

**KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN FISIKA, KIMIA AIR
TUKAD BADUNG KOTA DENPASAR**

SKRIPSI

Oleh:

**NI MADE MAY ARTISTYA DEWI SUJANA
NIM. 155080107111005**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN FISIKA, KIMIA AIR
TUKAD BADUNG KOTA DENPASAR**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya

Oleh :

**NI MADE MAY ARTISTYA DEWI SUJANA
NIM. 155080107111005**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

SKRIPSI

**KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN FISIKA, KIMIA AIR
TUKAD BADUNG KOTA DENPASAR**

Oleh :
NI MADE MAY ARTISTYA DEWI SUJANA
NIM. 155080107111005

telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 06 September 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Mengetahui:
Ketua Jurusan
Manajemen Sumberdaya Perairan

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



(Dr. Ir. M. Firdaus, MP)
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 23 SEP 2019



(Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS)
NIP. 19591230 198503 2 002
Tanggal: 23 SEP 2019

LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

**JUDUL: KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN FISIKA, KIMIA AIR
TUKAD BADUNG KOTA DENPASAR**

Nama Mahasiswa : Ni Made May Artistya Dewi Sujana

NIM : 155080107111005

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING:

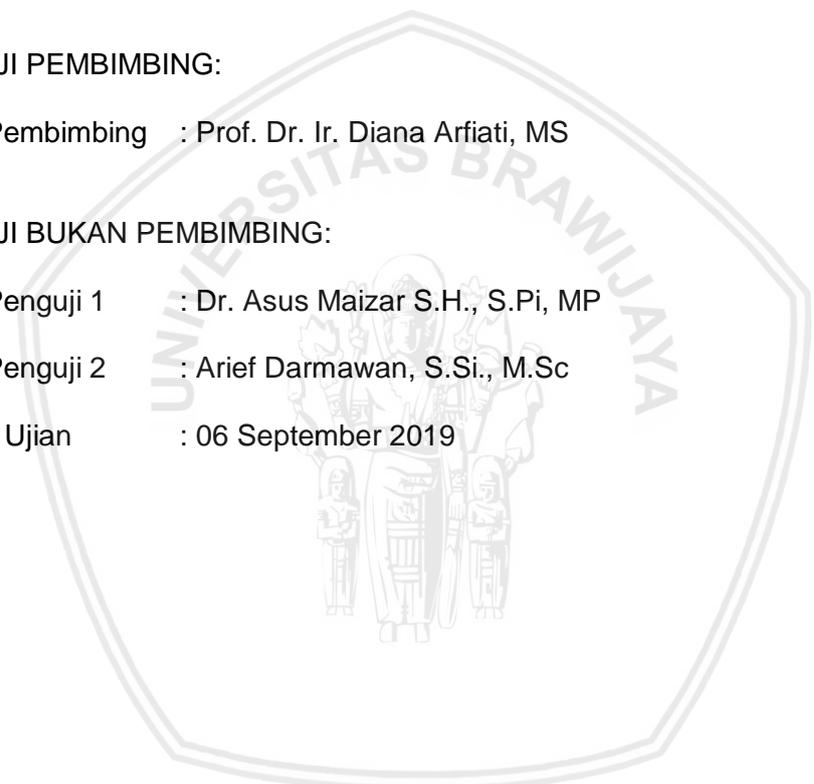
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi, MP

Dosen Penguji 2 : Arief Darmawan, S.Si., M.Sc

Tanggal Ujian : 06 September 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ni Made May Artistya Dewi Sujana

NIM : 155080107111005

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa dalam skripsi ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi, duplikat atau tiruan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, September 2019

Mahasiswa

Ni Made May Artistya Dewi S.

UCAPAN TERIMAKASIH

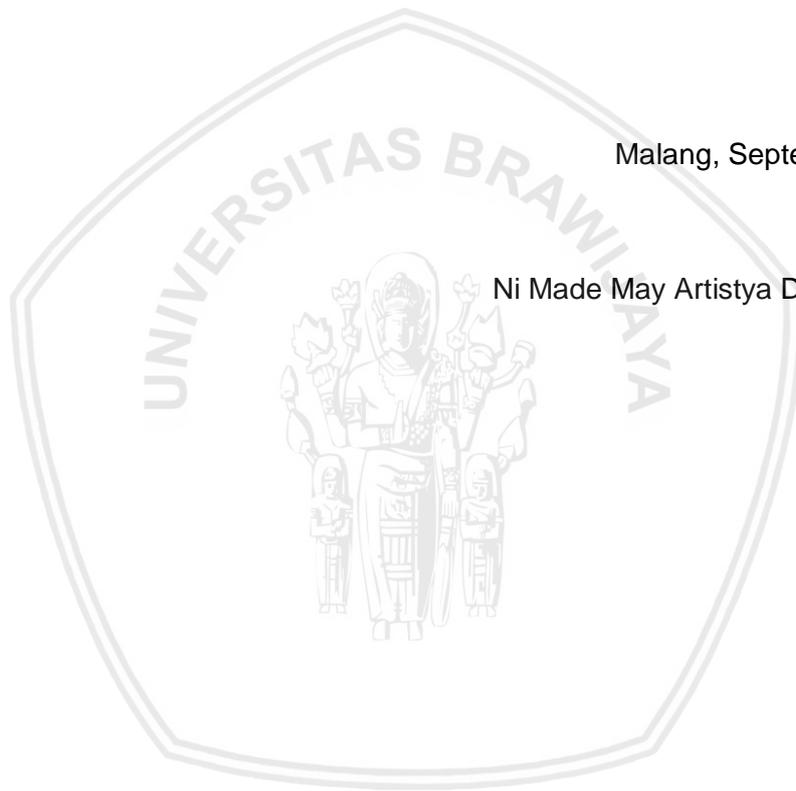
Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa (Sang Hyang Widhi Wasa), yang telah memberikan karunia, kesehatan, kelancaran serta kemudahan bagi penulis selama penelitian. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan berbagai pihak yang sangat berperan dalam proses penyusunan skripsi. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang tua tercinta Bapak Drs. I Made Sujana dan Ibu Endang Sri Utami S.Sn, Kakak Ni Putu Happy Harimas Sujana, S.E beserta keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan serta doa.
2. Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan, arahan serta bimbingan dalam penyusunan laporan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi Bali, Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Provinsi Bali, Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Denpasar, Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar, UPT. Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali yang telah memberikan izin dan fasilitas selama melakukan penelitian.
4. Tim Tahan Banting penulis (Ilham, Gangga, Mery, Wira, Sandhi, Krisma dan Kakak Ayuria) yang telah menyempatkan waktu untuk membantu dalam pengambilan data.
5. Sahabat - sahabat penulis (Yanti, Juliana, Etik, Luthfia, Vina, Karina, Fathiya, Aliya, Melinda, David, Adi Fauzul, Aang, Dimas, Diky, Sulis, Alfita) serta Mba Maya yang selalu memberikan semangat, motivasi serta bantuan mulai persiapan penelitian hingga menyelesaikan laporan skripsi ini.

