

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
PRAKATA	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xix
BAB I PENGANTAR.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ekosistem Sungai.....	6
2.2 Makroinvertebrata Air Sebagai Bioindikator Kesehatan	
Ekosistem Sungai.....	6
2.2.1 Organisme makrozoobentos.....	6
2.2.2 Peranan akrozoobentos di Perairan	17
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keberadaan Makrozoobentos	
di Lingkungan Perairan.....	18
2.3.1 Suhu	19
2.3.2 Kecepatan arus	20
2.3.3 Kecerahan.....	21
2.3.4 Kedalaman.....	21
2.3.5 Total padatan tersuspensi (TSS).....	21
2.3.6 Substrat dasar	22
2.3.7 <i>Dissolved oksigen (DO)</i>	22
2.3.8 <i>Biochemical oxygen demand(BOD)</i>	23
2.3.9 <i>Chemical oxygen demand (COD)</i>	24

2.3.10	Derajat keasaman.....	24
2.3.11	Kandungan nitrat	25
2.3.12	Kandungan fosfat.....	26
2.4	Kesesuaian Indeks Biotik Sebagai Penentu Kualitas Perairan	26
2.5	Abnormalitas / Deformitas.....	29
2.5.1	Mekanisme terjadinya kecacatan morfologi pada <i>Chironomus</i> Sp.....	29
2.5.2	Respon subletal larva Trichoptera untuk mendeteksi kontaminasi polutan toksik	38
2.6	Stress Oksidatif	41
2.6.1	Superoksida dismutase(SOD)	43
2.6.2	Katalase.....	44
2.6.3	Malondialdehida (MDA).....	45
BAB III KONSEP ILMIAH DAN HIPOTESIS		46
3.1	Hipotesis Penelitian	46
3.2	Kerangka Konseptual.....	46
BAB IV METODE PENELITIAN		49
4.1	Waktu Dan Tempat Penelitian	49
4.2	Rancangan Penelitian.....	50
4.3	Alat Dan Bahan.....	57
4.4	Metode Kerja	57
4.4.1	Pengukuran kualitas fisika – kimia air	57
4.4.2	Pengambilan sampel makrozoobentos	58
4.4.3	Identifikasi makroinvertebrata	59
4.5	Pengamatan Kecacatan Morfologi Larva Chironomid	59
4.6	Pengujian kadar SOD, CAT dan MDA.....	61
4.6.1	Pengujian kadar SOD	61
4.6.2	Pengujian kadar CAT	62
4.6.3	Pengujian kadar MDA	63
4.7	Analisis Data	64
4.7.1	Kepadatan jenis dan kepadatan relatif.....	64
4.7.2	Indeks Nilai Penting	65

4.7.3	Keanekaragaman bentos.....	65
4.7.4	Indeks keseragaman	66
4.7.5	Indeks dominansi	66
4.7.6	Indeks biotik.....	67
4.8	NSF – WQI	73
4.9	Analisis PLS	75
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	76
5.1.	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	76
5.2.	Struktur Komunitas Makroinvertebrata Bentos pada Beberapa Sungai di Kalimantan Timur.....	78
5.2.1.	Indeks diversitas <i>Shannon – Wiener</i> (H'), Indeks dominansi (C) dan Indeks keseragaman (E).	78
5.2.2.	Kekayaan taksa.....	82
5.2.3.	Indeks nilai penting (INP).....	84
5.3.	Jenis-jenis Makroinvertebrata Bentos yang Potensial Sebagai Bioindikator	92
5.4.	Kualitas Air	
5.4.1.	Indeks biotik.....	94
5.4.2.	Indeks WQI.....	99
5.4.3.	Analisis PLS (<i>Partial Least Square</i>).....	101
5.5.	Kecacatan Morfologi Chironomidae.....	109
5.6.	Stress Oksidatif	120
5.6.1.	Kadar SOD tiga genus makroinvertebrata bentos pada tiga sungai di Kalimantan Timur.....	120
5.6.2.	Kadar CAT tiga genus makroinvertebrata bentos pada tiga sungai di Kalimantan Timur	121
5.6.3.	Kadar MDA tiga genus makroinvertebrata bentos pada tiga sungai di Kalimantan Timur	123
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	131
6.1	Kesimpulan	131
6.2	Saran	132

DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	146

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan naskah disertasi ini. Sholawat dan salam senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad shallallahu alaihi wasallam. Penelitian mengenai monitoring kualitas air dengan menggunakan indikator biologi telah banyak dilakukan. Indikator biologis digunakan untuk menilai secara makro perubahan keseimbangan ekologi, khususnya ekosistem, akibat pengaruh limbah. Makroinvertebrata bentos telah digunakan secara luas sebagai indikator biologi guna menilai status kesehatan dan integritas ekologi dari sebuah sungai, karena hewan tersebut berperan penting dalam rantai makanan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi status terkini mengenai kualitas perairan di beberapa sungai di Kalimantan Timur dengan mengkaji makroinvertebrata bentos yang dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas lingkungan perairan.

