
2.4 BIODEGRADASI DAN BIOREMEDIASI LIMBAH DOMESTIK .....	22
2.5 INTERAKSI ANTARMIKROBA DALAM LIMBAH CAIR DOMESTIK .....	26
2.5.1 Faktor Abiotik yang Mempengaruhi Mikroba .....	26
2.5.2 Faktor-faktor Biotik (Biologi) yang Mempengaruhi Mikroba.....	31

2.6	EFEKTIFITAS FORMULA KONSORSIUM MIKROBA PENGURAI LIMBAH CAIR DOMESTIK .....	33
2.7	INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH .....	39
<b>BAB III</b>	<b>HIPOTESIS DAN KONSEP ILMIAH .....</b>	<b>43</b>
3.1	HIPOTESIS .....	43
3.2	KONSEP ILMIAH .....	43
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
4.1	PENELITIAN TAHAP KESATU: ISOLASI, KARAK- TERISASI, UJI POTENSI, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI HETEROTROFIK .....	48
4.1.1	Isolasi Bakteri Heterotrofik Asal Limbah Cair Domestik Kota Malang .....	48
4.1.2	Uji Potensi Toleransi Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap Berbagai Jenis dan Konsentrasi Produk Deterjen .....	51
4.1.3	Uji Potensi Toleransi Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap <i>Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)</i> .....	53
4.1.4	Uji Kemampuan Antagonistik Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap Patogen.....	55
4.1.5	Uji Potensi Amilolitik, Proteolitik, dan Lipolitik Isolat Bakteri Heterotrofik .....	58
4.1.6	Identifikasi Bakteri Heterotrofik Toleran Deterjen.....	61
4.1.7	Uji Hubungan Antarspesies Bakteri Heterotrofik Toleran Deterjen .....	62
4.2	PENELITIAN TAHAP KEDUA: FORMULASI KONSORSIUM SPESIES BAKTERI HETEROTROFIK PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK.....	63
4.2.1	Rancangan Penelitian .....	63
4.2.2	Bahan Penelitian .....	65
4.2.3	Instrumen Penelitian .....	65
4.2.4	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	65
4.2.5	Prosedur Pengambilan Data .....	66
4.2.6	Analisis Data .....	66
4.3	PENELITIAN TAHAP KETIGA: PENERAPAN FORMULA KONSORSIUM SPESIES BAKTERI HETEROTROFIK TOLERAN DETERJEN PADA LIMBAH CAIR ALAMI .....	66
4.3.1	Rancangan Penelitian .....	66
4.3.2	Bahan Penelitian .....	68
4.3.3	Instrumen Penelitian .....	68
4.3.4	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	69
4.3.5	Prosedur Pengambilan Data .....	70

4.3.6 Analisis Data .....	70
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>69</b>
5.1 HASIL PENELITIAN TAHAP KESATU: ISOLASI, KARAKTERISASI, UJI POTENSI, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI HETEROTROFIK .....	73
5.1.1 Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Heterotrofik Asal Limbah Cair Domestik Kota Malang .....	73
5.1.2 Uji Potensi Toleransi Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap Perlakuan Berbagai Jenis dan Konsentrasi Produk Deterjen .....	75
5.1.3 Uji Potensi Toleransi Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap <i>Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)</i> .....	83
5.1.4 Uji Kemampuan Antagonistik Isolat Bakteri Heterotrofik terhadap Patogen .....	86
5.1.5 Uji Potensi Amilolitik, Proteolitik, dan Lipolitik Isolat Bakteri Heterotrofik .....	92
5.1.6 Identifikasi Isolat Bakteri Heterotrofik Toleran Deterjen ....	97
5.1.7 Uji Hubungan Antarspesies Bakteri Heterotrofik Toleran Deterjen .....	98
5.2 PENELITIAN TAHAP KEDUA: FORMULASI KONSORSIUM SPESIES BAKTERI HETEROTROFIK PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK.....	101
5.3 PENELITIAN TAHAP KETIGA PENERAPAN FORMULA KONSORSIUM SPESIES BAKTERI HETEROTROFIK TOLERAN DETERJEN PADA LIMBAH CAIR ALAMI .....	109
5.4 PEMBAHASAN PENELITIAN .....	130
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>155</b>
7.1 KESIMPULAN .....	155
7.2 SARAN .....	156
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>157</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>165</b>

## PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan nikmat yang telah diberikan-Nya sehingga penelitian dengan judul “Formulasi Konsorsium Mikroba Pengurai Limbah dalam Upaya Pengolahan Limbah Cair Domestik” dapat diselesaikan. Disertasi ini sebagai salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan akademik memperoleh gelar Doktor, pada Program Studi S3 MIPA, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih sedalam-dalamnya kepada yang terhormat Bapak Prof. Dr. Agoes Soegianto, Ir., DEA., yang telah berkenan bertindak selaku Promotor, dan Ibu Dr. Ni'matuzahroh, selaku Kopromotor yang telah berkenan membimbing dan memberi arahan serta nasihat, menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk berdiskusi dengan penuh ketelitian, selama penulis melakukan studi, penelitian, serta sampai selesainya penulisan disertasi ini. Rasanya tidak mudah bagi penulis menemukan perbendaharaan kata-kata yang paling tepat untuk disampaikan kepada beliau sebagai penghargaan dan rasa terima kasih.

Penulis mengucapkan terima kasih, kepada Rektor Universitas Airlangga Surabaya, Bapak Prof. Dr. H. Fasich, Apt., Bapak Prof. Win Darmanto, Drs., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, dan Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Program Doktor MIPA, Universitas Airlangga yang telah berkenan menerima penulis sebagai peserta Program Studi Doktor MIPA Universitas Airlangga dan memberikan kesempatan mengikuti serta menyelesaikan disertasi ini di universitas yang beliau pimpin.

Kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, melalui Pengelola dan Staf Tim Beasiswa Pendidikan Pascasarjana (BPPS) Universitas Airlangga, disampaikan banyak terima kasih atas bantuan dana yang berhubungan dengan pendidikan Program Doktor ini.

Disertasi ini, dengan segala keterbatasan dan kekurangannya, disumbangkan bagi kepentingan dunia ilmu pengetahuan. Mudah-mudahan bermanfaat. Amin.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Disertasi dengan judul “Formulasi Konsorsium Mikroba Pengurai Limbah dalam Upaya Pengolahan Limbah Cair Domestik” ini dapat terwujud atas bantuan masukan, bimbingan, bantuan, saran-saran, dan dorongan moril dari berbagai pihak; baik secara langsung maupun tidak langsung sejak dari awal hingga selesai dalam bentuk karya ilmiah seperti ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan penghargaan serta terima kasih yang setulus-tulusnya.

Penulis menyadari sepenuhnya, untuk menyusun daftar nama sebagai tanda pernyataan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi bantuan dalam bentuk apapun, merupakan hal yang tidak mungkin. Karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan serta terima kasih yang setulus-tulusnya.