6. Gede Satya Wicaksana Abyuda yang selalu meluangkan waktu diatas kesibukan skripsinya yang senantiasa membantu selama penelitian lapang dan laboratorium, menemani pengerjaan skripsi sampai larut pagi, menjadi tempat curahan emosional dan selalu memberikan semangat optimis kepada penulis serta kejutan makanan yang tak terduga.
7. Teman – teman MSP angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan, semangat dan movitasi dalam kebersamaan.

Malang, September 2019

Ni Made May Artistya Dewi Sujana



RINGKASAN

NI MADE MAY ARTISTYA DEWI SUJANA. Komunitas Makrozoobentos dan Fisika, Kimia Air *Tukad Badung* Kota Denpasar. (Di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS.**)

Meningkatnya jumlah penduduk Kota Denpasar memberikan dampak terhadap peningkatan penggunaan lahan bukan pertanian yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kondisi perairan Tukad Badung yang melintasi daerah perkotaan sehingga memungkinkan terjadinya penurunan kualitas air serta mempengaruhi kehidupan organisme akuatik salah satunya adalah makrozoobentos. Keberadaan makrozoobentos dapat dijadikan indikator pencemaran karena pergerakan yang terbatas, menetap dalam waktu yang relatif lama menyebabkan organisme ini sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah mengetahui status mutu air Tukad Badung Kota Denpasar, hubungan antara fisika, kimia air dengan kelimpahan makrozoobentos dan sebaran spasial kualitas air melalui peta distribusi kualitas air. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2019 dengan metode survei, pengambilan sampel air dan makrozoobentos dilakukan di tujuh stasiun dari hulu sampai hilir. Pengukuran kualitas air meliputi suhu, kecepatan arus, pH, oksigen terlarut (secara *in-situ*), TSS, COD dan amonia (secara *ex-situ*). Pengambilan sampel bentos dilakukan melalui dua cara yaitu *kicking net* dan *ekman grab*. Hasil pengamatan identifikasi makrozoobentos yang ditemukan terdiri dari 4 Filum, 6 Kelas, 13 Ordo dan 21 Famili dengan kelimpahan makrozoobentos berkisar antara 180,56 – 2005,56 Ind/m², indeks keanekaragaman berkisar antara 0,87 – 1,47, indeks dominasi berkisar antara 0,29 – 0,59 dan indeks BMWP-ASPT berkisar 2,7 – 4,71. Pengukuran kualitas air diperoleh nilai suhu berkisar 26 - 31 °C, kecepatan arus berkisar 0,02 – 0,5 m/s, TSS berkisar 14,33 – 101,67 mg/L, pH berkisar 6 – 7,15, oksigen terlarut berkisar 1,87 mg/L – 8,56 mg/L, COD berkisar 18,33 mg/L – 44,52 mg/L dan amonia berkisar 0,41 mg/L – 3,67 mg/L. Status mutu air berdasarkan metode STORET Tukad Badung tergolong dalam kategori tercemar sedang dengan nilai skor berkisar -21 hingga -29, parameter yang melampaui baku mutu meliputi TSS, COD, amonia dan oksigen terlarut. Hal tersebut disebabkan oleh adanya masukan bahan organik yang berasal dari limbah domestik maupun dari sektor usaha/kegiatan dan pertanian. Berdasarkan perhitungan regresi linear berganda suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus dan amonia berpengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan nilai koefisien beta sebesar 0,770. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan oksigen terlarut yang dapat mempengaruhi toksisitas amonia serta kecepatan arus yang mempengaruhi pola persebaran makrozoobentos sehingga berdampak terhadap komunitas makrozoobentos. Hanya beberapa jenis makrozoobentos yang toleran dapat bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrim seperti filum Annelida (*Tubifex*). Sebaran spasial kualitas air berdasarkan peta distribusi kualitas air menunjukkan tingkat pencemaran di setiap stasiun disebabkan oleh adanya aktivitas manusia yang dipengaruhi oleh pemanfaatan lahan disekitar sungai sehingga segala bentuk buangan dari aktivitas tersebut memberikan dampak buruk terhadap perairan yang dapat menurunkan status mutu air. Dengan demikian perlu adanya upaya pengendalian pencemaran secara preventif dan represif sehingga pemanfaatan air sesuai dengan peruntukannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi yang berjudul “**Komunitas Makrozoobentos dan Fisika, Kimia Air Tukad Badung Kota Denpasar**” sebagai salah satu syarat meraih gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar tulisan ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak yang membaca dan membutuhkan.

