



**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS PERAIRAN DI SUNGAI
KALIPUTIH KABUPATEN JEMBER DAN
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan mencapai gelar sarjana pendidikan (S1)
Pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh

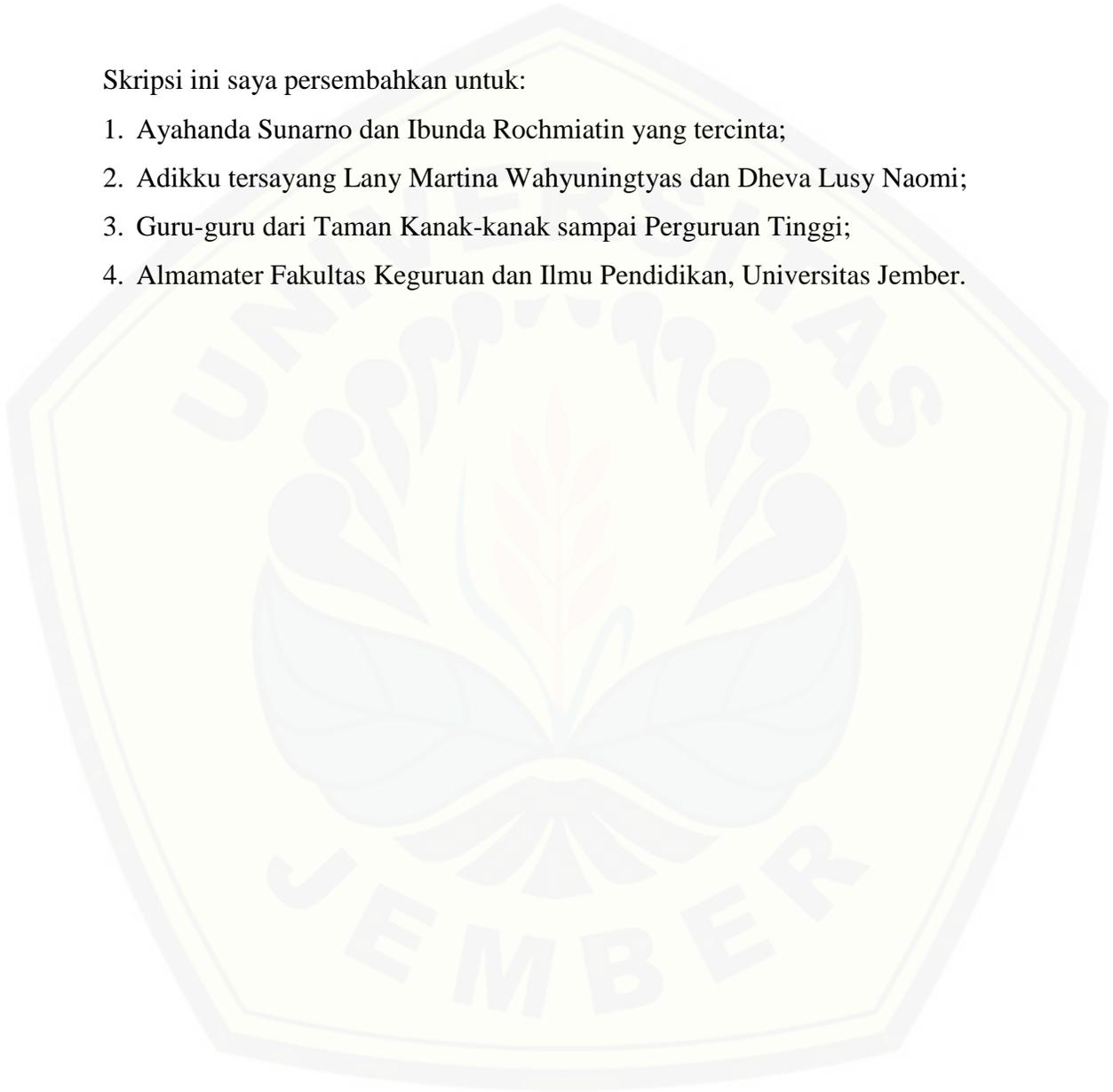
**Alik Ul Rochmana
NIM 110210103042**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Sunarno dan Ibunda Rochmiatin yang tercinta;
2. Adikku tersayang Lany Martina Wahyuningtyas dan Dheva Lusy Naomi;
3. Guru-guru dari Taman Kanak-kanak sampai Perguruan Tinggi;
4. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.



MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan
(terjemahan surat Al-Insyirah ayat 6)*

Bersabar adalah pilihan terbaik. Marah tidak akan menyelesaikan masalah dan mengalah bukan berarti kalah. Dan ikhlas bukan berarti kita pasrah menerima, tapi ikhlas adalah kekuatan besar untuk kita terus berusaha agar mendapat yang lebih baik**

Tegas akan diri sendiri, buang pikiran negatif dan lakukan yang baik. Kegelisahan hanya milik mereka yang putus asa. Tetap semangat dan melakukan yang terbaik***

*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1971. *Al-quran dan Terjemahanya*. Jakarta: Yayasan Penyelenggara Penterjemah/Penafsir Al-Quran

***) Penulis

**) Penulis

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alik UI Rochmana

NIM : 110210103042

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

Alik UI Rochmana

NIM 110210103042

SKRIPSI

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS PERAIRAN DI SUNGAI
KALIPUTIH KABUPATEN JEMBER DAN
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

Oleh

Alik Ul Rochmana
NIM 110210103042

Pembimbing

Dosen Pembimbing 1 : Drs. Wachju Subchan M.S.,Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr. Suratno, M.Si.

PERSETUJUAN

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS PERAIRAN DI SUNGAI KALIPUTIH KABUPATEN JEMBER
DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan dan mencapai gelar
Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh

Nama Mahasiswa : Alik Ul Rochmana
NIM : 110210103042
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Angkatan Tahun : 2011
Daerah Asal : Blitar
Tempat, Tanggal Lahir : Blitar, 29 Januari 1993

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
NIP. 19630813 199302 1 001

Prof. Dr. Suratno, M.Si
NIP. 19670625 199203 1 003

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks”, telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Wachju Subchan M.S.,Ph.D.
NIP 19630813199302 1 001

Prof. Dr. Suratno, M.Si.
NIP 19670625199203 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si
NIP. 195710281985031001

Dr. Jekti Prihatin, M. Si.
NIP 19651009199103 2 001

Mengesahkan,
Dekan FKIP Universitas Jember

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.
NIP 19540501198303 1 005

RINGKASAN

Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks; Alik Ul Rochmana; 110210103042; 2015; 78 halaman; Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Sungai Kaliputih yang menjadi objek penelitian ini merupakan sungai dengan sumber berasal dari pegunungan Argopuro dan memiliki daerah aliran sungai mulai dari Kecamatan Panti, Kecamatan Rambipuji hingga Kecamatan Puger. Sepanjang daerah aliran sungai ini memiliki kondisi badan tepi perairan yang berbeda-beda yaitu adanya perkebunan kopi dan sebagian pepohonan jati yang berdekatan dengan pemukiman masyarakat.

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember pada stasiun pengamatan di Kecamatan Rambipuji dan Kecamatan Panti. Pengambilan sampel dilakukan bulan April 2015 minggu ke-tiga pukul 06.30-12.30 menggunakan metode *probability stratified random sampling*. Identifikasi dilakukan di laboratorium Zoologi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan LIPI Bogor. Produk akhir penelitian digunakan sebagai buku nonteks berupa buku suplemen yang divalidasi oleh dua dosen biologi Universitas Jember dan dua guru biologi di Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember yaitu dari SMA Muhammadiyah Rambipuji dan SMAN 1 Rambipuji. Instrumen validasi yang digunakan adalah modifikasi dari instrumen buku nonteks dari Pusat Perbukuan Depdiknas 2008.

Hasil penelitian didapatkan tiga spesies makrozoobentos yang telah ditemukan. Spesies makrozoobentos yang telah ditemukan tersebut terdiri atas 1 filum, 1 kelas, 2 ordo, 3 famili, 3 genus, dan 3 spesies. Spesies-spesies yang ditemukan meliputi: (1) *Sulcospira testudinaria*, (2) *Tarebia granifera* dan (3) *Galba truncatula*.

Densitas makrozoobentos sebesar 20 individu per plot. Densitas tertinggi pada spesies *Tarebia granifera* (Ordo Caenogastropoda), yaitu 16 individu per plot. Adapun densitas terendah adalah *Galba truncatula* (Ordo Lymnaeoidea), yaitu 0,5 individu per plot. Densitas terbesar menunjukkan bahwa *Tarebia granifera* mendominasi plot dan densitas terendah menunjukkan bahwa *Galba truncatula* paling sedikit ditemukan pada saat penelitian. Nilai densitas makrozoobentos ini menunjukkan tingkat kepadatan dari tiap-tiap spesies makrozoobentos yang telah ditemukan di badan perairan.

Nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos dalam penelitian yaitu sebesar 0,574. Keanekaragaman makrozoobentos dikatakan tinggi jika nilai indeks keanekaragamannya mendekati nilai indeks keanekaragaman (H) maksimal. H maksimal dinyatakan dalam $\ln S$ (banyaknya spesies yang ditemukan). Nilai H maksimal pada penelitian ini adalah 1,09. Dari hasil perhitungan indeks keanekaragaman diperoleh nilai 0,574 menunjukkan bahwa kualitas lingkungan perairan Sungai Kaliputih termasuk dalam kriteria sangat jelek.

Produk akhir dari penelitian berupa buku nonteks berjudul “Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan” yang divalidasi oleh empat validator menghasilkan nilai dengan rata-rata 82,98 yang dikategorikan dengan kualitas baik dengan predikat sangat layak. Melalui hasil uji yang telah dilakukan menunjukkan bahwa buku nonteks dapat digunakan sebagai buku referensi.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Drs. Wachju Subchan M.S., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan ilmunya hingga terselesaikannya skripsi ini;
4. Prof. Dr. Suratno, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi dan Dosen Pembimbing Akademik, sekaligus selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan ilmunya hingga terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak/Ibu Dosen di FKIP Pendidikan Biologi, atas semua ilmu yang diberikan semoga bermanfaat bagi semua;
6. Laboran di FKIP Pendidikan Biologi, atas segala kerjasama dalam membantu penulis menyediakan alat dan bahan yang dibutuhkan;
7. Dosen validator Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan Guru Biologi SMA di Kabupaten Jember (SMAN 1 Rambipuji dan SMA Muhammadiyah Rambipuji) atas bantuan validasi dan sarannya;

8. Keluargaku tercinta Bapak, Ibuk, Adik Lany dan Adik Lusy yang selama ini memberikan motivasi dan kasih sayang yang tiada batas;
9. Sahabat-sahabatku Bionic 2011 Pendidikan Biologi Universitas Jember, Pepi, Luluk, Mimin, Baity, Zahrotul, Andi, Aflah, Fatihul Amin, Dodik, dan semua teman Pendidikan Biologi angkatan 2011. Terima kasih atas dukungan dan motivasinya yang tiada henti;
10. Mas Fokus yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta Keluarga besar KEMAPATA, Nur Fatmala, Leviana, Nando, Jupri, Widodo, Iqbal, Cholid dan semua anggota KEMAPATA. Terimakasih atas dorongan dan semangat yang menggelora;
11. Teman-teman PSM Paranada FKIP Universitas Jember;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal kebaikan yang telah diberikan mendapat ganti serta pahaladari Allah SWT, Amin.