Dengan rasa hormat dan terima kasih penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat Tim Penguji Ujian Tertutup Disertasi yakni Bapak/ Ibu: Prof. Dr. Agoes Soegianto, Ir., DEA., Dr. Ni'matuzahroh, Dr. Tini Surtiningsih, Ir., DEA, Dr. Sucipto Hariyanto, DEA., Dr. Hari Basuki, dr., M.Kes., Dr. Muji Harsini, M.Si., dan Prof. Wahyono Hadi, Ir., M.Sc., Ph.D.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dosen Pengampu Matakuliah Semester 1, 2, 3, dan Dosen Pengampu Mata Kuliah Penunjang Disertasi untuk Program Studi S3 MIPA Angkatan 2008/2009, yakni: Prof. Win Darmanto, Drs., M.Si., Ph.D., Prof. Dr. Agoes Soegianto, Ir., DEA., Dr. Ni'matuzahroh, Dr. Tini Surtiningsih, Ir., DEA., Prof. Dr. Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si., Prof. Dr.rer.nat H.M. Yuwono, Apt, M.S., Prof. Dr. Amirudin Prawita, Apt, Dr. Sudjarwo, Apt., M.S., Prof. Dr. M. Zainuddin, Apt., Widodo JP, dr., MPH., Dr., PhD., Prof. Dr. Lasiyo, M.A., M.M., Prof. Dr. Suhariningsih, Ir., Dr. Hari Basuki, dr., M.Kes., Prof. H. Soedjajadi Keman, dr., M.S., Ph.D., Dr. Suyanto, M.Si., Dr. Muji Harsini, M.Si., Prof. Dr. Nyoman Astika, Apt. yang telah memberikan ilmu, bantuan, pengarahan, dan nasehat dalam penyelesaian disertasi ini.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Dr. H. Sugijanto, M.S., Apt., selaku Koordinator Kopertis Wilayah VII Surabaya yang telah memberikan ijin tugas belajar di Program Doktor MIPA Universitas Airlangga.
2. Bapak Dr. Muhadjir Effendy, M.Ap, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti tugas belajar di Program Studi Doktor MIPA Universitas Airlangga.
3. Bapak Drs. Fauzan, M.Pd, selaku Dekan FKIP Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan kesempatan penulis mengikuti Program Studi Doktor.
4. Ibu Dra. Sri Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, FKIP Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberi kesempatan tugas belajar dan meninggalkan tugas mengajar.
5. Ibu Dra. Roimil Latifa, M.M., M.Si., selaku Kepala Laboratorium Biologi yang telah memberikan ijin penggunaan alat-alat dan fasilitas laboratorium sehingga melancarkan penelitian.
6. Bapak Prof. Dr. Sanarto Santoso, SpMK selaku Penanggung Jawab Laboratorium Mikrobiologi FK Universitas Brawijaya Malang yang telah membantu determinasi dan identifikasi isolat bakteri heterotrofik.
7. Ibu Dr. Nurul Mahmudati, Dra., M.Kes., selaku Kepala Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberi ijin penelitian dan fasilitas penelitian.
8. Bapak Roesmadji, SIP., selaku Kepala Badan Kesatuan Bangsa yang telah member ijin penelitian di wilayah Pemerintah Kota Malang.
9. Ibu dr. Irma Suswati, MARS, selaku Kepala Laboratorium Mikrobiologi FK Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberi ijin penelitian.
10. Ibu Dr. Saidatul Idiyah, M.P., selaku Ketua Pusat Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan ijin penelitian.
11. Teman-teman Angkatan 2008/2009 Program Studi S3 MIPA yang telah memberikan dorongan dan semangat sehingga terselesainya disertasi ini.

Kepada semua guru yang telah mendidik penulis mulai dari Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis

sampaikan banyak terima kasih. Penulis sungguh merasa berhutang budi atas segala bimbingan dan didikan sebagai dasar strata pendidikan selanjutnya.

Akhirnya, khusus kepada Ibunda Sukarmi dan Bapak Soekarno (Alm) yang penulis muliakan, penulis sampaikan terimakasih yang tak terhingga atas do'a, nasihat, pengorbanan, dorongan dan bimbingan yang senantiasa mengiringi hidup ananda. Kepada isteri tercinta Erni Yohani Mahtuti, S.Pd, M.Kes., anak-anak tercinta Nabilah Ichtihani Waluyo, Muhammad Yusuf Daffa Waluyo, dan Aisyah Zahira Waluyo, dan saudara sekandung yaitu Marfu'ah, S.Pd, Sasmito, S.Pd, Andik Sayekti, S.Pd., Winarni, S.Pd., Sayogi, A.Md., S.P., dan Sunardi, A.Md., penulis ucapkan terima kasih tak terhingga atas rasa empatinya dalam segala kesukaran dan kesulitan yang penulis hadapi serta bantuan lainnya yang sangat berharga untuk kelancaran dan keberhasilan penulis selama ini.