Iringan do'a dan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA selaku Promotor dan Dr. Sucipto Hariyanto, DEA selaku Ko promotor atas segala bimbingan, arahan, saran, koreksi, motivasi, nasehat dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian naskah disertasi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan atas kesempatan yang berikan kepada penulis untuk mengikuti Program Doktor di Universitas Airlangga, kepada yang terhormat Rektor Universitas Airlangga, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Ketua Program Studi S3-MIPA, Rektor Universitas Mulawarman, dan Kementrian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

Harapan penulis, semoga naskah disertasi ini dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang Biologi lingkungan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan untuk semakin meningkatkan kualitas tulisan ini.

Surabaya, Oktober 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Disertasi ini tersusun atas berkah dan rahmat Allah SWT, yang telah mengijinkan penulis menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi Program Doktor Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Setiap tahapan penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan dan saran dari Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA selaku Promotor, dan Dr. Sucipto Hariyanto, DEA selaku Ko Promotor yang dengan lapang hati berkenan membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam menuntaskan penelitian dan studi, di tengah berbagai hambatan dan keterbatasan.

Penelitian disertasi dan pendidikan program doktor ini juga tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada :

- 1 Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA selaku Promotor dan Dr. Sucipto Hariyanto, DEA selaku Ko Promotor yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penelitian dan penulisan disertasi penulis.
- 2 Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc; Prof. Win Darmanto, PhD; Dr. Alfiah Hayati, M.Kes; Dr. Catur Retnaningdyah, M.Si sebagai dosen penguji pada ujian kualifikasi, proposal disertasi, kelayakan, tertutup dan terbuka, yang telah banyak memberikan masukan, saran dan koreksi dalam penyusunan naskah disertasi.
- 3 Rektor Universitas Airlangga dan Ketua Program Studi S3 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, para staf administrasi atas bantuan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan pada program doktor.
- 4 Para dosen Program Studi S3 MIPA Fakultas Sains dan Teknologi atas perluasan wawasan keilmuan sesuai bidang kepakaran masing-masing.
- 5 Dr. Catur Retnaningdyah, M.Si (Departmen Biologi Universitas Brawijaya) atas arahan, masukan dan bimbingannya pada setiap diskusi dalam pengambilan sampel di lapangan.
- 6 Dr. Jojok Sudarso, M.Si. (Puslit Limnologi LIPI Cibinong) yang telah meluangkan waktu untuk membantu dan membimbing penulis dalam preparasi larva Chironomid.

- 7 Dr. Sri Pujiastuti, M.Si. yang dengan sabar membantu dan membimbing penulis dalam uji stres oksidatif di Laboratorium Histologi Universitas Airlangga.
- 8 Dr. Eng Idris Mandang, M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Mulawarman yang telah meluangkan waktunya sebagai penguji dari instansi pada ujian terbuka.
- 9 Muhammad Yusuf, M.Si. (Universitas Brawijaya) dan Nur Rachman “Unang” yang telah banyak membantu dalam analisis stasitik.
- 10 Almarhum Ayahanda dan Ibunda tercinta atas segala kasih sayang dan doa-doa terbaiknya untuk kesuksesan penulis, kakak-kakakku, mertua serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan doa dan semangat bagi penulis untuk segera menyelesaikan studi.
- 11 Suami tercinta, Syaripuddin Rahman dan Ananda Kami “ Nabilah Zafirah Azzahra”, atas doa, kasih sayang, pengorbanan, perhatian dan pengertian yang tidak terhingga kepada penulis selama menyelesaikan studi.
- 12 Team Sampling (Naldo, Sason, Delis, Unang, Timah, Hamzah, Anang, Udy) yang dengan setia setiap saat menemani dan membantu penulis dalam pengambilan sampel di lapangan.
- 13 Semua pihak yang berperan dalam penyelesaian penelitian maupun pendidikan program S3 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam bagian ini.

Secara keseluruhan naskah ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan masukan dari para pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan naskah disertasi ini.