Malang, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

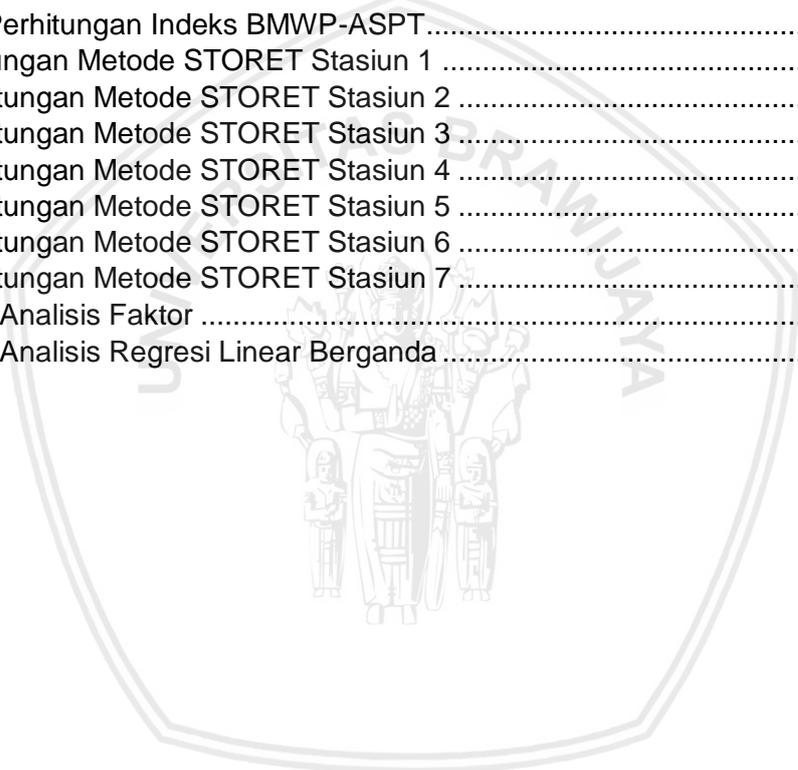
RINGKASAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sungai	5
2.2 Makrozoobentos	6
2.3 Pencemaran Air	7
2.3.1 Sumber Pencemaran.....	7
2.3.2 Indikator Pencemaran	8
2.4 Parameter Kualitas Air	9
2.4.1 Parameter Fisika.....	9
2.4.2 Parameter Kimia	11
2.5 Penentuan Status Mutu Air	14
2.5.1 Metode STORET	14
3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Materi Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Metode Pengumpulan Data	17
3.4.1 Data Primer.....	17
3.4.2 Data Sekunder	17
3.5 Penentuan Titik Stasiun	17
3.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air	19
3.6.1 Parameter Fisika.....	19
3.6.2 Parameter Kimia	22
3.6.3 Parameter Biologi	25
3.7 Analisis Data	27
3.7.1 Indikator Biologi	27



3.7.2 Metode STORET	30
3.7.3 Uji Statistik	33
3.7.4 Metode Pemetaan	34
3.8 Diagram Alur Penelitian	35
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	36
4.2 Deskripsi Stasiun Penelitian	36
4.3 Analisis Makrozoobentos	41
4.3.1 Klasifikasi Makrozoobentos	41
4.3.2 Kelimpahan Makrozoobentos	42
4.3.3 Indeks Keanekaragaman	43
4.3.4 Indeks Dominasi	44
4.3.5 Indeks BMWP-ASPT	46
4.4 Analisis Parameter Kualitas Air	48
4.4.1 Parameter Fisika	48
4.4.2 Parameter Kimia	52
4.5 Analisis Kualitas Air Berdasarkan Metode STORET	56
4.6 Analisis Hubungan Kualitas Air dengan Kelimpahan Makrozoobentos	60
4.7 Peta Zona Distribusi Spasial Kualitas Air	63
4.8 Peta Persebaran Kelimpahan Makrozoobentos	65
5. KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran.....	20
2. Nilai Skoring Indeks Biotik Metode BWMP-ASPT.....	29
3. Klasifikasi Status Perairan dengan Nilai ASPT	30
4. Penilaian Skor Data Kualitas Air untuk Menentukan Status Mutu Air	32
5. Klasifikasi Status Mutu Air	32
6. Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 kelas II.	32
7. Hasil Identifikasi Makrozoobentos	41
8. Hasil Perhitungan Indeks BMWP-ASPT.....	46
9. Perhitungan Metode STORET Stasiun 1	57
10. Perhitungan Metode STORET Stasiun 2	57
11. Perhitungan Metode STORET Stasiun 3	58
12. Perhitungan Metode STORET Stasiun 4	58
13. Perhitungan Metode STORET Stasiun 5	59
14. Perhitungan Metode STORET Stasiun 6	59
15. Perhitungan Metode STORET Stasiun 7	60
16. Hasil Analisis Faktor	60
17. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda.....	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Penelitian Stasiun 1.....	37
2. Lokasi Penelitian Stasiun 2.....	37
3. Lokasi Penelitian Stasiun 3.....	38
4. Lokasi Penelitian Stasiun 4.....	38
5. Lokasi Penelitian Stasiun 5.....	39
6. Lokasi Penelitian Stasiun 6.....	40
7. Lokasi Penelitian Stasiun 7.....	40
8. Grafik Kelimpahan Makrozoobentos (Ind/m ²)	42
9. Grafik Indeks Keanekaragaman (H')	43
10. Grafik Indeks Dominasi (D).....	45
11. Grafik Hasil Pengukuran Suhu (°C).....	48
12. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Arus.....	49
13. Grafik Hasil Pengukuran TSS (Total Suspended Solid)	50
14. Grafik Hasil Pengukuran pH	52
15. Grafik Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut.....	53
16. Grafik Hasil Pengukuran COD (Chemical Oxygen Demand)	54
17. Grafik Hasil Pengukuran Amonia	55
18. Peta Distribusi Kualitas Air	63
19. Peta Persebaran Makrozoobentos	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan.....	77
2. Peta Lokasi Penelitian	80
3. Klasifikasi Makrozoobentos yang Didapatkan Selama Penelitian	81
4. Kelimpahan Makrozoobentos	85
5. Indeks Keanekaragaman (H') Makrozoobenthos.....	86
6. Indeks Dominasi (C) Makrozoobentos	88
7. Data Hasil Pengukuran Kualitas Air Selama Penelitian	90
8. Analisis Faktor dan Regresi Linear Berganda.....	91
9. Dokumentasi Penelitian	93



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Kota Denpasar mengalir beberapa sungai, yakni salah satunya Tukad Badung. Secara geografis Tukad Badung melintasi daerah perkotaan, sehingga secara tidak langsung sungai ini mendapat tekanan dari berbagai aktivitas masyarakat. Hampir sepanjang aliran Tukad Badung di Kota Denpasar pada bantaran sungai, terdapat banyak pemukiman padat penduduk (Wiarta *et al.*, 2008). Tercatat 880.600 jiwa penduduk di wilayah Kota Denpasar pada tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2016) meningkat menjadi 914.300 jiwa penduduk pada tahun 2017 (Badan Pusat Statistik, 2018). Meningkatnya jumlah penduduk akan mempengaruhi kebutuhan dalam penggunaan lahan yang berdampak perubahan fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian. Kota Denpasar memiliki luas lahan sebesar 12.778 Ha, dilihat dari penggunaan lahannya pada tahun 2015 sekitar 2.989 Ha yang merupakan lahan pertanian mengalami perubahan fungsi lahan menjadi 2.919 Ha pada tahun 2017. Hal tersebut sebanding dengan meningkatnya penggunaan lahan bukan pertanian (jalan, pemukiman, perkantoran) seluas 9.789 Ha tahun 2015 meningkat pada tahun 2017 seluas 9.859 Ha.