Semoga Allah SWT membalas segala budi baik dan jasa-jasa semua pihak atas jasa-jasa mereka yang telah memberikan bantuan, tanpa kecuali. Amin.

Surabaya, 13 Februari 2014

Lud Waluyo

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses biodegradasi bahan organik dalam limbah cair domestik .....	25
Gambar 2.2. Skema pengolahan limbah cair domestik di Kota Malang.....	41
Gambar 3.1. Kerangka konsep penelitian .....	47
Gambar 4.1. Bagan alur disertasi secara keseluruhan.....	71
Gambar 5.1. Toleransi terhadap deterjen pada isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	78
Gambar 5.2. Rerata toleransi terhadap deterjen 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih asal limbah cair domestik Kota Malang ....	78
Gambar 5.3. Rerata toleransi terhadap deterjen 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih dibandingkan dengan rerata diameter zona hambat terkecil (isolat A10) asal limbah cair domestik Kota Malang .....	79
Gambar 5.4. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat A13 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	79
Gambar 5.5. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat A4 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	80
Gambar 5.6. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat A16 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	80
Gambar 5.7. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat A15 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	81
Gambar 5.8. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat A3 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	81
Gambar 5.9. Diameter zona hambat terhadap deterjen pada isolat C15 asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	82
Gambar 5.10. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , dan <i>E. coli</i> (cm) .....	89
Gambar 5.11. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Salmonella typhi</i> .....	90
Gambar 5.12. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Shigella dysenteriae</i> (cm).....	90
Gambar 5.13. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Vibrio cholerae</i> (cm) .....	91
Gambar 5.14. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>E. coli</i> (cm) .....	91

	Halaman
Gambar 5.15. Rerata indeks hidrolitik (amilolitik, proteolitik, lipolitik) isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	94
Gambar 5.16. Rerata total indeks hidrolitik (amilolitik, proteolitik, lipolitik) isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	96
Gambar 5.17. Rerata indeks amilolitik 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih ....	97
Gambar 5.18. Rerata indeks proteolitik 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih .....	96
Gambar 5.19. Rerata indeks lipolitik 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih .....	96
Gambar 5.20. Hubungan antarspesies konsorsium bakteri heterotrofik .....	100
Gambar 5.21. Data formulasi konsorsium spesies bakteri heterotrofik terhadap berbagai jenis dan konsentrasi deterjen .....	102
Gambar 5.22. Diameter zona hambat konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap berbagai patogen (cm)	106
Gambar 5.23. Rerata indeks hidrolitik konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	109
Gambar 5.24. Biodegradasi amilum oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	113
Gambar 5.25. Biodegradasi lemak oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	113
Gambar 5.26. Biodegradasi protein oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	114
Gambar 5.27. Penurunan kadar <i>COD</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	114
Gambar 5.28. Penurunan kadar <i>TSS</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	115
Gambar 5.29. Penurunan kadar deterjen oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	115
Gambar 5.30. Penurunan kadar <i>BOD</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	116
Gambar 5.31. Data pH pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi .....	116

	Halaman
Gambar 5.32. Jumlah koloni pada limbah cair domestik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi inkubasi .....	117
Gambar 5.33. Persentase reduksi amilum pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	122
Gambar 5.34. Perbandingan persentase reduksi amilum oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	122
Gambar 5.35. Persentase reduksi lemak pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	123
Gambar 5.36. Perbandingan persentase reduksi lemak oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	123
Gambar 5.37. Persentase reduksi protein pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	124
Gambar 5.38. Perbandingan persentase reduksi protein oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	124
Gambar 5.39. Persentase reduksi <i>COD</i> pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	125
Gambar 5.40. Perbandingan persentase reduksi <i>COD</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	125
Gambar 5.41. Persentase reduksi <i>TSS</i> pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	126
Gambar 5.42. Perbandingan persentase reduksi <i>TSS</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	126
Gambar 5.43. Persentase reduksi residu deterjen pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	127
Gambar 5.44. Perbandingan persentase reduksi residu deterjen oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	127
Gambar 5.45. Persentase reduksi <i>BOD</i> pada limbah cair domestik oleh 4 konsorsium spesies bakteri heterotrofik (%).....	128
Gambar 5.46. Perbandingan persentase reduksi <i>BOD</i> oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (%).....	128
Gambar 5.47 Struktur <i>Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)</i> .....	132