Jember, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Keanekaragaman Makrozoobentos	8
2.2 Penggolongan Makrozoobentos	10
2.2.1 Berdasarkan Cara Makan	10
2.2.2 Berdasarkan Ukuran	11

2.3 Faktor-faktor Fisika Kimia	11
2.3.1 Faktor Fisika	11
a. Suhu	11
b. Arus.....	12
c. Kecerahan	12
d. Substrat Dasar	13
2.3.2 Faktor kimia	14
a. Derajat Keasaman (pH).....	14
c. <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	14
2.4 Ekosistem Sungai	15
2.5 Daerah Aliran Sungai Kaliputih di Kabupaten Jember	17
2.6 Hubungan Kekerabatan Spesies	17
2.7 Analisis Klaster	19
2.8 Buku Nonteks	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2.1 Tempat Penelitian	23
3.2.2 Waktu Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan	25
3.4 Definisi Operasional	25
3.5 Desain Penelitian	26
3.5.1 Penelitian Tahap Pertama	26
a. Teknik Sampling.....	26
b. Prosedur Sampling	28
3.5.2 Penelitian Tahap Kedua.....	30

3.6 Analisis Data	32
3.6.1 Penelitian Tahap Pertama	32
3.6.2 Penelitian Tahap Kedua.....	34
3.7 Alur Penelitian	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Penelitian	38
4.1.1 Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	38
4.1.2 Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai bio- indikator di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	42
4.1.3 Densitas Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupa- ten Jember.....	43
4.1.4 Hasil pengamatan parameter fisik-kimia di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	45
4.1.5 Pengaruh faktor lingkungan terhadap keanekaragaman makrozoobentos	45
4.1.6 Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Densitas Makro- zoobentos	48
4.1.7 Hubungan Kekerabatan Gastropoda Sungai Kaliputih dengan Gastropoda Sungai Bedadung Kabupaten Jember	49
4.1.8 Pemanfaatan Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Buku Nonteks	56
4.2 Pembahasan	60
4.2.1 Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	60
4.2.2 Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	61

4.2.3 Densitas Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	64
4.2.4 Parameter fisik-kimia di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	65
4.2.5 Analisis Jauh Dekatnya Hubungan Kekkerabatan.....	66
4.2.6 Potensi Makrozoobentos di Sungai Kaliputih sebagai Buku Nonteks	68
BAB 5. PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.1 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Alat dan satuan dalam pengukuran faktor fisika-kimia perairan	28
3.2 Rancangan atau desain pengembangan buku nonteks	30
3.3 Kualitas Lingkungan Perairan Berdasarkan Indeks Diversitas Makrozoobentos	33
3.4 Pedoman kriteria nilai validasi buku nonteks	36
4.1 Daftar spesies makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Kaliputih	41
4.2 Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Kaliputih	42
4.3 Kualitas Lingkungan Perairan Berdasarkan Indeks Diversitas Makrozoobentos	42
4.4 Densitas Makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	44
4.5 Pengamatan parameter fisik-kimia di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember	45
4.6 Hasil Analisis Regresi Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Keaneka- ragaman	46
4.7 Koefisien regesi Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Keanekaragaman (H')	47
4.8 Hasil Analisis Regresi Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Densitas.....	48
4.9 Hasil deskripsi kekerabatan gastropoda Sungai Kaliputih dengan Sungai Bedadung	50
4.10 Matrik koefisien asosiasi antara gastropoda Sungai Kaliputih dengan gastro- poda Sungai Bedadung	51
4.11 Ringkasan proses klaster	52
4.12 Aglomerasi morfologi untuk gastropoda di Sungai Kaliputih dan Sungai Bedadung	53
4.13 Hasil Validasi Instrumen Buku Nonteks	57
4.14 Komentar umum atau saran validator Instrumen Buku Nonteks	58
4.15 Hasil Validasi Buku Nonteks	58
4.16 Komentar umum dan saran validator buku nonteks	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Peta DAS Kaliputih Kabupaten Jember	24
3.2 Contoh Peletakan Transek Pada Badan Sungai	27
3.3 Lokasi Stasiun I Desa Kemiri Kec. Panti Kab. Jember	27
3.4 Lokasi Stasiun II Desa Rowotantu Kec. Rambipuji Kab. Jember	28
3.5 Alur Penelitian	37
4.1 <i>Sulcospira testudinaria</i>	38
4.2 <i>Tarebia granifera</i>	39
4.3 <i>Galba truncatula</i>	40
4.4 Histogram Densitas Makrozoobentos (individu/m ²).....	44
4.5 Dendogram hubungan kekerabatan gastropoda Sungai Kaliputih dan gastro- poda Sungai Bedadung berdasarkan karakter morfologi	55
4.6 Sampul buku nonteks	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN I Matrik Penelitian.....	75
LAMPIRAN II Hasil Penelitian.....	77
LAMPIRAN III Hasil Analisis Regresi	78
LAMPIRAN IV Hasil Analisis Klaster.....	83
LAMPIRAN V Lembar Penilaian Validasi Buku Nonteks	89
LAMPIRAN VI Lembar Penjelasan Butir Instrumen	109
LAMPIRAN VII Dokumentasi Penelitian.....	116

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai *megabiodiversity country*, yaitu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati kategori tinggi yang menyimpan kekayaan alam dengan berbagai manfaat vital (Triyono, 2013:12). Berdasarkan gambaran kawasan biogeografi, Indonesia memiliki posisi topografi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah, berbukit serta bergunung, sehingga memungkinkan di dalamnya hidup flora, fauna dan mikrobial yang sangat beranekaragam pada ekosistemnya (Suhartini, 2009).

Jenis-jenis flora dan fauna yang sangat beraneka ragam ini memiliki ukuran makro (dapat dilihat oleh kasat mata) maupun mikro (dapat dilihat dengan menggunakan bantuan alat). Salah satu kelompok organisme yang berukuran makro adalah makrozoobentos. Rosenberg (dalam Suartini, 2006:41) menyatakan bahwa makrozoobentos merupakan anggota kelompok zoobentos yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan. Selain itu menurut Lind (dalam Suartini, 2006:41) mengatakan bahwa makrozoobentos memegang beberapa peran penting di suatu perairan seperti dalam proses mineralisasi material organik yang memasuki perairan. Sedangkan menurut Rahayu (dalam Maruru, 2012: 2), keberadaan makrozoobentos merupakan komponen biotik pada ekosistem perairan yang berpotensi mengindikasikan kondisi fisik, kimia dan biologi suatu perairan, sehingga digunakan sebagai indikator kualitas air.

Status kualitas air adalah tingkat kondisi kualitas air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Maruru, 2012: 2). Seperti yang telah dijabarkan oleh Mukono (2006) bahwa kualitas air permukaan dapat ditentukan dengan menggunakan kombinasi parameter fisik,

kimia dan biologis sehingga pada penelitian ini yang akan diukur untuk parameter fisik adalah suhu, dan kekeruhan, serta pH untuk pengukuran parameter kimia. Sedangkan untuk parameter biologis dilakukan dengan metode biomonitoring. Secara umum istilah biomonitoring dipakai sebagai cara yang penting dan merupakan metode untuk menilai suatu dampak pencemaran lingkungan dengan menggunakan organisme sebagai indikatornya.

Penggunaan struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan sungai sudah umum digunakan, diantaranya Sudarso *et al.* (2009) mengklasifikasikan tingkat kerusakan atau gangguan di beberapa ruas Sungai Cisadane berdasarkan pada komunitas benthos. Di negara-negara maju dalam menilai tingkat kesehatan sungai, menggunakan materi biologi seperti komunitas fauna makrobenthik atau benthos untuk mengetahui status dan bagaimana perubahan kualitas air akibat aktivitas antropogenik (Sudarso *et al.*, 2009). USEPA (2002) in Hauer & Lamberti (2007) menyatakan bahwa 49 dari 50 negara bagian di Amerika Serikat menggunakan makrozoobenthos dalam pemantauan kualitas air (Anzani, 2012). Maka dari itu perlu dilakukan biomonitoring makrozoobentos pada perairan tawar di Sungai Kaliputih.

Sungai Kaliputih yang menjadi objek penelitian ini merupakan sungai dengan sumber berasal dari pegunungan Argopuro dan memiliki daerah aliran sungai mulai dari Kecamatan Panti, Kecamatan Rambipuji hingga Kecamatan Puger. Sepanjang daerah aliran sungai ini memiliki kondisi badan tepi perairan yang berbeda-beda yaitu adanya perkebunan kopi dan sebagian pepohonan jati yang berdekatan dengan pemukiman masyarakat (Kementrian Lingkungan Hidup, 2006). Dari data BPS Kabupaten Jember bencana banjir bandang yang terjadi 2 Januari 2006 di Daerah Aliran Sungai Kaliputih Kabupaten Jember mengakibatkan 76 orang meninggal dunia, 15 orang hilang, 1.900 orang mengungsi dan 36 rumah hanyut, 2.400 rumah rusak, 6 jembatan putus serta 140 ha sawah rusak termasuk dalam kasus bencana nasional yang mengakibatkan berubahnya struktur badan sungai sehingga berpengaruh terhadap

keberlangsungan organisme di sekitarnya (LPPM UPN, 2008). Kondisi ini menyebabkan berubahnya struktur komunitas makrozoobentos yang ada di dalamnya serta membutuhkan waktu yang relatif lama untuk bisa kembali seperti kondisi semula.

Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan air tawar dimana makrozoobentos dapat melangsungkan kehidupan. Selain Sungai Kaliputih, di Kabupaten Jember terdapat pula Sungai Bedadung dengan sumber mata air yang berbeda. Ditinjau dari letak geografis kedua sungai ini memiliki perbedaan sehingga perlu dipelajari bagaimanakah tingkat kekerabatan makrozoobentos Sungai Kaliputih dengan makrozoobentos Sungai Bedadung. Adanya keanekaragaman makrozoobentos yang terdapat di ekosistem ini, maka makrozoobentos dapat dimanfaatkan sebagai subjek dalam pembuatan buku non teks.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nomor 2 tahun 2008 pasal 6 (2) yang menyatakan bahwa “selain buku teks pelajaran, pendidik dapat menggunakan buku panduan pendidik, buku pengayaan, dan buku referensi dalam proses pembelajaran”. Dari uraian peraturan menteri tersebut menunjukkan bahwa buku yang digunakan di dalam proses pembelajaran dapat bervariasi, selain menggunakan buku teks dapat pula menggunakan buku nonteks.