Berdasarkan fenomena tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung, semua buangan organik maupun anorganik dari hasil sampingan kegiatan masyarakat di daerah padat pemukiman maupun industri, akan masuk ke dalam sungai. Hal ini berdampak pada kondisi perairan di Tukad Badung, yang memungkinkan terjadinya penurunan kualitas perairan, seperti perubahan sifat – sifat fisika, kimia dan biologi perairan. Menurut Irianto (2017), sehubungan pada rencana pemerintah dalam pengembangan potensi pariwisata perkotaan (*city tour*), dengan memanfaatkan kawasan Tukad Badung sebagai salah satu objek

wisata air di Kota Denpasar, maka penurunan kualitas perairan sangat mempengaruhi pemanfaatan air sesuai peruntukannya.

Salah satu organisme perairan yang umumnya terkena dampak dari perubahan lingkungan adalah makrozoobentos yang hidup di dasar sungai. Makrozoobentos merupakan salah satu biota akuatik yang digunakan sebagai indikator kualitas perairan karena pergerakan yang terbatas dan hidup menetap pada waktu yang relatif lama. Sehingga organisme ini sangat peka terhadap perubahan kualitas air pada habitatnya, yang dapat mempengaruhi kelimpahannya. Hal tersebut bergantung pada toleransinya terhadap perubahan lingkungan (Mushthofa *et al.*, 2014). Menurut Diantari *et al.* (2017), kualitas air dengan keanekaragaman hayati saling berkaitan erat satu sama lain sehingga penurunan kualitas air oleh pencemaran akan menyebabkan gangguan pada kehidupan biota dan mempengaruhi keanekaragaman hayatinya. Oleh karena itu diperlukan adanya pengukuran kualitas air dan makrozoobentos yang dapat menunjukkan kondisi fisika, kimia dan biologi Tukad Badung Kota Denpasar saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Tukad Badung termasuk salah satu sungai utama di Kota Denpasar dengan panjang 17,15 km (DLHK Kota Denpasar, 2018). Tukad Badung mengalir di dua kabupaten/kota yaitu Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Aliran sungai yang membentang di Kota Denpasar mendapat tekanan dari berbagai aktivitas masyarakatnya yang berada di sekitar daerah aliran tersebut. Kegiatan antropogenik di sepanjang aliran Tukad Badung berpotensi menghasilkan limbah organik dan anorganik.

Sumber dari permasalahannya adalah pola perilaku masyarakat yang masih menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan, sehingga menyumbangkan

limbah ke dalam perairan. Apabila limbah yang masuk ke perairan sampai melebihi ambang baku mutu air, maka menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan, sehingga dapat menurunkan nilai guna dan fungsi perairan bagi peruntukannya. Secara visual, akan memberikan perubahan pada sifat – sifat fisika, kimia dan biologi, yang dapat mempengaruhi kehidupan organisme yang hidup di perairan Tukad Badung. Organisme makrozoobentos terdapat diseluruh badan sungai mulai hulu sampai ke hilir, dengan keberadaannya yang menetap di dasar perairan dapat memberikan respon terhadap perubahan lingkungan secara kontinu dan temporal, sehingga dapat digunakan untuk menduga status perairan.

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana status mutu air yang ditinjau dari sifat fisika, kimia dan biologi di Tukad Badung Kota Denpasar?
2. Bagaimana hubungan antara fisika, kimia air dengan kelimpahan makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan?
3. Bagaimana sebaran spasial kualitas air di Tukad Badung Kota Denpasar berdasarkan peta distribusi kualitas air?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

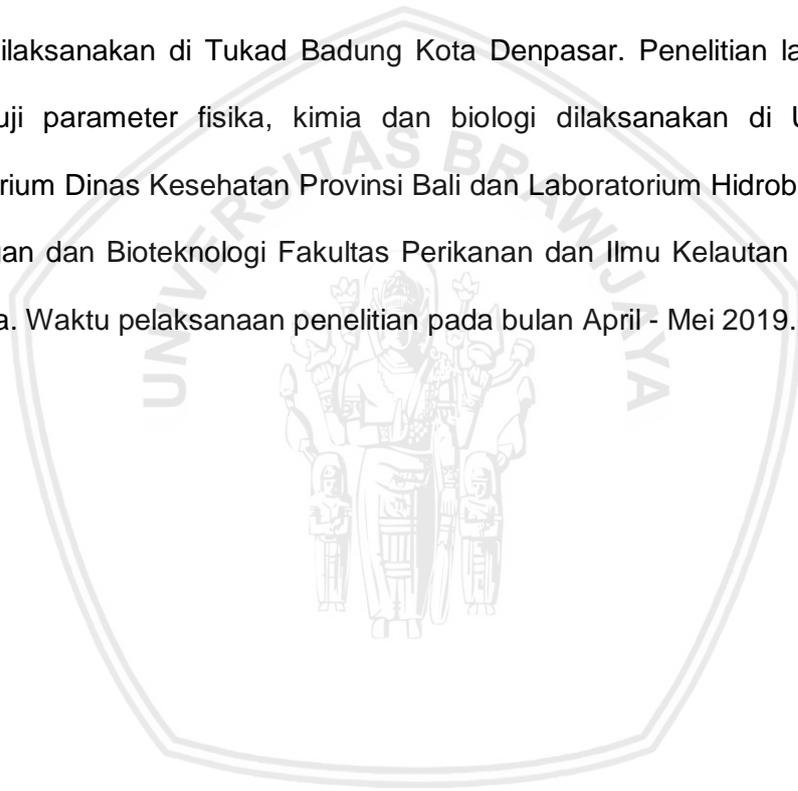
1. Mengetahui status mutu air (cemar/tidak cemar) yang ditinjau dari sifat fisika, kimia dan biologi di Tukad Badung Kota Denpasar.
2. Mengetahui hubungan antara fisika, kimia air dengan kelimpahan makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan.
3. Mengetahui sebaran spasial kualitas air di Tukad Badung Kota Denpasar berdasarkan peta distribusi kualitas air.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun kebijakan maupun perencanaan pengelolaan daerah aliran sungai secara terpadu di Tukad Badung Kota Denpasar sehingga pemanfaatan air sungai sesuai dengan peruntukannya.