Surabaya, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Ephemeroptera : <i>Baetis</i> sp.....	12
Gambar 2.2	Trichoptera . <i>Amphipsyche</i> sp.....	13
Gambar 2.3	Plecoptera : <i>Isoperla</i> sp.	16
Gambar 2.4	Faktor-faktor kualitas air yang mempengaruhi komunitas bentos	19
Gambar 2.5	Kerusakan mentum pada larva <i>Chironomus</i> Sp yang dikumpulkan dari 3 sungai	33
Gambar 2.6	Kecacatan morfologi pada bagian mandibula dari larva <i>Chironomus</i> spp yang dikumpulkan dari 3 sungai	34
Gambar 2.7	Kecacatan morfologi pada bagian epipharing dari larva <i>Chironomus</i> spp yang dikumpulkan pada 3 sungai yang di uji.....	34
Gambar 2.8	Kecacatan morfologi pada bagian antena dari larva <i>Chironomus</i> spp yang dikumpulkan pada 3 sungai yang di uji.....	34
Gambar 2.9	Bentuk-bentuk tipe kecacatan yang terjadi pada <i>Dicrrotendipes simpsoni</i>	37
Gambar 2.10	Pola jaring dari larva Trichoptera <i>Hydropsyche slossonae</i> pada kondisi normal	39
Gambar 2.11	Distorsi pada pola jaring garis tengah (<i>midline anomaly</i>) dan asimetri dari bagian helai jaring	39
Gambar 2.12	Distorsi struktur rectilinier dari helai jaring ketika adanya penggabungan atau penambahan helai jaring (<i>crossing over</i>)..	40
Gambar 2.13	Larva Hydropsychida.....	40
Gambar 3.1	Kerangka konseptual penelitian.....	48
Gambar 4.1	Peta lokasi penelitian.....	49
Gambar 4.2	Morfologi bagian ventral kapsul kepala.....	60
Gambar 4.3	Bagian mentum larva chironomid	61
Gambar 5.1	Nilai Indeks Diversitas, Indeks Dominansi, dan Indeks Keceragaman pada bulan Desember 2015.....	79
Gambar 5.2	Nilai Indeks Diversitas, Indeks Dominansi dan Indeks Keceragaman pada bulan Juni 2016.....	82
Gambar 5.3	Kekayaan taksa makroinvertebrata bentos di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Desember 2015.....	83
Gambar 5.4	Kekayaan taksa makroinvertebrata bentos di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Juni 2016.....	83

Gambar 5.5	Indeks Nilai Penting (INP) makroinvertebrata bentos yang ditemukan pada setiap lokasi, bulan Desember 2015.....	85
Gambar 5.6	Kelompok taksa makroinvertebrata yang menyusun setiap sungai pada bulan Desember 2015.....	87
Gambar 5.7	Indeks Nilai Penting (INP) makroinvertebrata bentos yang ditemukan pada setiap lokasi, bulan Desember 2015.....	88
Gambar 5.8	Kelompok taksa makroinvertebrata yang menyusun setiap sungai pada bulan Juni 2016.....	89
Gambar 5.9	Indeks biotik (FBI, HBI, BBI, BMWP ASPT) makroinvertebrata bentos yang ditemukan di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Desember 2015.....	96
Gambar 5.10	Indeks biotik (FBI, HBI, BBI, BMWP ASPT) makroinvertebrata bentos yang ditemukan di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Juni 2016.....	97
Gambar 5.11	Nilai Indeks Kualitas air (WQI), bulan Desember 2015.....	99
Gambar 5.12	Nilai Indeks Kualitas air (WQI), bulan Juni 2016.....	101
Gambar 5.13	Model teoritis makroinvertebrata bentos sebagai bioindikator kualitas air di beberapa sungai di Kalimantan Timur.....	102
Gambar 5.14	Model struktural makroinvertebrata bentos sebagai bioindikator kualitas air di beberapa sungai di Kalimantan Timur.....	103
Gambar 5.15	Kerusakan mentum pada larva <i>Chironomus</i> dari sungai Karang Mumus : (A) bentuk gigi yang normal, (B, C dan D) ada kerusakan pada gigi bagian lateral (<i>lateral teeth</i>), (E) kerusakan pada gigi bagian tengah (<i>median teeth</i>), (F) kerusakan parah pada gigi mentum.....	111
Gambar 5.16	Kerusakan mandibula pada larva <i>Chironomus</i> sp dari sungai Karang Mumus : (A) bentuk mandibula yang normal, (B) Gigi mandibula pada bagian kanan hilang semua	111
Gambar 5.17	Kerusakan mandibula pada larva <i>Tanytarsus</i> sp dari sungai Jembayan : (A) bentuk mandibula yang normal, (B) Gigi mandibula pada bagian kanan hilang semua	112
Gambar 5.18	Kerusakan mentum pada larva <i>Polypedilum</i> sp. dari sungai Pampang : (A) Mentum normal, (B) kecacatan pada bagian mentum, gigi ke 1 dan 2 bagian lateral sebelah kiri patah, (C) gigi bagian tengah (<i>median teeth</i>) patah. (D) Kerusakan pada gigi tengah (<i>median teeth</i>), gigi tengah lateral (<i>median-lateral teeth</i>) dan gigi lateral (<i>lateral teeth</i>) bagian kanan dan kiri.....	112
Gambar 5.19	Kerusakan mandibula pada larva <i>Polypedilum</i> sp. dari	