Selama ini materi tentang makrozoobentos belum banyak dipelajari, hanya sering disebutkan di dalam materi ekosistem, selain materi yang cukup sulit, rasa percaya diri guru juga rendah. Selain itu kajian tentang kekerabatan jarang diangkat menjadi suatu pokok bahasan oleh peneliti sebelumnya. Kajian kekerabatan ini memiliki nilai kebermanfaatan tersendiri dalam mempelajari klasifikasi makhluk hidup berdasarkan ciri morfologi.

Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dalam kurikulum 2013 (2013:110-112) materi tentang ekosistem berada di dalam Kompetensi Dasar (KD) 3.11 Mendeskripsikan peran komponen ekosistem dalam aliran

energi dan daur biogeokimia serta pemanfaatan komponen ekosistem bagi kehidupankelas X. Selain itu, terdapat pula dalam KD 3.4 Mendeskripsikan ciri-ciri Filum dalam Dunia Hewan dan peranannya bagi kehidupan, pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA).

Kurikulum pendidikan di Indonesia menggarisbawahi pandangan dasar bahwa pengetahuan tidak dapat dipindahkan begitu saja dari guru ke peserta didik. Peserta didik haruslah mengkonstruksi pengetahuannya dalam proses kognitif agar dapat memahami serta menerapkannya. Oleh karena itu, pembelajaran pada kurikulum 2013 ini menggunakan pendekatan saintifik. Pendekatan saintifik didefinisikan sebagai pembelajaran yang dirancang agar Peserta didik secara aktif mengonstruksi pengetahuan. Tahapan-tahapan pendekatan saintifik antara lain; mengamati (untuk mengidentifikasi dan menemukan masalah), mengajukan pertanyaan atau merumuskan masalah, mengajukan atau merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengomunikasikan konsep, hukum atau prinsip yang “ditemukan” (Kemendikbud Dirjendikdas Direktorat Pembinaan SMA, 2013:12).

Proses pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik mengenal lima pengalaman belajar yaitu; 1) mengamati, 2) menanya, 3) mengumpulkan informasi, 4) mengasosiasi, dan 5) mengkomunikasikan (Kemendikbud Dirjendikdas Direktorat Pembinaan SMA, 2013:13). Fungsi buku nonteks dalam kurikulum 2013 ini termasuk dalam pengalaman belajar ke-3 yaitu mengumpulkan informasi. Proses ini bertujuan untuk memperoleh informasi sebanyak-banyaknya yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan keterkaitan informasi satu dengan informasi lainnya hingga mendapatkan suatu jawaban (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013:6).

Berawal dari permasalahan di atas maka dilakukan penelitian dan mengembangkan hasil penelitian menjadi buku nonteks, yang tertuang dalam suatu penelitian dengan judul “Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai

Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut.

- a. Bagaimanakah tingkat keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember?
- b. Bagaimanakah hubungan keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator dengan kualitas air yang dilihat dari parameter fisika-kimia lingkungan perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember?
- c. Bagaimanakah hubungan densitas makrozoobentos sebagai bioindikator dengan kualitas air yang dilihat dari parameter fisika-kimia lingkungan perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember.
- d. Bagaimanakah hubungan kekerabatan antara gastropoda Sungai Kaliputih dengan gastropoda Sungai Bedadung Kabupaten Jember?
- e. Apakah hasil penelitian tentang jenis makrozoobentos di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dapat dimanfaatkan sebagai buku nonteks SMA kelas X?

1.3 Batasan Masalah

Peneliti menentukan batasan-batasan permasalahan dalam penelitian yang akan dilakukan supaya peneliti terarah pada permasalahan yang diteliti. Berikut batasan-batasan masalah tersebut:

- a. Pengambilan sampel dilakukan pada dua stasiun dari daerah aliran Sungai Kaliputih yaitu: stasiun I (Desa Kemiri, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember) dan Stasiun II (Desa Rowotamtu, Kecamatan Rambipuji, Kabupaten Jember).
- b. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi saja. Setelah itu identifikasi dilakukan sampai ke tahapan spesies;
- c. Pada pengamatan substrat dasar perairan dilakukan dengan cara substrat dikepal atau digesek antara telunjuk dan ibu jari hingga kedalaman 2-5 cm.

- d. Materi yang digunakan di dalam buku nonteks adalah spesies makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember;
- e. Validasi buku nonteks dilakukan oleh empat validator dengan rincian dua dosen biologi FKIP Universitas Jember (ahli media dan ahli materi) serta dua guru biologi SMA kelas X di Kabupaten Jember yaitu: SMAN 1 Rambipuji dan SMA Muhammadiyah Rambipuji sebagai sekolah dengan lokasi terdekat dari Sungai Kaliputih.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui tingkat keanekaragaman makrozoobentos yang terdapat di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember.
- b. Mengetahui hubungan keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator dengan kualitas air yang dilihat dari parameter fisika-kimia lingkungan perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember.
- c. Mengetahui hubungan densitas makrozoobentos sebagai bioindikator dengan kualitas air yang dilihat dari parameter fisika-kimia lingkungan perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember.
- d. Mengetahui hubungan kekerabatan antara gastropoda Sungai Kaliputih dengan gastropoda Sungai Bedadung Kabupaten Jember.
- e. Menyusun buku Nonteks untuk Kelas X SMA dari hasil penelitian jenis makrozoobentos yang terdapat di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah.

- a. Bagi guru dan peserta didik adalah sebagai buku referensi, untuk memperkaya pengetahuan tentang makrozoobentos.
- b. Bagi peneliti lain adalah dapat dijadikan sebagai sumber referensi.

- c. Bagi peneliti adalah sebagai pengalaman dan menambah wawasan serta bukti keikutsertaan dalam mengembangkan pengetahuan di bidang ilmu biologi.
- d. Bagi pembaca adalah memberikan pengetahuan dan informasi tentang makrozoobentos serta peranannya di perairan air tawar.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keanekaragaman Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan organisme akuatik yang hidup di dasar perairan dengan pergerakan relatif lambat yang sangat dipengaruhi oleh substrat dasar serta kualitas perairan. Makrozoobentos berperan penting dalam proses mineralisasi dan pendaur-ulangan bahan organik maupun sebagai salah satu sumber makanan bagi organisme konsumen yang lebih tinggi. Selain itu bentos berfungsi juga menjaga stabilitas dan geofisika sedimen (Thompson, 2004). Penurunan komposisi, kelimpahan dan keanekaragaman dari makrozoobentos biasanya merupakan indikator adanya gangguan ekologi yang terjadi pada sungai tersebut.

Kelompok makrozoobentos merupakan kelompok hewan yang relatif menetap di dasar perairan dan tersaring oleh saringan berukuran mata saring 1,0 X 1,0 mm atau 2,0 X 2,0 mm, yang pada pertumbuhan dewasanya berukuran 3-5 mm dan kerap digunakan sebagai petunjuk biologis (indikator) kualitas perairan (Fachrul, 2007: 101). Organisme ini mempunyai peranan yang cukup penting dalam mempercepat proses dekomposisi materi organik. Hewan bentos, terutama yang bersifat herbivor dan detritivor, dapat menghancurkan makrofit akuatik yang hidup maupun yang mati dan serasah yang masuk ke dalam perairan menjadi potongan-potongan yang lebih kecil, sehingga mempermudah mikroba untuk menguraikannya menjadi nutrisi bagi produsen perairan. Bentos juga merupakan sumber makanan yang alami bagi ikan (Simamora, 2009: 5).

Makrozoobentos merupakan biota air yang mudah terpengaruh oleh adanya bahan pencemar kimiawi serta keberadaan lumpur, pasir dan arus air. Hal ini disebabkan makrozoobentos pada umumnya tidak dapat bergerak cepat dan habitatnya di dasar perairan yang merupakan penumpukan bahan pencemar

kimia, lumpur serta pasir. Perubahan substrat dan penambahan bahan pencemar akan berpengaruh terhadap kepadatan, komposisi dan tingkat keragaman zoobentos (Simamora, 2009: 6).

Organisme *bentos* memainkan peran penting dalam komunitas dasar, karena fungsinya dalam proses mineralisasi dan pendaur ulang bahan organik yang tertangkap di dalam lingkungan perairan. Sifat pergerakan makrozoobentos yang terbatas atau relatif menetap dan habitat hidupnya di dasar perairan yang merupakan tempat bahan pencemar maka perubahan kualitas air dan substrat hidupnya mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos. Pada saat ini penggunaan bioindikator menjadi sangat penting untuk memperlihatkan hubungan antara lingkungan biotik dengan non-biotik. Bioindikator atau indikator ekologis merupakan taksa atau kelompok organisme yang sensitif dan dapat dijadikan petunjuk bahwa mereka dipengaruhi oleh tekanan lingkungan akibat dari kegiatan manusia dan destruksi sistem biotik (Zulkifli *et al.*, 2009: 587). *Bentos* hanya dapat hidup dan berkembang biak dengan baik dalam lokasi yang mempunyai kualitas perairan bagus, tetapi beberapa jenis masih dapat hidup dan berkembang dengan baik dalam perairan yang mempunyai kondisi buruk. Bila suatu jenis *bentos* dapat toleran terhadap kondisi buruk, maka jenis tersebut akan berkembang dengan baik karena sedikitnya kompetitor (Tobing, 2009: 32).

Komunitas fauna bentik (*zoo-bentos*) terdiri atas lima kelompok, yaitu *Mollusca*, *Polychaeta*, *Crustacea*, *Echinodermata*, dan kelompok lain yang terdiri atas beberapa takson kecil seperti *Sipunculidae*, *Pogonophora* dan lainnya (Romimohtarto, 200: 393).

Makrozoobentos merupakan organisme yang hidup didasar perairan dan tersaring oleh saringan yang berukuran mata saring 1,0x1,0 milimeter atau 2,0x2,0 mm, yang pada pertumbuhan dewasanya berukuran 3-5 mm (Fachrul, 2007: 101). Menurut habitatnya, makrozoobentos dapat dikelompokkan menjadi infauna dan epifauna. Infauna adalah makrozoobentos yang hidupnya terpendam di dalam substrat perairan dengan cara menggali lubang, sebagian besar hewan tersebut hidup sesil dan

tinggal di suatu tempat. Kelompok infauna sering mendominasi komunitas substrat yang lunak dan melimpah di daerah subtidal, sedangkan epifauna adalah makrozoobentos yang hidup di permukaan dasar perairan yang bergerak dengan lambat di atas permukaan dari sedimen yang lunak atau menempel pada substrat yang keras dan melimpah di daerah intertidal (Nybakken, 1992: 45).