1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara lapang dan uji laboratorium. Penelitian lapang dilaksanakan di Tukad Badung Kota Denpasar. Penelitian laboratorium berupa uji parameter fisika, kimia dan biologi dilaksanakan di UPT. Balai Laboratorium Dinas Kesehatan Provinsi Bali dan Laboratorium Hidrobiologi Divisi Lingkungan dan Bioteknologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan April - Mei 2019.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan air tawar yang mengalir, mempunyai ciri khas adanya arus dengan aliran air yang searah dan mengalir dari dataran tinggi menuju ke dataran rendah dan berakhir di muara sungai yang terjadi secara dinamis (Irwan *et al.*, 2017). Menurut Lihawa (2017), aliran sungai dibedakan menjadi tiga zona yaitu: (a) zona hulu merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, termasuk daerah dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15% dan jenis vegetasi umumnya tegakan hutan; (b) zona tengah merupakan transisi dari zona hulu dan hilir, sebagian wilayahnya masih merupakan daerah konservasi dan sebagian budidaya, kerapatan drainase beragam, dan jenis vegetasi lebih beragam; (c) zona hilir merupakan daerah pemanfaatan, mempunyai kerapatan drainase lebih kecil, termasuk daerah yang memiliki kemiringan kurang dari 8%, beberapa tempat adalah daerah genangan/banjir, dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian.

Sungai merupakan sumber air permukaan yang memiliki peranan penting dalam daur hidrologi yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*). Selain itu sungai dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan manusia seperti sebagai sumber air untuk irigasi, kegiatan perikanan, rekreasi air, sebagai sarana transportasi serta sebagian masyarakat ada yang mengkonsumsi air sungai (Kurniadi *et al.*, 2015). Menurut Sutanto (2012), sungai sebagai salah satu tipe ekosistem perairan selain berperan untuk kebutuhan manusia, juga bagi kehidupan biota sebagai media hidup atau habitat bagi organisme perairan. Namun sejalan dengan pemanfaatan sungai untuk berbagai aktivitas masyarakat,

sering kali sungai dijadikan sebagai tempat pembuangan rumah tangga baik padat maupun cair sehingga dapat mencemarinya.

2.2 Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan organisme akuatik tergolong ke dalam kelompok hewan invertebrata yang tertahan pada saringan dengan ukuran 500 μm . Organisme ini dapat digunakan untuk memberikan gambaran kondisi perairan dan menilai kualitas air sehingga berfungsi sebagai indikator perairan (Amizera *et al.*, 2015). Makrozoobentos sangat baik digunakan sebagai bioindikator karena memiliki kelebihan diantaranya pola migrasi terbatas atau hidup menetap (*sesil*); memiliki kisaran toleransi yang luas terhadap pencemaran, sedimen dan toksikan; masa hidup yang panjang mulai mingguan hingga tahunan sehingga mengindikasikan kualitas air sepanjang waktu serta dapat ditemukan pada berbagai tipe habitat akuatik (Ibrahim dan Sjarmidi, 2017).

Makrozoobentos di ekosistem lotik terdiri dari beberapa filum yakni Arthropoda (insekta, tungau, udang karang), Mollusca (siput, limpet, kerang dan tiram), Annelida (cacing bersegmen dan lintah), Nematoda dan Turbellaria. Berdasarkan kepekaan terhadap perubahan lingkungan perairan kelompok spesies makrozoobentos dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: (a) kelompok intoleran adalah organisme yang tidak dapat beradaptasi pada kondisi perairan yang mengalami penurunan kualitas; (b) kelompok fakultatif adalah organisme yang dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang lebih besar dibandingkan intoleran, namun tidak dapat mentolerir lingkungan yang tercemar berat; (c) kelompok toleran adalah organisme yang sering ditemukan pada perairan yang tercemar dan tidak peka terhadap tekanan lingkungan (Anzani, 2012). Menurut Diantari *et al.* 2017, famili dari ordo Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera atau sering dikenal ordo EPT merupakan organisme yang tergolong kelompok

yang paling sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan (intoleran). Pemanfaatan serangga EPT sebagai bioindikator dapat digunakan sebagai peringatan awal terhadap kualitas perairan sungai.

2.3 Pencemaran Air

Menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air tertera pada Pasal 1 angka 11, pencemaran air didefinisikan sebagai: "*pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya*". Air dapat dikatakan tercemar ketika kualitas maupun komposisi air didalamnya berubah baik secara alami atau berasal dari hasil kegiatan manusia sehingga tidak cocok untuk dimanfaatkan sebagai air minum, irigasi, rekreasi air dan kegunaan lainnya (Goel, 2006).

Pencemaran air merupakan kondisi penyimpangan sifat – sifat air dari kondisi murni, dimana sifat dan fungsi normalnya terpengaruh (Chauhan, 2008). Definisi lainnya juga diartikan sebagai air yang mengandung bahan – bahan asing tertentu dalam jumlah yang melebihi batas yang ditetapkan sehingga tidak dapat digunakan secara normal untuk kepentingan tertentu. Bahan asing atau pencemar dapat dibedakan berdasarkan perbedaan sifat – sifatnya yakni padatan, bahan buangan yang membutuhkan oksigen, nutrien tanaman, mikroorganisme, komponen organik sintetik, minyak, bahan radioaktif, senyawa anorganik dan mineral, panas (Fardiaz, 1992).

2.3.1 Sumber Pencemaran

Sumber utama pencemaran air antara lain dari limbah domestik, limbah industri, pembuangan dari pertanian, peternakan, serta limbah yang berasal dari

pembangkit listrik yang menghasilkan polutan panas dan radioaktif (Chauhan, 2008). Sumber pencemar dapat masuk melalui beberapa cara pengalirannya. Aliran yang masuk dapat berupa *point source* atau saluran titik tertentu seperti saluran drainase atau irigasi, anak sungai dan *outlet* limbah industri. Selain itu sumber pencemar bisa berupa *non point source* yaitu aliran masuk yang tidak berupa saluran tertentu dan merata di sepanjang sungai (Fadliyah *et al.*, 2017). Menurut Suyasa (2015), sumber pencemaran air dapat dikategorikan menjadi dua yaitu: sumber pencemar langsung dan sumber pencemar tidak langsung. Sumber pencemaran langsung adalah kontaminan yang langsung keluar dari sumbernya masuk ke media sebagai sumber dampak. Contohnya dari kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, peternakan dan lain – lain. Disisi lain, sumber pencemar tidak langsung adalah kontaminan yang memasuki lingkungan melalui media perantara. Contohnya tanah, air tanah dan hujan sebelum ke target yang menerima dampak.