	sungai Pampang, (A) mandibula normal, (B) gigi mandibula sebelah kiri hilang.	113
Gambar 5.20	(A) Kerusakan mentum pada larva Chironomidae (sp.P2c) dari sungai Pampang, gigi tengah (<i>median teeth</i>) hilang semua.,(B) Kerusakan mentum pada larva <i>Chironomus sp.</i> , kerusakan pada gigi ke 4 bagian lateral kanan. (C) Kerusakan mentum pada larva Chironomidae (sp.P3b), gigi tengah (<i>median teeth</i>) hilang semua.....	113
Gambar 5.21	Kerusakan mandibula pada larva Chironomidae (sp.P3a). dari sungai Pampang, gigi mandibula sebelah kanan hilang.....	114
Gambar 5.22	Kerusakan Antena dan maxillary pulp pada larva <i>Ablabesmyia mallochi</i> dari sungai Bengkirai. (A) Antena normal, (B) Kedua ujung antena patah, (C) <i>maxillary pulp</i> hilang 1 segmen.....	114
Gambar 5.23	Kerusakan mandibula pada larva <i>Chironomus major</i> . dari sungai Bengkirai, (A) bentuk mandibula normal normal, (B) gigi mandibula sebelah kanan patah.....	115
Gambar 5.24	Kerusakan mentum pada larva <i>Chironomus sp.</i> dari sungai Perjiwa : (A) bentuk gigi yang normal, (B) kerusakan pada gigi bagian lateral, gigi ke 3 dan 4 hilang.....	115
Gambar 5.25	Kerusakan mentum pada larva <i>Polypedilum sp.</i> dari sungai Nabah : (A) Mentum normal, (B) kecacatan pada bagian mentum, kedua gigi bagian tengah (<i>median teeth</i>) patah, Kerusakan pada gigi tengah lateral (<i>median – lateral teeth</i>) bagian kiri dan kanan patah.....	115
Gambar 5.26	Hasil analisis komponen utama hubungan antara parameter fisika, kimia, biologi dan logam berat terhadap kecacatan morfologi bagian gigi, antena dan mandibula dari larva chironomidae.....	119
Gambar 5.27	Diagram batang kadar SOD beberapa makroinvertebrata bentos (Keterangan : $p<0.05$, abjad huruf kecil ($a>b>c$) menerangkan perbedaan yang signifikan pada tiga genus makroinvertebrata bentos.....	121
Gambar 5.28	Diagram batang kadar CAT beberapa makroinvertebrata bentos pada beberapa sungai di Kalimantan Timur (Keterangan : $p<0.05$, abjad huruf kecil ($a>b>c$) menerangkan perbedaan yang signifikan pada tiga genus makroinvertebrata bentos.....	122
Gambar 5.29	Diagram batang kadar MDA beberapa makroinvertebrata bentos (Keterangan : $p<0.05$, abjad huruf kecil ($a>b>c$) menerangkan perbedaan yang signifikan pada tiga genus makroinvertebrata bentos.....	124

Gambar 5.30	Hasil analisis komponen utama distribusi parameter fisika, kimia, biologi dan logam berat pada tiga sungai di Kalimantan Timur.....	127
Gambar 5.31	Hasil analisis komponen utama hubungan antara parameter fisika, kimia, biologi dan logam berat terhadap kadar SOD, CAT dan MDA Chironominae, <i>Lestes</i> , dan <i>Gomphus</i> pada tiga sungai di Kalimantan Timur.	129