Maruru (2012: 2) mengemukakan bahwa makrozoobentos merupakan komponen biotik pada ekosistem perairan yang dapat memberikan gambaran mengenai kondisi fisik, kimia dan biologi suatu perairan, sehingga digunakan sebagai indikator kualitas air sungai. Selain itu, makrozoobentos memiliki sifat-sifat, yaitu :

- 1) sangat peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya, sehingga akan mempengaruhi komposisi dan kelimpahannya;
- 2) ditemukan hampir di semua perairan;
- 3) jenisnya cukup banyak dan memberikan respon yang berbeda akibat gangguan yang berbeda;
- 4) pergerakannya terbatas, sehingga dapat sebagai penunjuk keadaan lingkungan setempat;
- 5) tubuhnya dapat mengakumulasi racun, sehingga dapat sebagai petunjuk pencemaran;
- 6) mudah dikumpulkan dan diidentifikasi paling tidak sampai tingkat famili;
- 7) pengambilan contoh mudah dilakukan, karena memerlukan peralatan sederhana, murah dan tidak berpengaruh terhadap makhluk hidup lainnya (Maruru, 2012: 2);
- 8) pendedahan yang terus-menerus mengakibatkan *Bentos* sangat terpengaruh oleh berbagai perubahan lingkungan yang mempengaruhi kondisi air tersebut;
- 9) perubahan faktor-faktor lingkungan berpengaruh terhadap keanekaragaman komunitas *bentos* (Barus, 2002: 34-35).

2.2 Penggolongan Makrozoobentos

2.2.1 Berdasarkan Cara Makan

Berdasarkan cara makannya, *makrozoobentos* dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu : 1) pemakan suspensi (*Suspension Feeder*) yaitu *Bentos* yang menyaring partikel-partikel detritus yang masih melayang-layang di perairan, misalnya kerang; 2) pemakan deposit (*Deposit Feeder*) yaitu *Bentos* yang memiliki

sifat mengumpulkan detritus yang telah mengendap di dasar perairan, misalnya siput (Upikoh, 2008: 9).

2.2.2 Berdasarkan Ukuran

Ukuran yang digunakan sebagai dasar dalam klasifikasi makrozoobentos adalah 1) Mikrofauna, yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran $< 0,1$ mm. Seluruh *Protozoa* termasuk dalam golongan ini; 2) Meiofauna, yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran antara 0,1 mm sampai 1,00 mm. *Protozoa* yang berukuran besar, *Cnidaria*, cacing-cacing yang berukuran kecil dan beberapa *Crustacea* yang berukuran sangat kecil termasuk dalam golongan ini; 3) Makrofauna, yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran $> 1,0$ mm. ini termasuk *Echinodermata*, *Crustacea*, *Annelida*, *Mollusca* dan anggota *Phylum* lainnya (Hutabarat, 2012: 125).

2.3 Faktor – faktor Fisika Kimia

Makrozoobentos memiliki kisaran toleransi tertentu terhadap beberapa faktor abiotik dalam perairan, seperti temperature air, pH dan sebagainya. Menurut Nybakken (1992: 45), sifat fisik-kimia perairan sangat penting dalam ekologi. Oleh karena itu selain melakukan pengamatan terhadap faktor biotik, perlu juga dilakukan pengamatan faktor abiotik perairan.

2.3.1 Faktor Fisika

Berikut merupakan faktor fisika perairan yang mempengaruhi kehidupan makrozoobentos antara lain:

- a. Suhu: Suhu merupakan faktor lingkungan yang dapat menembus dan menyebar ke berbagai tempat di muka bumi (Susanto, 2000: 21). Pengukuran suhu atau temperatur air menjadi hal yang mutlak dilakukan dalam penelitian ekosistem akuatik. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktifitas biologis di dalam ekosistem akuatik sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung, yaitu melalui pengaruhnya terhadap kelarutan oksigen

dalam air. Semakin tinggi suhu air, semakin rendah daya larut oksigen di dalam air, dan sebaliknya. Perubahan suhu air yang drastis dapat mematikan biota air karena terjadi perubahan daya angkut darah (Ghufram, 2007: 58). Suhu yang baik untuk pertumbuhan *makrozoobentos* berkisar antara 25°C sampai 30°C (Upikoh, 2008: 13).

- b. Arus: Arus merupakan faktor utama yang membatasi penyebaran biota dalam perairan yang deras, akan tetapi dasar yang berbatu dapat menyediakan permukaan yang cocok untuk organisme menempel dan melekat (Odum, 1971). Di dasar air tenang yang lunak dan terus-menerus berubah umumnya membatasi organisme benthik yang lebih kecil sampai ke bentuk penggali, tetapi apabila kedalaman lebih besar lagi dengan gerakan air yang lebih lambat akan lebih sesuai untuk plankton, nekton dan neuston (Simamora, 2009: 23). Sungai di alirkan oleh arus yang rendah dan relative kencang, dengan kecepatan berkisar antara 0,1-1,0 m/s serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim dan pola drainase. Kecepatan arus, erosi dan sedimentasi merupakan fenomena yang biasa terjadi di sungai sehingga kehidupan flora dan fauna sangat dipengaruhi oleh ketiga variabel tersebut. Kecepatan aliran air yang mengalir beragam dari permukaan ke dasar. Arus akan paling lambat bila makin dekat ke dasar. Perubahan kecepatan air seperti itu tercermin dalam modifikasi yang diperlihatkan oleh organisme yang hidup dalam air mengalir yang kedalamannya berbeda (Michael, 1995: 143).
- c. Kecerahan : Kecerahan adalah sebagian cahaya yang diteruskan ke dalam air dan dinyatakan dengan persen (%). Kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan (*turbidity*) air (Ghufran, 2007: 55). Kecerahan dan kekeruhan mempunyai peranan yang penting bagi hewan-hewan yang mencari makan dan melakukan interaksi biotik lainnya secara visual. Untuk mengetahui efek ekologis dari cahaya matahari, yang perlu diperhatikan adalah aspek intensitasnya, kualitasnya serta lamanya penyinaran (Kramadibrata, 1996: 20). Kecerahan dan kedalaman

secchi disc berhubungan dengan intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam perairan. Terdapat faktor yang mempengaruhi daya tembus matahari yaitu; warna perairan, bahan organik yang tersuspensi, densitas makroinvertebrata, jasad renik dan detritus (Nybakken, 1992: 47).

- d. Substrat Dasar: Substrat adalah permukaan tempat organisme hidup, terutama untuk menetap atau bergerak, atau benda-benda padat tempat organisme menjalankan seluruh atau sebagian hidupnya (Susanto, 2000: 15). Substrat dasar merupakan faktor utama yang mempengaruhi kehidupan, perkembangan dan keanekaragaman makrozoobentos (Hynes, 1976: 8). Keadaan substrat dasar merupakan faktor yang sangat menentukan komposisi hewan *Bentos* dalam suatu perairan. *Bentos* pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lempung, dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi, sedangkan *Bentos* pemakan suspensi lebih berlimpah pada substrat yang berbentuk pasir dan bahan organik lebih sedikit. Kelompok *makrozoobentos* yang dominan di perairan bersubstrat lumpur adalah *Polychaeta*, *Bivalvia* (kerang) dan *Crustacea* (Sinaga, 2009: 11).

adalah sebagai berikut: 1) lumpur (*mud*) teksturnya halus, lengket, berwarna sangat gelap, ukuran butiran <63 µm; 2) lanau/ lumpur halus (*fine silt*) seperti pasir halus, biasanya kelabu dan teksturnya lembut, ukuran butir <63µm. Bila dikepal dan dilepaskan mungkin tidak menggumpal seperti lumpur; 3) pasir halus (*fine sand*) teksturnya cukup halus, ukuran butiran <63 µm; 4) pasir kasar (*coarse sand*) butiran kasar, mudah tercaiberaai, ukuran butiran 0,5 mm - <1 mm; 5) kerakal (*gravel*) sangat kasar bercampur kerikil, ukuranbutiran >1 mm; 6) bongkahan (*boulder*) sangat kasar; 7) pecahan cangkang (*shell grit*), cangkang kerang dan keong, berupa karang mati dan biasanya berwarna putih (Afiati, 2013: 3-4).

2.3.2 Faktor Kimia

Berikut merupakan faktor kimia perairan yang mempengaruhi kehidupan makrozoobentos antara lain:

- a. Derajat keasaman (pH): pH air dapat membatasi distribusi organisme secara langsung, melalui kondisi asam atau basa yang ekstrem, atau secara tidak langsung melalui keterlarutan nutrient dan toksin (Campbell, 2010: 333). Derajat keasaman atau pH (*puissance negatif de H*) merupakan logaritma dari kepekatan ion-ion H (hidrogen) yang terlepas dalam suatu cairan (Ghufran, 2007: 16). Angka indeks yang umum digunakan mempunyai kisaran antara 0 hingga 14 dengan ketentuan sebagai berikut :

- a) Angka pH 7 = air bersifat netral
- b) Angka pH >7 = air bersifat basa
- c) Angka pH <7 = air bersifat asam (Asdak, 2002: 508).

pH suatu sistem harus dipertahankan dalam batas tertentu untuk memperoleh fungsi yang optimal (Hadisubroto, 1989: 29). Sebagian *Bentos* termasuk *Gastropoda* yang terdapat pada perairan memiliki derajat toleransi keasaman berkisar >7,0 dan pada *Bivalvia* mempunyai kisaran lebih luas yaitu 5,6 sampai 8,3 (Upikoh, 2008: 13). Organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH yang netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah sampai basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa membahayakan kelangsungan hidup organisme karena menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Odum, 1971: 369).

- b. Oksigen terlarut / *Dissolved Oxygen* (DO) : Sumber utama oksigen terlarut di perairan adalah dari atmosfer dan fotosintesis tumbuhan air (Ward, 1992). Di daerah aliran air biasanya kandungan oksigen berada dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karena itu hewan pada aliran air umumnya mempunyai toleransi yang sempit dan terutama peka terhadap kekurangan oksigen

(Odum,1971). Di daerah hulu turbulensi membantu pertukaran gas terlarut antara atmosfer dan permukaan air. Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musim tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulance*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Oksigen terlarut merupakan faktor lingkungan yang penting sekali bagi serangga air untuk menunjang proses respirasinya (Ward,1992). Interaksi antara oksigen terlarut dengan arus, substrat, dan suhu menunjang ekologi serangga air, pola distribusi dari oksigen terlarut akan berpengaruh juga pada pola distribusi serangga air (Anzani, 2012: 9).

2.4 Ekosistem Sungai

Sungai merupakan suatu bentuk ekosistem akuatik yang mempunyai peran penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi daerah disekitarnya, sehingga kondisi suatu sungai sangat dipengaruhi oleh karakteristik yang dimiliki oleh lingkungan disekitarnya. Sebagai suatu ekosistem, perairan sungai mempunyai berbagai komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk suatu jalinan fungsional yang saling mempengaruhi. Komponen pada ekosistem sungai akan terintegrasi satu sama lainnya membentuk suatu aliran energi yang akan mendukung stabilitas ekosistem tersebut (Suwondo, 1978: 15).