2.3.2 Indikator Pencemaran

Air tercemar memiliki karakteristik khusus yang membedakan dengan air bersih yakni secara fisik, kimia maupun biologi. Menurut Suyasa (2015), perubahan fisika, kimia dan biologi lingkungan perairan dapat ditunjukkan dengan beberapa indikator yaitu: (1) adanya perubahan suhu air, (2) adanya perubahan derajat keasamaan (pH), (3) adanya perubahan yang terdeteksi panca indera manusia yaitu warna, rasa dan bau, (4) timbulnya endapan, koloidal dan bahan terlarut, (5) adanya mikroorganisme yakni mikroba patogen, (6) meningkatnya radioaktif air lingkungan akibat pertambangan maupun kegiatan nuklir.

Dalam pemantauan kualitas lingkungan untuk mengindikasikan terjadinya pencemaran, ada beberapa indikator atau parameter yang biasa digunakan yaitu pengamatan fisika, kimia dan biologi. Untuk indikator biologi, bakteri, alga, protozoa dan makroinvertebrata dapat dijadikan sebagai indikator pemantauan.

Kelompok yang paling umum digunakan sebagai indikator adalah fauna makroinvertebrata. Makroinvertebrata memiliki beberapa karakteristik yang dibutuhkan organisme sebagai indikator diantaranya mempunyai gerakan yang relatif terbatas dan siklus hidup yang relatif lama sehingga dapat digunakan untuk analisis secara temporal dan spasial (Abel, 1996).

2.4 Parameter Kualitas Air

Pencemaran air dapat ditunjukkan oleh sifat fisik, kimia dan biologi perairan. Parameter fisik antara lain suhu, kecepatan arus, TSS (*Total Suspended Solid*). Parameter kimia antara lain pH, Oksigen terlarut, COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan amonia.

2.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor utama yang memiliki efek fisiologis yang penting terhadap sistem kehidupan dan secara langsung mempengaruhi batas toleransi zat beracun pada biota air. Suhu air mempengaruhi kehidupan akuatik. Meningkatnya suhu air akan mengurangi kadar DO sehingga meningkatkan konsumsi oksigen dan laju metabolisme (Mehta, 2017). Menurut Effendi (2003), peningkatan suhu sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan oksigen sebesar 2 – 3 kali lipat. Selain itu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba.

Suhu pada suatu sungai akan selalu mengalami fluktuasi akibat aliran dari hulu ke hilir. Faktor yang mempengaruhi yaitu intensitas cahaya matahari, letak geografis, pola suhu udara, arus, kedalaman, naungan (Santoso, 2017). Menurut Djumanto *et al.* (2013), suhu air akan cenderung meningkat ke bagian hilir sungai karena sedikitnya naungan, lebar sungai yang meningkat, berada di daerah

dataran rendah. Hal tersebut menyebabkan penerimaan intensitas cahaya semakin banyak.

b. Kecepatan Arus

Kecepatan arus merupakan salah satu parameter sebagai faktor yang membatasi penyebaran makrozoobentos. Kecepatan arus mempengaruhi tipe atau ukuran substrat dasar perairan yang merupakan habitat bagi hewan bentos. Kecepatan arus dibawah 10 cm/s memiliki sifat dasar berupa lumpur dengan kandungan oksigen sangat rendah, bahan organik tinggi dan fauna yang hidup adalah cacing (Astrini *et al.*, 2014). Menurut Taqwa *et al.* (2014), pada muara sungai dengan arus yang lemah, jenis substratnya adalah lumpur dan liat, apabila arusnya kuat akan banyak ditemui substrat berpasir seperti di hulu sungai karena hanya partikel yang berukuran besar lebih cepat mengendap dari pada partikel yang lebih kecil.

Perairan lotik dicirikan oleh arus yang searah, berdasarkan kecepatan arus perairan dikategorikan berarus sangat besar jika >1 m/s, berarus deras jika 0,5 - 1 m/s, berarus sedang jika 0,25 - 0,5 m/s, berarus lambat 0,1 - 0,5 m/s dan berarus lambat jika 0,1 - 0,25 m/s (Fisesa *et al.*, 2014). Perbedaan kecepatan arus dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tipe dasar, lebar sungai dan ada tidaknya hambatan aliran. Dasar sungai yang curam memiliki kecepatan arus yang lebih ditinggi dari landai. Selain itu sungai yang memiliki lebar sungai yang besar menyebabkan aliran air cenderung lambat, sebaliknya lebar sungai yang sempit dan landai memiliki kecepatan arus yang tinggi (Djumanto *et al.*, 2013).

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

Menurut Bahriyah *et al.* (2018), yang dimaksud TSS adalah seluruh zat padat yang berada di dalam badan sungai contohnya tanah, lumpur, pasir atau partikel yang telah tersuspensi di dalam air dapat berupa biotik seperti: plankton, fungi dan bakteri. Padatan tersuspensi bisa menimbulkan kekeruhan dalam air. Menurut

Marlina *et al.* (2017), Kadar TSS pada sungai akan mengalami peningkatan saat musim hujan dibandingkan saat aliran normal. Hal tersebut akibat adanya gerakan aliran air dan meningkatkan intensitas volume air sehingga menyebabkan air teraduk – aduk. Lumpur dan endapan material organik yang berada didasar sungai akan terangkat menuju ke kolom air sungai.

Keberadaan padatan tersuspensi dipengaruhi oleh jumlah dan jenis limbah yang masuk ke perairan. Padatan tersuspensi mempengaruhi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan, sebab menimbulkan kekeruhan. Adanya padatan tersuspensi mengakibatkan pengurangan daya permurnian alami yaitu proses fotosintesis dan menutupi organisme dasar (Suriani, 2000). Selain itu kadar TSS yang berlebihan dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi yakni pernafasan dan daya lihat biota akuatik (Prasetya *et al.*, 2015).

2.4.2 Parameter Kimia

a. pH

pH atau derajat keasaman merupakan salah satu parameter yang penting dalam memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH di suatu perairan akan mempengaruhi kehidupan biota akuatik, karena masing – masing biota memiliki batasan tertentu terhadap nilai pH yang bervariasi (Simanjuntak, 2012). Makrozoobentos mempunyai kenyamanan kisaran pH yang berbeda – beda. Sebagai contoh, Gastropoda banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH diatas 7, sedangkan kelompok insekta banyak ditemukan pada kisaran pH 4,5 – 8,5 (Anzani, 2012).