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Baku mutu limbah cair .....	12
Tabel 2.2. Baku mutu limbah cair domestik .....	12
Tabel 5.1. Karakter morfologi dan karakter sitologi bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	74
Tabel 5.2. Isolat bakteri heterotrofik yang berasal dari berbagai jenis limbah cair domestik Kota Malang .....	75
Tabel 5.3. Isolat bakteri heterotrofik yang berasal limbah cair domestik dari berbagai kecamatan Kota Malang .....	75
Tabel 5.4. Rerata diameter zona hambat toleransi terhadap deterjen isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	76
Tabel 5.5. Toleransi berbagai konsentrasi <i>Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)</i> isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	84
Tabel 5.6. Rerata diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap berbagai patogen (cm) .....	86
Tabel 5.7. Potensi daya antagonistik 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih terhadap patogen .....	89
Tabel 5.8. Rerata indeks hidrolitik (amilolitik, proteolitik, dan lipolitik) isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	92
Tabel 5.9. Potensi amilolitik, proteolitik, dan lipolitik pada 6 isolat bakteri heterotrofik terpilih toleran deterjen .....	94
Tabel 5.10. Hasil identifikasi spesies dari 37 isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	98
Tabel 5.11. Hubungan antarspesies unggul sebagai konsorsium bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang .....	99
Tabel 5.12. Formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik terhadap berbagai jenis dan konsentrasi deterjen .....	101
Tabel 5.13. Data uji toleransi berbagai konsentrasi <i>LAS</i> pada konsorsium spesies bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik .....	103
Tabel 5.14. Data diameter zona hambat formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap berbagai patogen (cm) .....	104
Tabel 5.15. Kemampuan daya antagonistik terbesar konsorsium bakteri heterotrofik terhadap patogen .....	106

	Halaman
Tabel 5.16. Rerata indeks hidrolitik formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	107
Tabel 5.17. Uji biodegradasi kadar amilum, lemak, protein, <i>COD</i> , <i>TSS</i> , residu deterjen, <i>BOD</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	109
Tabel 5.18. Kadar dan persentase reduksi amilum pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi .....	117
Tabel 5.19. Kadar dan persentase reduksi lemak pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi.....	118
Tabel 5.20. Kadar dan persentase reduksi protein pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi.....	118
Tabel 5.21. Kadar dan persentase reduksi <i>COD</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi.....	119
Tabel 5.22. Kadar dan persentase reduksi <i>TSS</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi.....	119
Tabel 5.23. Kadar dan persentase reduksi residu deterjen pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi .....	120
Tabel 5.24. Kadar dan persentase reduksi <i>BOD</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi.....	120
Tabel 5.25. Data pH pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi .....	121
Tabel 5.26. Jumlah koloni pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (log cfu(sel/100mL)).....	121