Di samping itu juga sungai merupakan salah satu tipe ekosistem perairan umum yang berperan bagi kehidupan biota dan juga kebutuhan hidup manusia untuk berbagai macam kegiatan seperti perikanan, pertanian, keperluan rumah tangga, industri, transportasi. Berbagai macam aktivitas pemanfaatan sungai tersebut pada akhirnya memberikan dampak terhadap sungai antara lain penurunan kualitas air, hal ini dikarenakan limbah yang dihasilkan dari berbagai macam kegiatan tersebut kebanyakan dibuang ke sungai, atau sebagian limbah tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Sungai mempunyai kemampuan untuk membersihkan

diri (*self purification*) dari berbagai sumber masukan, akan tetapi jika melebihi kemampuan daya dukung sungai (*carrying capacity*) akan menimbulkan masalah yang serius bagi kesehatan lingkungan sungai (Setiawan, 2009: 67-68).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah DAS merupakan suatu sistem ekologi yang kompleks, di dalamnya terjadi keseimbangan dinamik antara energi material yang masuk (*input*) dan material yang keluar (*output*). Pada keadaan alami perubahan keseimbangan masukan dan keluaran berjalan lambat dan tidak menimbulkan ancaman yang membahayakan bagi manusia dan kelestarian lingkungan, namun pada sistem DAS dengan dinamika penggunaan lahan yang berlangsung secara terus menerus dari bentuk vegetasi rapat ke bentuk vegetasi yang jarang atau dari bentuk vegetasi ke bentuk non vegetasi, sesuai penyebaran lokasi penggunaan lahan secara spasial (keruangan), akan mempengaruhi fluktuasi debit aliran sungai (Asdak, 2004). Sungai dan anak-anak sungai tersebut berfungsi untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan serta sumber air lainnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut yang dikenal sebagai siklus hidrologi (Rahayu *et al*, 2009: 13).

Selain merupakan wilayah tata air, DAS juga merupakan suatu ekosistem, disebut sebagai ekosistem DAS. Unsur-unsur yang terdapat di dalam DAS meliputi sumberdaya alam dan manusia. Sumberdaya alam bertindak sebagai obyek terdiri atas tanah, vegetasi dan air, sedangkan unsur manusia sebagai subyek atau pelaku pendayagunaan dari unsur-unsur sumberdaya alam, sehingga antara unsur-unsur tersebut terjadi proses hubungan timbal balik dan saling mempengaruhi. Dalam sumber daya alam antara tanah, air dan vegetasi saling terkait sehingga menghasilkan suatu produk tertentu dan kondisi air tertentu yang pada akhirnya berpengaruh pada kehidupan manusia. Di pihak lain, manusia sebagai pelaku pendayagunaan sumberdaya alam banyak melakukan aksi atau perubahan-pengubahan pada tanah dan vegetasi, sehingga bereaksi pada hasil produk, partisipasi maupun hasil air (Asdak, 2004).

2.5 Daerah Aliran Sungai Kaliputih di Kabupaten Jember

Kabupaten Jember secara astronomis terletak pada posisi $6^{\circ}27'29''$ s/d $7^{\circ}14'35''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}59'6''$ s/d $8^{\circ}33'56''$ Lintang Selatan dengan luas wilayah seluas $3.293,34 \text{ Km}^2$ dan memiliki ± 76 pulau-pulau kecil dengan pulau terbesar adalah Pulau Nusa Barong. Kabupaten Jember berada pada ketinggian 0 – 3.330 meter di atas permukaan laut. Daerah dengan ketinggian 100 – 500 meter di atas permukaan air laut merupakan kawasan terluas, yaitu $1.240,77 \text{ km}^2$ atau 37,68 % dari luas wilayah Kabupaten Jember sedangkan kawasan tersempit adalah daerah dengan ketinggian lebih dari 2.000 meter di atas permukaan laut dengan luas $31,34 \text{ km}^2$ atau 0,95 % dari luas wilayah Kabupaten Jember (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, 2012:1-2).

Kecamatan Panti merupakan daerah perbukitan sebelah selatan-tenggara Gunung Argopuro dengan ketinggian melandai dari 50 sampai 500 m di atas permukaan laut, dengan tatanan stratigrafi Breksi Argopuro (Qvab) dan Endapan Kipas Argopuro (Qaf) (Sapei, *et. al.*, 1992). Breksi Argopuro merupakan breksi gunung api bersusunan andesit dan bersisipan lava. Breksi andesit berwarna abu-abu dengan masadasar tuf. Sisipan lava terdapat setempat, bersusunan andesit. Satuan ini merupakan hasil kegiatan Gunung Argopuro yang terakhir. Batuannya sudah sangat lapuk sehingga membentuk laterit yang cukup tebal berwarna merah bata. Endapan Kipas Argopuro merupakan endapan kipas hasil rombakan dari batuan Gunung Argopuro. Komponen berukuran bongkah, kerakal dan kerikil.

2.6 Hubungan Kekerabatan Spesies

Studi kekerabatan merupakan salah satu aspek yang dipelajari dalam taksonomi hewan. Studi kekerabatan mencakup dua pengertian yaitu filogenetik dan fenetik. Kekerabatan filogenetik adalah kekerabatan yang didasarkan pada hubungan filogeni antara takson yang satu dan takson yang lain, sedangkan kekerabatan fenetik adalah

kekerabatan yang didasarkan pada persamaan dan perbedaan ciri yang tampak pada takson (Clifford, 1975).

Hubungan kekerabatan merupakan suatu gambaran hubungan organisme yang satu dengan yang lain, baik yang sekarang ada maupun yang hidup di masa silam selama perkembangan sejarah filogenetiknya. Dalam sistematika, jauh dekatnya hubungan antar kesatuan taksonomi dapat ditinjau dari dua sudut, yaitu fenetik dan filogenetik. Kekerabatan fenetik ditentukan oleh banyaknya persamaan sifat-sifat yang tampak, sedangkan kekerabatan filogenetik ditentukan berdasarkan asal-usul nenek moyang sesuai perkembangan atau proses terjadinya evolusi (Davis, 1973).

Hasil perbandingan antara ciri-ciri yang mirip dengan semua ciri-ciri yang digunakan berupa nilai rata-rata kemiripan ciri. Hal ini sekaligus menunjukkan tingkat hubungan kekerabatan antara taksa yang dibandingkan. Nilai rata-rata kemiripan ciri selanjutnya digunakan untuk menggambar fenogram (Mahdi, 2013). Kedekatan hubungan kekerabatan dari beberapa spesies sampel atau spesimen dihitung dengan menggunakan koefisien asosiasi, yaitu bilangan yang menunjukkan nilai kesamaan antara organisme yang satu dengan organisme yang lain. Semakin tinggi nilai koefisien asosiasi, maka semakin dekat hubungan kekerabatannya (Sokal, 1963).

$$S = \frac{m}{m + u}$$

Keterangan : s = koefisien asosiasi

m = jumlah sifat atau ciri yang sama

u = jumlah sifat atau ciri yang beda (Sokal, 1963).

Pengertian secara tradisional terhadap klasifikasi adalah pengelompokan suatu obyek ke dalam kelas karena kepemilikan atribut secara bersama. Klasifikasi juga mengandung makna pengaturan organisme ke dalam suatu grup (atau kelompok) berdasarkan hubungan kekerabatan mereka yang digabungkan oleh adanya *contiguity*, *similarity* or *both*. Klasifikasi memiliki makna yang lebih sempit dari sistematik dan merupakan bagian dari aktivitas yang dilakukan dalam sistematik (Ardian, 2012).

Filogenetik merupakan studi yang membahas tentang hubungan kekerabatan antar berbagai macam organisme melalui analisis molekuler morfologi. Para ahli biologi secara tradisional menggambarkan silsilah atau genealogi organisme pada pohon filogenetik, yaitu diagram yang melacak hubungan evolusioner yang dapat mereka temukan sebaik mungkin (Campbell, 2010). Sistem fenetik lebih mudah diterapkan. Fenetik merupakan karakter atau ciri yang diamati secara langsung morfologinya (Saainin, 1984).

2.7 Analisis Klaster

Cluster analysis merupakan teknik multivariat yang mempunyai tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Analisis klaster mengklasifikasi objek sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam klaster yang sama. Klaster-klaster yang terbentuk memiliki *homogenitas internal* yang tinggi dan *heterogenitas eksternal* yang tinggi (Mahdi, 2013).

Fokus dari analisis klaster adalah membandingkan objek berdasarkan set variabel, hal inilah yang menyebabkan para ahli mendefinisikan set variabel sebagai tahap kritis dalam analisis klaster. Set variabel klaster adalah suatu set variabel yang mempresentasikan karakteristik yang dipakai objek-objek. Bedanya dengan analisis faktor adalah bahwa analisis klaster terfokus pada pengelompokan objek sedangkan analisis faktor terfokus pada kelompok variabel (Santoso, 2003).

Tujuan utama analisis klaster adalah mempartisi suatu set objek menjadi dua kelompok atau lebih berdasarkan kesamaan karakteristik khusus yang dimilikinya. Dalam pembentukan kelompok atau klaster dapat dicapai beberapa tujuan, salah satunya adalah deskripsi klasifikasi (*taxonomy description*). Penerapan analisis klaster secara tradisional bertujuan mengeksplorasi dan membentuk suatu klasifikasi/taksonomi secara *empiris*. Karena kemampuan partisipasinya analisis klaster dapat diterapkan secara luas. Meskipun secara empiris merupakan teknik eksplorasi analisis klster dapat pula digunakan untuk tujuan konfirmasi dengan cara :

a. Penyederhanaan Data

Penyederhanaan data merupakan bagian dari suatu taksonomi. Dengan struktur yang terbatas observasi/objek dapat dikelompokkan untuk analisis selanjutnya.

b. Identifikasi Hubungan (*Relationship Identification*)

Hubungan antar objek diidentifikasi secara *empiris*. Struktur analisis klaster yang sederhana dapat menggambarkan adanya hubungan atau kesamaan dan perbedaan yang tidak dinyatakan sebelumnya (Santoso, 2003).

Tujuan analisis klaster tidak dapat dipisahkan dengan pemilihan variabel yang digunakan untuk menggolongkan objek ke dalam klaster-klaster. Klaster yang terbentuk merefleksikan struktur yang melekat pada data seperti yang didefinisikan oleh variabel-variabel. Pemilihan variabel harus sesuai dengan teori dan konsep yang umum digunakan dan harus rasional. Rasionalitas ini didasarkan pada teori-teori yang eksplisit atau dari penelitian sebelumnya. Variabel-variabel yang dipilih hanyalah variabel yang dapat mencirikan objek yang akan dikelompokkan dan secara spesifik harus sesuai dengan tujuan dari analisis klaster (Mahdi, 2013).