Nilai pH air yang normal yaitu antara 6 – 8, sedangkan pH air yang tercemar oleh air buangan berbeda – beda tergantung jenis buangannya. Air buangan industri bahan anorganik pada umumnya mengandung asam mineral dalam jumlah tinggi sehingga keasamaannya menjadi tinggi atau pH rendah. Perubahan keasamaan pada air buangan atau limbah baik pH naik (alkali) maupun pH

menurun (asam) akan mengganggu metabolisme dan respirasi organisme akuatik sekitarnya (Fardiaz, 1992). Sesuai dengan pernyataan Mahyudin (2015), perbedaan nilai derajat keasaman dipengaruhi oleh masukan limbah organik maupun anorganik yang di buang ke sungai.

b. Oksigen terlarut

Oksigen terlarut merupakan parameter yang sangat penting dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk proses metabolisme dan respirasi. Selain itu dibutuhkan dalam proses penguraian bahan organik untuk melakukan purifikasi. Proses penguraian dilakukan oleh mikroorganisme untuk membantu mengurangi beban pencemaran di perairan (Simanjuntak, 2007). Sehingga nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran atau tingkat pengolahan air limbah. Besarnya nilai oksigen terlarut menentukan kesesuaian kualitas air sebagai sumber kehidupan (Dewi *et al.* (2014)

Oksigen terlarut dalam air berasal dari proses difusi dari udara dan fotosintesis oleh tumbuhan air. Faktor yang mempengaruhi kelarutan oksigen terlarut meliputi suhu air, tekanan atmosfer dan kandungan mineral dalam air (Gupta, 2011). Menurut Vandra *et al.* (2016), perubahan konsentrasi oksigen terlarut dapat diakibat oleh proses deoksigenasi ketika mikroorganisme membutuhkan untuk melakukan penguraian bahan organik serta proses reaerasi yang disebabkan turbulensi aliran sungai. Perubahan tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan kondisi kualitas air sebagai saluran drainase penerima limbah domestik dan limpasan permukaan.

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik baik secara kimia, baik yang *biodegradable* maupun *non biodegradable*. Peningkatan nilai COD sejalan dengan meningkatnya bahan

organik di perairan. Keberadaan bahan organik dapat berasal dari alam ataupun dari aktivitas domestik dan industri (Maula, 2018).

Prinsip pengukuran COD bahwa seluruh bahan organik akan teroksidasi secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O dengan bantuan oksidator kuat pada kondisi asam. Segala macam bahan organik baik mudah terurai maupun sulit terurai akan teroksidasi. Oleh karena itu nilai COD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit terurai secara biologis dan jumlah total bahan organik yang ada di perairan (Santoso, 2018).

d. Amonia

Amonia di dalam air terdapat dalam bentuk tak terionisasi (NH_3) atau bebas dan bentuk terionisasi NH_4 atau ion ammonium. Sumber amonia di perairan berasal dari pemecahan nitrogen organik (protein dan urea), nitrogen anorganik yang terdapat dalam air dan tanah, berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur, reduksi gas nitrogen berasal dari difusi udara atmosfer, serta limbah domestik dan industri. Keberadaan amonia dalam air sungai yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan organisme lainnya (Azizah dan Humairoh, 2015).

Amonia (NH_3) merupakan gas beracun sebagai kompetitor kuat bagi oksigen dalam darah ikan, jika pH air ke arah alkali. Semakin tinggi suhu dan pH, maka semakin tinggi pula konsentrasi amonia sehingga daya racun yang ditimbulkan semakin kuat (Kuncoro, 2008). Menurut Astrini *et al.* (2014), terdapatnya amonia didalam perairan dapat menduga adanya pencemaran disertai dengan timbulnya bau yang menyengat. Banyaknya kandungan bahan organik yang berasal dari buangan kegiatan pertanian, domestik dan industri mengindikasikan bahwa tingginya kandungan amonia.

2.5 Penentuan Status Mutu Air

Merujuk pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, terdapat 2 metode Indeks Kualitas Air (IKA) sebagai pedoman penentuan status mutu air yaitu metode STORET dan metode Indeks Pencemaran.

2.5.1 Metode STORET

Penentuan status mutu air menggunakan metode STORET yaitu membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air, oleh karena ini dapat diketahui parameter – parameter yang sesuai maupun telah melampaui baku mutu air. Menurut Walukow (2010), penggunaan sistem STORET dalam penentuan status mutu air dijadikan sebagai acuan dalam melaksanakan monitoring kualitas air tanah dengan maksud mengetahui mutu suatu sistem akuatik. Penilaian kualitas air menggunakan STORET berdasarkan skoring nilai dari maksimum, minimum dan rata – rata dari setiap parameter yang diuji dengan membandingkan standar baku mutu air yang sesuai peruntukannya. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, dalam menentukan status mutu air menggunakan sistem nilai dari “US-EPA (*Environmental Protection Agency*) dengan mengkategorikan ke dalam empat klasifikasi kelas yaitu: Kelas A memiliki skor 0 dikategorikan memenuhi baku mutu air , Kelas B dikategorikan cemar ringan yang memiliki skor -1 sampai dengan –10, Kelas C dengan skor -11 sampai dengan -30 dikategorikan cemar sedang, sedangkan Kelas D dikategorikan cemar berat dengan skor lebih dari -30.

Metode STORET memiliki kelebihan yaitu mampu mengkombinasi banyak data parameter kualitas air menjadi gambaran yang luas dan lengkap mengenai kualitas air. Namun memiliki kekurangan yaitu tidak adanya jumlah parameter yang tetap jika menggunakan metode ini (Mantaya *et al.*, 2016). Menurut Saraswati *et al.* (2014), menggunakan indeks STORET tidak mencerminkan mutu air dalam efek jangka pendek, melainkan efek jangka panjang dari hasil

perhitungan status mutu air berdasarkan beberapa kali pengambilan data kualitas air. Semakin banyak parameter kualitas air yang diukur maka semakin banyak parameter yang terpantau tidak memenuhi baku mutu, sehingga akan semakin komprehensif dalam menyimpulkan status mutu air.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah komunitas makrozoobentos dan analisis kualitas air ditinjau dari sifat fisika dan kimia. Analisis hasil penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif, bertujuan memberikan gambaran kondisi kualitas air Tukad Badung di Kota Denpasar. Parameter fisika, kimia air yang diujikan diantaranya suhu, kecepatan arus, TSS (*Total Suspended Solid*), pH, Oksigen Terlarut, COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan Amonia. Penentuan status mutu air dilakukan dengan membandingkan hasil parameter kualitas air dengan baku mutu air sesuai pada Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 kelas II yang diolah menggunakan metode STORET. Disamping itu untuk parameter biologi, diamati jenis dan kelimpahan makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan dalam penelitian ini digunakan untuk memperoleh data primer. Data primer yang diperoleh merupakan data pengukuran kualitas air yaitu fisika, kimia dan biologi (makrozoobentos). Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yaitu pengamatan yang dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian. Menurut Hamdi dan Bahruddin (2014), karakteristik utama dari survei diantaranya adalah informasi yang dikumpulkan melalui pertanyaan tertulis maupun lisan serta informasi yang diperoleh dari sampel. Tujuan dari survei adalah mengetahui gambaran umum karakteristik atau membandingkan kondisi yang ada dengan