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Beberapa contoh makrozoobentos berdasarkan kepekaannya terhadap bahan-bahan pencemar..... 10
Tabel 2.2	Pengaruh kecacatan morfologi pada sampel larva <i>Chironomus</i> Sp. bulanan dari sungai Pematang Rawa, Sungai Pasir dan sungai Kilang 32
Tabel 2.3	Frekuensi tipe-tipe kecacatan dari mulut dan antena <i>Dicrotendipes simpsoni</i> di waduk Saguling Jawa Barat..... 35
Tabel 4.1	Lokasi sampling makroinvertebrata bentos..... 56
Tabel 4.2	Pengukuran parameter kualitas air 58
Tabel 4.3	Urutan standar pada pengujian SOD..... 62
Tabel 4.4	Kriteria kualitas air berdasarkan indeks Shannon – Wiener 66
Tabel 4.5	Klasifikasi kualitas air berdasarkan famili biotik indeks 67
Tabel 4.6	Indeks biotik metode belgian biotic index (BBI)..... 68
Tabel 4.7	Indeks biotik metode extended trent biotic index 69
Tabel 4.8	Skala nilai indeks biotik BMWP 70
Tabel 4.9	Skor indeks biotik BMWP ASPT..... 71
Tabel 4.10	Bobot nilai 9 parameter polutan pada NSF – WQI..... 73
Tabel 4.11	Bobot nilai baru untuk 8 parameter polutan pada NSF WQI..... 74
Tabel 5.1	Gambaran umum lokasi penelitian..... 77
Tabel 5.2	Rangkaian penelitian pada masing-masing sungai..... 78
Tabel 5.3	Nilai Indeks Diversitas, Indeks Dominansi dan Indeks Keseragaman pada bulan Desember 2015..... 79
Tabel 5.4	Nilai Indeks Diversitas, Indeks Dominansi, dan Indeks Keseragaman pada bulan Juni 2016..... 85
Tabel 5.5	Jenis - jenis makroinvertebrata bentos yang potensial sebagai bioindikator..... 93
Tabel 5.6	Indeks biotik (FBI, HBI, BBI, BMWP ASPT makroinvertebrata bentos yang ditemukan di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Desember 2015..... 95
Tabel 5.7	Kualitas air berdasarkan nilai indeks biotik bulan Desember 2015..... 95
Tabel 5.8	Indeks biotik (FBI, HBI, BBI, BMWP ASPT makroinvertebrata bentos yang ditemukan di empat sungai di Kalimantan Timur pada bulan Juni 2016..... 97
Tabel 5.9	Kualitas air berdasarkan nilai indeks biotik bulan Juni 2016 97
Tabel 5.10	Indikator yang layak/signifikan untuk menyusun variabel laten hasil pengujian dan pengukuran..... 104
Tabel 5.11	Nilai R^2 untuk penentuan Q^2 105

Tabel 5.12	Nilai bobot struktural dan t-statistik hasil pengujian struktural	106
Tabel 5.13	Kecacatan morfologi Chironomidae yang ditemukan pada 6 sungai di Kalimantan Timur.....	109
Tabel 5.14	Persentase kecacatan morfologi pada bagian gigi mentum, antena, dan mandibula yang ditemukan pada 6 sungai di Kalimantan Timur.....	117
Tabel 5.15	Hasil uji kadar SOD beberapa makroinvertebrata bentos pada beberapa sungai di Kalimantan Timur.....	121
Tabel 5.16	Hasil uji kadar CAT beberapa makroinvertebrata bentos pada beberapa sungai di Kalimantan Timur.....	122
Tabel 5.17	Hasil uji kadar MDA beberapa makroinvertebrata bentos pada beberapa sungai di Kalimantan Timur.....	123
Tabel 5.18	Parameter fisika kimia pada setiap lokasi sampling	126

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Hasil analisa kualitas air	146
Lampiran 2	Lokasi pengambilan sampel pada semua stasiun penelitian	147
Lampiran 3	Pembuatan preparat Chironomid	158
Lampiran 4	Kurva standar SOD	160
Lampiran 5	Kurva standar CAT dan Δ OD CAT	162
Lampiran 6	Kurva standar MDA	163
Lampiran 7	Hasil perhitungan indeks keanekaragaman, indeks dominansi, dan indeks keseragaman Makroinvertebrata bentos pada setiap sungai	164
Lampiran 8	Hasil perhitungan NSF – WQI untuk bulan Desember 2015 dan bulan Juni 2016	175
Lampiran 9	Hasil analisis kualitas air pada 7 sungai di Kalimantan Timur bulan Desember 2015 dan bulan Juni 2016	183
Lampiran 10	Hasil uji statistik kadar SOD, CAT, MDA pada <i>Chironomus</i> Sp, <i>Lestes</i> dan <i>Gomphus</i>	205
Lampiran 11	Daftar Riwayat Hidup	217