2.8 Buku Nonteks

Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember ini bisa memberikan kebermanfaatan apabila diwujudkan dalam bentuk buku nonteks. Buku nonteks pelajaran merupakan (1) buku-buku yang dapat digunakan di sekolah, namun bukan merupakan buku pegangan yang utama bagi peserta didik dalam kegiatan pembelajaran, (2) buku yang tidak dilengkapi dengan evaluasi dalam bentuk latihan soal maupun tes seperti halnya Lembar Kerja Siswa (LKS), (3) buku nonteks tidak digunakan pada tingkatan kelas tertentu, (4) materi dalam buku nonteks memuat salah satu Standar Kompetensi atau Kompetensi Dasar yang ada dalam Standar Isi, (5) materi buku nonteks dapat digunakan sebagai bahan referensi, pengayaan, atau rujukan dalam kegiatan pembelajaran (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008:3).

Buku nonteks sering digunakan sebagai buku pengayaan untuk memperbanyak wawasan, pengalaman dan pengetahuan pembaca. Buku ini juga sering disebut sebagai buku bacaan atau buku perpustakaan. Buku pengayaan memiliki tiga jenis, yaitu (1) buku pengayaan pengetahuan, (2) buku pengayaan keterampilan, dan (4) buku pengayaan kepribadian. Selain itu, buku nonteks juga bis dijadikan sebagai buju rujukan, yang isi ataupun penyajiannya dimanfaatkan untuk mendapat jawaban kejelasan tentang suatu pengetahuan atau sesuatu hal secara cpat dan tepat. Buku nonteks juga terdiri atas buku panduan pendidik yang memuat prinsip, prosedur, deskripsi materi pokok atau model pembelajaran yang digunakan pendidik dalam menjelaskan tugas serta fungsi pokok seorang pendidik (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2005:4).

Instrumen praseleksi buku nonteks terdiri atas lima komponen, yaitu ketentuan dasar, ciri buku nonteks, komponen buku, aspek grafika, dan klasifikasi buku. Ketentuan dasar ini mensyaratkan bahwa buku dapat dilanjutkan ke penilaian tahap berikutnya jika buku tersebut memenuhi ketentuan sebagai berikut, yaitu; (1) mencantumkan identitas penerbit (nama dan kota domisili) dengan jelas; (2) sudah dicetak atau diterbitkan yang dilengkapi dengan ISBN, (3) mencantumkan nama pengarang/penulis atau editor, (4) merupakan karya orisisnil disertai dengan melampirkan surat pernyataan bukan plagiat, (5) tidak melanggar hak cipta (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008:11).

Buku-buku yang sudah memenuhi ketentuan dasar dan ciri-ciri buku nonteks dapat dinilai pada tahap berikutnya jika memenuhi beberapa persyaratan sebagai buku standar. Buku harus memenuhi komponen atau bagian buku sebagai berikut, yaitu (1) ada bagian awal (prakata, pengantar, dan daftar isi), (2) ada bagian isi atau materi, (3) ada bagian akhir (daftar pustaka, glosarium, lampiran, indeks sesuai keperluan) (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008: 11).

Buku yang sudah sesuai dengan ketentuan dasar dapat dinilai pada penilaian selanjutnya jika mampu memenuhi karakteristik dari buku nonteks, yaitu (1) bukan merupakan buku pegangan utama bagi peserta didik dalam pembelajaran, (2) tidak

dilengkapi dengan instrument evaluasi seperti pertanyaan, tes, LKS atau bentuk yang lain, (3) tidak disajikan serial sesuai tingkatan kelas, (4) terkait dengan sebagian atau salah satu SK/KD dalam standard isi, (5) bisa dimanfaatkan semua pembaca dalam semua jenjang atau tingkatan pendidikan, (6) bias digunakan sebagai buku pengayaan, rujukan dan panduan pendidik (Wahyuni dalam Sari, 2014:20).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini meliputi dua tahap, yaitu: tahap pertama adalah identifikasi keanekaragaman makrozoobentos dan menganalisis kekerabatannya dengan makrozoobentos di Sungai Bedadung, serta tahap kedua adalah penyusunan buku nonteks. Tahap pertama merupakan penelitian deskriptif eksploratif dan tahap kedua adalah pengembangan dengan penyusunan buku nonteks yang divalidasi oleh validator.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

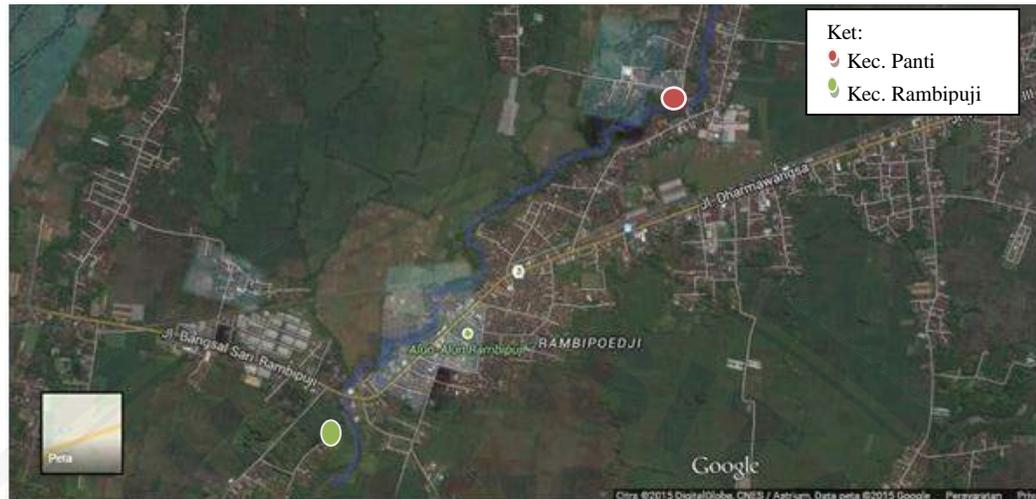
3.2.1 Tempat Penelitian

a) Penelitian tahap pertama

Pada tahap pertama penelitian dilakukan pada dua tempat, yaitu pengambilan sampel makrozoobentos yang dilakukan di dua titik daerah aliran Sungai Kaliputih (stasiun Kecamatan Rambipuji dan Kecamatan Panti) kemudian dilakukan identifikasi di laboratorium Zoologi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan laboratorium Ekologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember.

b) Penelitian tahap kedua

Dilaksanakan validasi buku nonteks oleh 4 validator yang terdiri atas dua dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember (sebagai ahli media/pengembangan) dan dua guru biologi di dua SMA berbeda, yaitu SMAN Rambipuji dan SMA Muhammadiyah Rambipuji.



Gambar 3.1 Peta Daerah Aliran Sungai Kaliputih Kabupaten Jember
(Sumber: Googlemaps)

3.2.2 Waktu Penelitian

Pengambilan sampel makrozoobentos di Sungai Kaliputih dilakukan di minggu pertama Bulan April 2015, pukul 06.30-12.30 WIB di dua stasiun penelitian Daerah Aliran Sungai Kaliputih yang terletak di Kecamatan Panti dan Kecamatan Rambipuji, dan langsung dilakukan identifikasi di Laboratorium Zoologi Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember. Pengujian produk berupa buku nonteks dilakukan pada bulan September 2015.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk pengambilan sampel makrozoobentos dan untuk analisis di laboratorium yaitu termometer air raksa, *stopwatch*, meteran, ember, pH meter, botol sampel, kuas ukuran 1 inci, pinset, nampan (baki), sekop, ayakan, *marker*, lup, bola pingpong, tali, *sechi disc*, kamera, buret, statip, erlenmeyer, *beaker glass*, pipet tetes, gelas ukur, kertas label serta buku identifikasi Afiati (2013), Pennak (1953) dan Needham J & Needham R (1963).

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol 70%, aquadest dan air sampel penelitian dan sampel makrozoobentos yang ditemukan dari setiap stasiun.

3.4 Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Keanekaragaman dalam penelitian ini adalah kondisi keanekaragaman jenis dari makrozoobentos hasil dari identifikasi.
- b. Inventarisasi dalam penelitian ini adalah kegiatan pengumpulan makrozoobentos, yang hidup di Sungai Kaliputih pada dua stasiun dari daerah aliran sungai yang digunakan sebagai sampling yaitu Stasiun I (Desa Rowotamtu, Kecamatan Rambipuji, Kabupaten Jember) dan stasiun II (Desa Kemiri, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember).
- c. Identifikasi dalam penelitian ini adalah proses penentuan identitas terhadap ciri-ciri yang dimiliki oleh makrozoobentos yang hidup di Sungai Kaliputih pada stasiun yang telah ditunjuk sebagai lokasi penelitian, sekaligus membandingkannya dengan kunci identifikasi yang di buat acuan.
- d. Hubungan kekerabatan merupakan suatu gambaran hubungan organisme yang satu dengan yang lain, baik yang sekarang ada maupun yang hidup di masa silam selama perkembangan sejarah filogenetiknya. Dalam sistematika, jauh dekatnya hubungan antarkesatuan taksonomi dapat ditinjau dari dua sudut, yaitu fenetik dan filogenetik. Kekerabatan fenetik ditentukan oleh banyaknya persamaan sifat-sifat yang tampak, sedangkan kekerabatan filogenetik ditentukan berdasarkan asal usul nenek moyang sesuai perkembangan atau proses evolusi.
- e. Makrozoobentos merupakan organisme bentos yang mencapai ukuran sekurang-kurangnya 3- 5 mm pada saat pertumbuhan maksimum. Organisme makrobenthos biasanya terdiri atas *Insecta*, *Mollusca*, *Oligochaeta*, *Crustacea* – *Amphipoda*, *Isopoda*, *Decapoda* dan *Nematoda* di lokasi stasiun.

- f. Bioindikator dalam penelitian ini merupakan penggunaan agen biologi sebagai indikator yang menunjukkan kondisi suatu lingkungan.
- g. Status Kualitas air merupakan tingkat kondisi kualitas air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu.
- h. Buku nonteks adalah buku yang digunakan secara tidak langsung untuk mempelajari filum hewan khususnya kelompok makrozoobentos yang hidup di air tawar.