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 5.1. Toleransi berbagai produk deterjen terhadap isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang.....	160
Lampiran 5.2. Diameter zona hambat toleransi pada 6 isolat terpilih terhadap berbagai jenis dan konsentrasi deterjen asal limbah cair domestik Kota Malang (cm) .....	161
Lampiran 5.3. Rerata data diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Salmonella typhi</i> dan <i>Shigella dysenteriae</i> (cm) .....	162
Lampiran 5.4. Rerata data diameter zona hambat isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap <i>Vibrio cholerae</i> dan <i>E. coli</i> (cm).....	163
Lampiran 5.5. Data indeks amilolitik isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen .....	164
Lampiran 5.6. Data indeks proteolitik isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen.....	164
Lampiran 5.7. Data indeks lipolitik isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen.....	165
Lampiran 5.8. Data karakter biokimiawi isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik dari sumber limbah Kota Malang.....	166
Lampiran 5.9. Data formulasi konsorsium spesies bakteri heterotrofik terhadap berbagai jenis dan konsentrasi deterjen.....	170
Lampiran 5.10. Data diameter zona hambat formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen terhadap berbagai patogen (cm). .....	171
Lampiran 5.11. Data indeks hidrolitik konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen.....	172
Lampiran 5.12. Rerata data indeks hidrolitik formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen.....	173
Lampiran 5.13. Data uji biodegradasi amilum pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	174
Lampiran 5.14. Data uji biodegradasi lemak pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L).....	175

Lampiran 5.15.	Data uji biodegradasi protein pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L). .....	176
Lampiran 5.16.	Data uji <i>COD</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L). .....	177
Lampiran 5.17.	Data uji <i>TSS</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L) .....	178
Lampiran 5.18.	Data uji deterjen pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L). .....	179
Lampiran 5.19.	Data kadar <i>BOD</i> pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (mg/L). .....	180
Lampiran 5.20.	Data pH pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi. ....	181
Lampiran 5.21.	Data jumlah koloni pada limbah cair domestik oleh konsorsium bakteri heterotrofik dengan perlakuan berbagai konsorsium dan lama inkubasi (log cfu (sel/ 100ml)).....	182
Lampiran 5.22.	Hasil analisis varian kemampuan toleransi isolat bakteri heterotrofik terhadap produk deterjen .....	183
Lampiran 5.23.	Hasil analisis varian kemampuan toleransi isolat bakteri heterotrofik terhadap patogen .....	186
Lampiran 5.24.	Hasil analisis varian indeks hidrolitik isolat bakteri heterotrofik.....	192
Lampiran 5.25.	Hasil analisis varian konsorsium bakteri heterotrofik terhadap patogen. ....	196
Lampiran 5.26.	Hasil analisis varian konsorsium bakteri heterotrofik terhadap amilolitik, proteolitik, dan lipolitik .....	199
Lampiran 5.27.	Hasil analisis varian berbagai indikator formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen.....	201
Lampiran 5.28.	Hasil analisis varian jumlah koloni pada formula konsorsium spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen ...	205
Lampiran 5.29.	Data Pribadi .....	206

## DAFTAR SINGKATAN

<i>ABS</i>	<i>Alkylbenzene sulphonate</i>
<i>BOD<sub>5</sub></i>	<i>Biochemical Oxygen Demand<sub>5</sub></i>
<i>CFU</i>	<i>Colony forming unit</i>
<i>COD</i>	<i>Chemical Oxgen Demand</i>
<i>EM-4</i>	<i>Effective Microorganism-4</i>
<i>EMMA</i>	<i>Effective Microorganism Malang</i>
<i>IPAL</i>	<i>Instalasi Pengolahan Air Limbah</i>
<i>IPAM</i>	<i>Instalasi Pengolahan Air Minum</i>
<i>KDPG</i>	<i>2-keto-3-deoxy-6-P-glukonate</i>
<i>LAS</i>	<i>Linear alkylbenzene sulphonate</i>
<i>Medium BH</i>	<i>Medium Bushnell Hass</i>
<i>PHB</i>	<i>poli-beta-hidroksy-butyric acid</i>
<i>ppm</i>	<i>part per million</i>
<i>SS</i>	<i>Suspended solids</i>
<i>STPP</i>	<i>Sodium tri poly phosphate</i>
<i>TDA</i>	<i>triptofan deaminase</i>
<i>TSS</i>	<i>Total Suspended Solid</i>