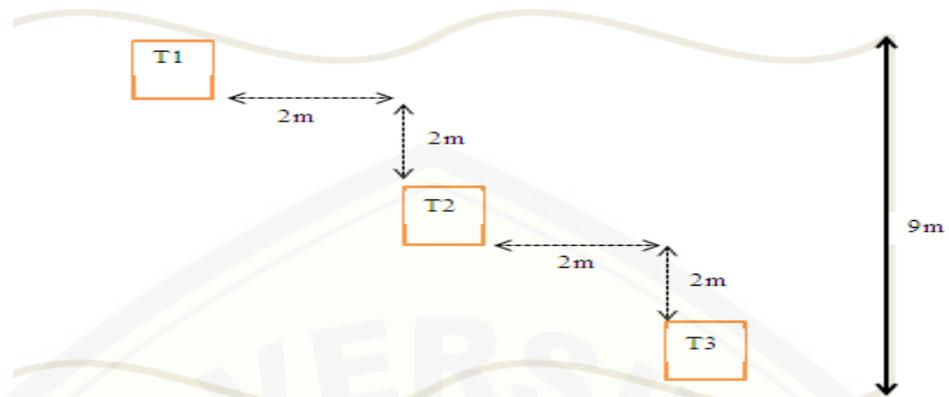
3.5 Desain Penelitian

3.5.1 Penelitian Tahap Pertama

a. Teknik sampling

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampling adalah dengan cara *purposive random sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan menggunakan pertimbangan tertentu setelah mengetahui karakteristik populasinya (Daeli, 2013). Metode pengambilan sampel dilakukan atas dasar pertimbangan peneliti. Pertimbangan penentuan stasiun pengambilan sampel yakni berdasarkan kondisi badan sungai yang memiliki karakteristik keanekaragaman hayati yang berbeda-beda serta kondisi sedimentasi perairan. Pada Lokasi Stasiun I Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Panti Kabupaten Jember kondisi badan perairan didominasi oleh pepohonan jati dan pemukiman penduduk, dengan posisi yang lebih rendah dibandingkan stasiun II sehingga mengindikasikan adanya akumulasi nutrisi pada substrat yang mengalami sedimentasi. Sedangkan pada Stasiun II Desa Kemiri Kecamatan Kabupaten Jember kondisi badan sungai didominasi oleh vegetasi pepohonan kopi dan memiliki riwayat pernah terjadi banjir bandang sehingga memungkinkan berubahnya susunan struktur sedimentasi di perairan sungai.

Daerah pengambilan contoh makrozoobentos, pada tiap stasiun dibagi menjadi tiga titik pengamatan yaitu bagian tepi kiri-kanan dan tengah badan perairan dengan pertimbangan adanya perbedaan kedalaman dan kuat arus sungai. Berikut merupakan contoh peletakan transek :



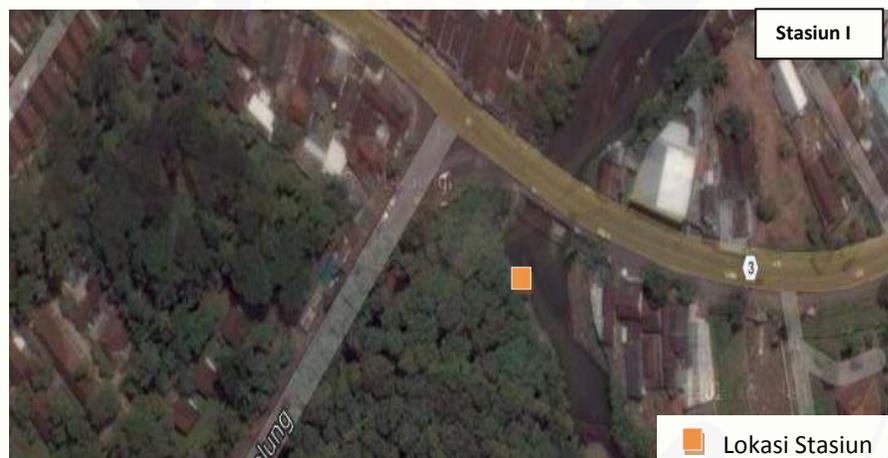
Gambar 3.2 Contoh peletakan transek pada badan sungai (Anzani, 2012: 54)

Keterangan gambar :

T1 : Letak Transek 1

T2: Letar Transek 2

T3: Letak Transek 3



Gambar 3.3 Lokasi Stasiun I Desa Rowotamtu, Kec. Rambipuji, Kab. Jember (Sumber: Googlemaps)



Gambar 3.4 Lokasi Stasiun II Desa Kemiri Kec. Panti, Kab. Jember
(Sumber: Googlemaps)

b. Prosedur Sampling

- 1) Pengambilan sampel
 - (1) Menentukan daerah sampel dengan membagi daerah menjadi 2 stasiun dengan masing-masing 3 plot pada tiap stasiun. Pada tiap-tiap plot diambil sampel air sebanyak 3 pengulangan;
 - (2) Mengambil sampel air dari setiap stasiun untuk dihitung DO, pH, dan suhunya. Kemudian mengukur kecepatan arus menggunakan bola pingpong dan mengukur kedalaman menggunakan *secchi disc*.
 - (3) Mengambil sampel substrat di dasar perairan sungai untuk diamati dan dideskripsikan jenis substrat yang terdapat dalam stasiun pengamatan.

Tabel 3.1 alat dan satuan yang digunakan dalam pengukuran faktor fisika-kimia perairan

No	Parameter Fisik-Kimia	Satuan	Alat	Tempat Pengukuran
1	Suhu Air	°C	Termometer air raksa	In-situ
2	Kecepatan Arus	m/s	Stopwatch, bola pingpong, tali rafia	In-situ
3	Kedalaman	Cm	Sechi disc	In-situ

4	Substrat	-	Indra (tangan)	In-situ
5	pH air	-	pH meter	In-situ
6	DO (Oksigen terlarut)	mg/l	DO meter	In-situ
7	BOD ₅		DO meter	Ex-situ

- (4) Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan metode Eckman grab yang dimodifikasi. Cara pengambilan sampel menggunakan ember dengan volume tertentu. Kemudian timba dimasukkan dan diputar sampai menyentuh dasar perairan yang terdedah oleh kaki peneliti dan dilakukan pengerukan substrat dasar perairan menggunakan sekop. Setelah ember terisi penuh kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 1x1mm untuk memisahkan antara substrat dengan air sungai. Hasil ayakan diletakkan pada nampan untuk dipisahkan antara substrat dan makrozoobentos yang ditemukan.
- (5) Selanjutnya contoh makrozoobentos yang telah dipisahkan dari sedimen dimasukan ke dalam botol contoh yang telah diberi larutan alkohol 70 % kemudian penelitian dilanjutkan di Laboratorium Zoologi FKIP Biologi Universitas Jember untuk identifikasi dari morfologi.
- 2) Identifikasi makrozoobentos
- (1) Mengambil sampel makrozoobentos dalam botol sampel yang telah diberi larutan alkohol 70 %.
- (2) Mendeskripsikan ciri-ciri morfologi dan mencocokkan menggunakan buku identifikasi Afiati (2013), Pennak (1953) dan Needham J & Needham R (1963) dan hasil identifikasi dari LIPI. Cara mengidentifikasi makrozoobentos adalah sebagai berikut.
- a. Mengelompokkan contoh spesies ke dalam grup-grup hewan dewasa dan larva-larva (untuk semua phylum) yaitu sifat-sifat phylum yang termasuk ke dalam kingdom animalia.
 - b. Membuka bab yang berkaitan dengan contoh dan kelompokkan mereka ke dalam sub grup yang tepat.

- c. Identifikasi dengan membandingkan secara berurutan setiap gambaran yang tercantum dalam teks, perlu diperhatikan ukuran dan bentuk mereka serta ciri-ciri yang lain. Tanda panah yang ada pada gambar buku kunci identifikasi sesuai dengan nomer yang ada pada keterangan.
 - d. Mencocokkan hasil identifikasi yang telah dilakukan dengan kunci identifikasi dari buku identifikasi Afiati (2013), Pennak (1953) dan Needham J & Needham R (1963) dan hasil identifikasi dari LIPI.
- 3) Melakukan analisis pengaruh faktor lingkungan perairan terhadap keanekaragaman dan densitas makrozoobentos.
 - 4) Melakukan analisis hubungan kekerabatan Makrozoobentos di Sungai Kaliputih dengan makrozoobentos Sungai Bedadung Kabupaten Jember

3.5.2 Penelitian tahap kedua

Penelitian tahap kedua adalah uji kelayakan bahan ajar berupa penyusunan buku nonteks. Sebelum menjadi produk akhir berupa buku nonteks, buku harus divalidasi oleh validator. Apabila terdapat beberapa kekurangan akan di revisi, sehingga dapat menghasilkan kualitas buku yang layak. Penyusunan buku nonteks menggunakan model 4-D atau *four-D models* terdapat empat tahapan yang dilakukan, yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan penyebaran (*disseminate*). Pada penelitian ini dilakukan modifikasi dalam penggunaan 4-D, yaitu tahap keempat penyebaran (*disseminate*) tidak dilakukan secara luas sehingga hanya dilakukan sampai tahap pengembangan (*develop*) dengan uji validasi oleh responden.

Tabel 3.2 Rancangan atau desain pengembangan buku nonteks.

Komponen	Tahap Pendefinisian	Tahap Perancangan	Tahap Pengembangan
Input	a. Tujuan Pembelajaran b. Kebutuhan Penggunaan	a. Rumusan tujuan khusus. b. Metode penulisan buku nonteks	a. Satu desain buku nonteks. b. Satu desain naskah validasi (kuisisioner)

Proses	a. Mengkaji hubungan tiap komponen	a. Menyusun desain buku	a. Desain buku nonteks divalidasi oleh tim ahli. b. Revisi buku nonteks.
Output	a. Rumusan tujuan khusus.	a. Satu desain buku nonteks. b. Satu desain naskah validasi (kuesioner)	a. Satu naskah buku nonteks (final) b. Satu naskah validasi (kuesioner)

Hasil penelitian tentang keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember diujikan terbatas dalam bentuk buku nonteks. Buku nonteks yang dihasilkan dari penelitian ini berupa buku pengayaan pengetahuan. Tingkat kelayakan hasil penelitian tentang keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember dapat diketahui dengan uji terbatas dalam buku nonteks. Uji validitas dilakukan dengan member angket penilaian pada 4 responden, yaitu dua dosen dan dua guru biologi SMA. Untuk responden dari kalangan dosen dengan satu orang dosen dalam bidang pendidikan/media dan satu orang dosen dalam bidang hewan. Kemudian untuk responden dari kalangan guru dengan guru biologi dari SMAN 1 Jenggawah dan SMAN 1 Rambipuji. Alasan menggunakan SMAN 1 Jenggawah dan SMAN 1 Rambipuji karena letak geografis kedua sekolah ini dekat dengan DAS Kaliputih Kabupaten Jember. Sehingga diharapkan bisa menambah pengetahuan bagi siswa maupun masyarakat umum khususnya yang bermukim di sekitar DAS Kaliputih Kabupaten Jember.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Penelitian tahap pertama

Karakterisasi makrozoobentos dilihat dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk mengetahui morfologinya. Karakter untuk membedakan makrozoobentos dengan cara melihat ciri-ciri umum yang di miliki setiap sampel individu dari setiap jenis makrozoobentos yang ditemukan pada tiap stasiun. Klasifikasi dilakukan sampai tingkat jenis dengan panduan kunci identifikasi makrozoobentos menggunakan buku identifikasi Afiati (2013), Pennak (1953) dan Needham J & Needham R (1963). Kemudian untuk menentukan keanekaragaman makrozoobentos digunakan analisis data sebagai berikut.

1) Densitas Mutlak (D_i)

$$D_i = N_i / A$$

keterangan :

D_i = Kepadatan untuk spesies i

N_i = Jumlah total individu untuk spesies i

A = Luas total habitat sampling

(Brower, 1990:88).

2) Densitas Relatif (RD_i)

$$RD_i = \frac{N_i}{\sum n}$$

Keterangan :

RD_i = Kepadatan relatif spesies i

N_i = jumlah total individu untuk spesies i

$\sum n$ = Jumlah total individu dari semua spesiea

(Brower, 1990:88).

3) Indeks Keanekaragaman (H') / Indeks Diversitas Shannon-Wiener (H')

Indeks keanekaragaman (H') menggambarkan keadaan populasi organisme secara matematis agar mempermudah dalam menganalisis informasi jumlah individu masing-masing jenis pada suatu komunitas.

Perhitungan Indeks keanekaragaman (H') menggunakan persamaan dari Shannon-Wiener (Krebs, 1985 dalam Simamora, 2009).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

dimana :

H' = Indeks Keanekaragaman jenis (indeks diversitas Shannon-Wiener)

$p_i = \sum n_i/N$ (perhitungan jumlah individu suatu jenis dengan keseluruhan jenis)

n_i = Jumlah individu jenis ke- i

N = Jumlah total individu

Tabel 3.3 Kualitas Lingkungan Perairan Berdasarkan Indeks Diversitas Makrozoobentos

Tolok ukur	Kriteria				
	Sangat Jelek	Jelek	Sedang	Baik	Sangat Baik
Indeks Diversitas	$\leq 0,80$	0,81-1,60	1,61-2,40	2,41-3,20	$\geq 3,21$

(Restu, 2002).

4) Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan teknik yang umum digunakan untuk menganalisis pengaruh antara dua atau lebih variabel. Analisis Regresi (*regression analysis*) merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan garis lurus dan menggunakan persamaan tersebut untuk membuat perkiraan (*prediction*). Model matematis dalam menjelaskan hubungan antar variabel dalam analisis regresi menggunakan persamaan regresi, yaitu suatu persamaan matematis yang mendefinisikan hubungan antara dua variabel.

Regresi linier berganda adalah regresi yang melibatkan hubungan antara satu variabel tak bebas (Y) dihubungkan dengan dua atau lebih variabel bebas. Bentuk umum persamaan regresi linier berganda adalah:

$$Y_i = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_n X_n \quad (\text{dengan } i = 1, 2, \dots, n)$$

Dimana: Y_i = variabel tak bebas ke- i

X_i = variabel bebas ke- i (Sinaga, 2009).

3.6.2 Penelitian tahap kedua

Hasil karakterisasi dikemas dalam bentuk buku nonteks dengan judul “Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan” yang kemudian divalidasi oleh dua dosen FKIP Biologi Universitas Jember (ahli media dan ahli materi) dan dua guru biologi Kelas X SMA di Kabupaten Jember yaitu; SMAN 1 Rambipuji dan SMA Muhammadiyah Rambipuji. Alasan menggunakan SMAN 1 Rambipuji dan SMA Muhammadiyah Rambipuji karena letak geografis kedua sekolah ini dekat dengan DAS Kaliputih Kabupaten Jember. Sehingga diharapkan bisa menambah pengetahuan bagi siswa maupun masyarakat umum khususnya yang bermukim di sekitar DAS Kaliputih Kabupaten Jember.

Pengembangan buku nonteks digunakan model 4-D atau *Four-D Models* yang dikembangkan oleh Thiagarajan dan Semmel (Trianto dalam Sari, 2014:20) dengan memiliki empat tahapan pengembangan bahan ajar yaitu :

a. Pendefinisian (*define*)

Tahap ini bertujuan untuk menetapkan atau mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan syarat pembelajaran. Penentuan dan penetapan syarat pembelajaran diawali terlebih dahulu dengan analisis tujuan dari materi yang dikembangkan. Tahap ini dikatakan selesai setelah tujuan instruksional atau pembelajaran khusus dirumuskan sebagai petunjuk dalam proses pembelajaran (Sari, 2014:21).

b. Perancangan (*design*)

Bertujuan untuk merancang pembelajaran sehingga diperoleh prototip (contoh perangkat pembelajaran). Aspek utama yang perlu dipertimbangkan dalam tahapan ini adalah pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal (Trianto dalam Sari, 2014:21). Cara yang dapat digunakan dalam menyusun desain bahan ajar yaitu menulis sendiri (*starting from scratch*), mengemas kembali informasi (*information repackaging or text transformation*), dan menata informasi (*compilation or wrap around text*) (Trianto dalam Sari, 2014:21).

c. Pengembangan (*develop*)

Bertujuan menghasilkan perangkat pembelajaran yang sudah direvisi berdasarkan masukan dari para ahli. Tahap ini meliputi validasi perangkat oleh ahli beserta revisi, simulasi rencana pelajaran dan uji coba terbatas dengan siswa yang sesungguhnya. Hasil simulasi dan uji coba digunakan sebagai bahan revisi (Sari, 2014:21).

d. Penyebaran (*disseminate*)

Tahapan penggunaan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada skala yang lebih luas. Tahap ini bertujuan untuk menguji efektifitas penggunaan perangkat pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar (Sari, 2014:21).

Buku nonteks yang dihasilkan berupa buku pengayaan pengetahuan. Analisis data yang diperoleh dari validator bersifat deskriptif yang berupa alasan, saran dan kometar. Komponen penilaian yang akan dinilai oleh validator terhadap buku nonteks yang dihasilkan sebagai berikut :

a. Komponen materi/isi

Materi/isi buku memiliki keleluasaan dalam mengembangkan materi berdasarkan sudut pandang penulis,

b. Komponen penyajian

Aspek yang harus mendapat perhatian dalam menulis semua jenis buku nonteks adalah penyajian materi buku dilakukan secara runtun, bersistem, lugas dan mudah dipahami,

c. Komponen bahasa

Penggunaan ilustrasi (gambar, foto, diagram, tabel, lambang, legenda) harus dilakukan sesuai dan proporsional, menggunakan istilah atau simbol harus baku dan berlaku secara menyeluruh dan menggunakan bahasa yang meliputi ejaan, kata, kalimat, paragraf harus tepat, lugas dan jelas.

d. Komponen grafika

Desain buku dengan tata letak, tipografi atau ilustrasi yang menarik, sederhana dan mencerminkan isi buku

(Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008:67-82).

Data yang dipakai dalam validasi bahan ajar ini merupakan data kuantitatif dengan menggunakan empat tingkatan penilaian dengan kriteria sebagai berikut.

- 1) Skor 4, apabila validator memberikan penilaian sangat layak
- 2) Skor 3, apabila validator memberikan penilaian layak
- 3) Skor 2, apabila validator memberikan penilaian cukup layak
- 4) Skor 1, apabila validator memberikan penilaian kurang layak

(Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008).

Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data dengan instrumen pengumpulan data, dianalisis dengan menggunakan teknik analisis berikut.

$$K = \frac{\text{Total nilai yang diperoleh}}{\text{Total nilai seluruhnya}} \times 100\%$$

(Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008).

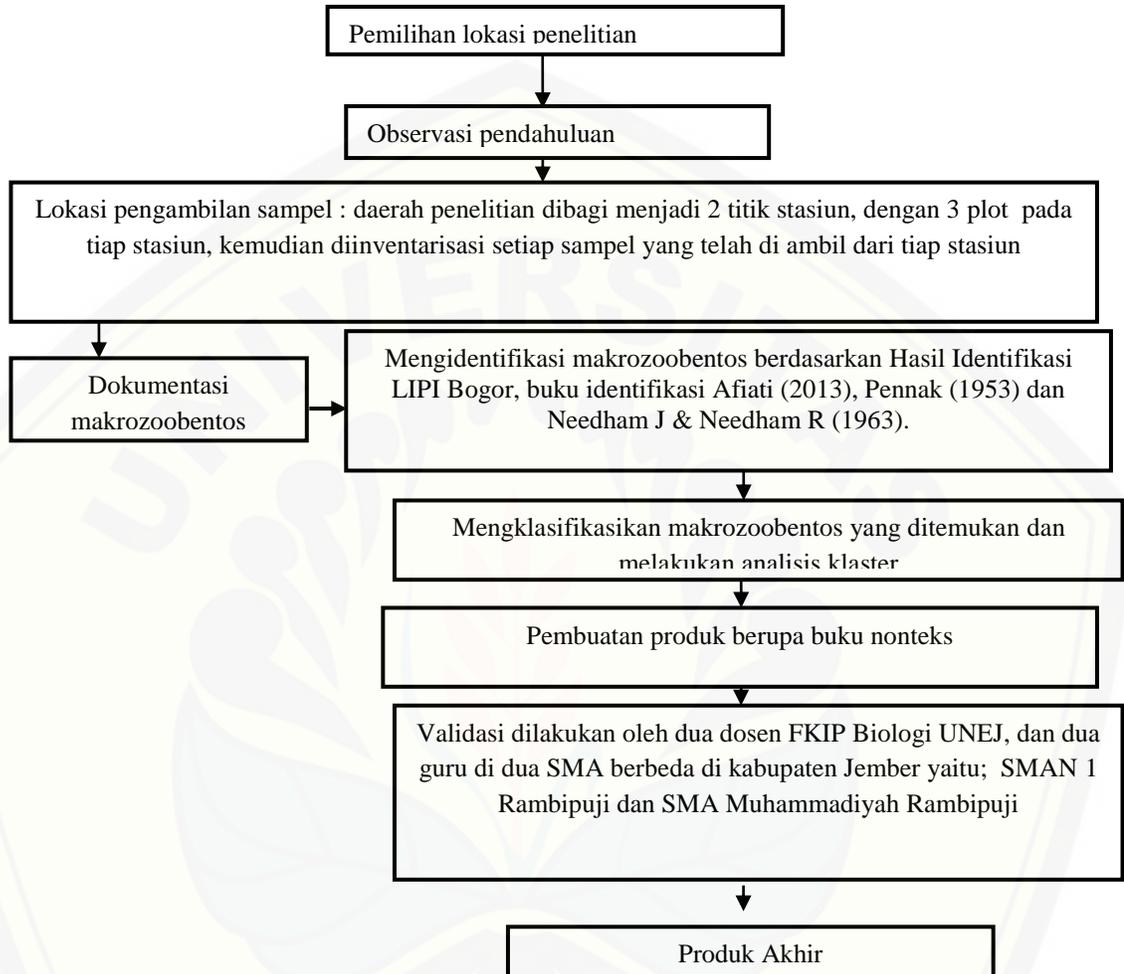
Pemberian skor validator didasarkan pada rubrik penilaian buku nonteks dengan bobot yang telah ditentukan oleh Kementerian Pendidikan Nasional Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum dan Perbukuan, selanjutnya total skor akhir dirubah menjadi data kuantitatif dengan kriteria sebagai berikut.

Tabel 3.4 Pedoman kriteria nilai validasi buku nonteks

Rentang Nilai (%)	Kriteria
81,25 – 100	Sangat Layak
62,50 – 81,24	Layak
43,75 – 62,49	Cukup Layak
25,00 – 43,74	Kurang Layak

Sumber : (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2008).

3.7 Alur Penelitian



Gambar 3.5 Alur Penelitian