kriteria yang telah ditentukan. Penggunaan metode ini berdasarkan atas pertimbangan lokasi penelitian dan parameter yang diuji.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi maupun data secara ilmiah sesuai dengan tujuan penelitian. Data dapat diperoleh secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan sumbernya, data dibagi menjadi data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung pada saat penelitian, dapat melalui observasi berupa dokumentasi maupun wawancara. Data primer yang digunakan berupa hasil rata – rata pengukuran masing – masing parameter yaitu fisika, kimia dan biologi (makrozoobentos). Disamping itu untuk analisis spasial adalah berupa hasil data pengukuran parameter kualitas air serta pengamatan langsung penentuan titik koordinat setiap stasiun penelitian menggunakan GPS (*Global Positioning System*) untuk membuat peta distribusi kualitas air.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh secara tidak langsung berasal dari sumber yang telah ada sebelumnya. Data sekunder berfungsi sebagai pendukung data primer. Data sekunder yang digunakan untuk menambah referensi serta menunjang laporan penelitian tentang komunitas makrozoobentos dan fisika, kimia air yaitu literatur dari lembaga/instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik Kota Denpasar, Peraturan Pemerintah, Kementerian Lingkungan Hidup, Peraturan Gubernur, jurnal dan literatur lainnya.

3.5 Penentuan Titik Stasiun

Titik stasiun ditentukan dengan melakukan uji pendahuluan ke Tukad Badung Kota Denpasar untuk mengetahui aliran sungai dari hulu sampai dengan

muara, kondisi sungai serta faktor aktivitas masyarakat di sekitar sungai. Penentuan titik stasiun menggunakan metode *purposive* sampling yaitu berdasarkan pertimbangan dengan kriteria yang telah ditentukan (Endraswara, 2006). Penentuan titik stasiun didasarkan atas rekomendasi tiga titik pantau hulu sampai hilir dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar serta atas perubahan pengaruh disekitar daerah aliran seperti tegal dan pemukiman penduduk dengan beberapa pertimbangan peneliti seperti kemudahan akses dan adanya kegiatan yang memberikan beban pencemar. Penentuan titik stasiun yang terpilih dijadikan sebagai titik stasiun lokasi penelitian. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Jumlah stasiun pengambilan sampel dari bagian hulu sampai dengan hilir sebanyak tujuh stasiun diantaranya sebagai berikut:

- Stasiun 1 mewakili bagian hulu Kota Denpasar, terletak di sekitar daerah tegalan dan setelah adanya masukan air dari anak sungai.
- Stasiun 2 berjarak $\pm 1,5$ km dari stasiun 1. Stasiun ini berada di aliran sungai sebelum adanya masukan air dari anak sungai.
- Stasiun 3 berjarak $\pm 0,5$ km dari stasiun 2. Stasiun ini berada di aliran sungai setelah adanya masukan air dari anak sungai.
- Stasiun 4 terletak $\pm 1,5$ km setelah stasiun 3. Stasiun ini terletak sebelum adanya masukan air dari anak sungai.
- Stasiun 5 terletak ± 1 km setelah stasiun 4. Stasiun ini terletak setelah adanya masukan air dari anak sungai. Sepanjang kiri dan kanan aliran sungai terdapat pipa saluran pembuangan rumah tangga yang langsung dialirkan ke sungai.
- Stasiun 6 terletak ± 4 km dari stasiun 5. Daerah sungai ini sering dimanfaatkan masyarakat melakukan aktifitas memancing.

- Stasiun 7 berjarak ± 2 km dari stasiun 6. Stasiun ini mewakili daerah muara, dengan kondisi air sungai terlihat keruh dan terlihat sampah mengapung dipermukaan air.

3.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengambilan sampel air di masing – masing titik stasiun menggunakan metode *grab sample* yaitu pengambilan sampel secara langsung ke badan air yang sedang dipantau (Effendi, 2003). Pada pengambilan sampel dilakukan dua kali selama penelitian. Pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik stasiun dengan tiga kali pengulangan di setiap stasiun yaitu tengah, pinggir kiri dan kanan sungai agar mewakili seluruh kondisi perairan tersebut. Untuk masing – masing stasiun, pengambilan sampel dilakukan pada waktu yang berbeda.

3.6.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-6989.23-2005 pengukuran suhu dilakukan secara langsung saat pengambilan sampel dengan menggunakan termometer Hg. Cara pengukuran suhu menggunakan termometer Hg sebagai berikut:

- Mencelupkan termometer ke dalam perairan dengan membelakangi matahari.
- Menunggu sekitar 2 – 3 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil.
- Mencatat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.

b. Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus dilakukan secara langsung pada setiap stasiun penelitian dengan menggunakan alat *Flow Probe*. Menurut Rahayu *et al.* (2009), prinsip pengukurannya adalah mengukur kecepatan aliran tiap kedalaman pengukuran (d) pada titik interval tertentu. Langkah pengukurannya adalah sebagai berikut:

- Memilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak banyak pusaran air, bila sungai relatif besar bisa dilakukan di bawah jembatan atau menggunakan perahu untuk kedalaman yang relatif dalam.
- Pengukuran dimulai dengan mencatat kedalaman air, kemudian memilih salah satu metode pada Tabel 1 sesuai kedalaman sungai.
- Setelah mengetahui metode yang digunakan, memasukkan alat pada stasiun aliran sungai yang ingin diteliti.
- Mengukur kecepatan aliran sungai dengan posisi alat sesuai kedalaman pengukuran sampai menunjukkan hasil pembacaan yang stabil.
- Menghitung dan mencatat kecepatan aliran rata – rata.

Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran rata – rata dapat ditentukan sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran

Kedalaman sungai (m)	Kedalaman pengukuran	Perhitungan kecepatan rata - rata
0 – 0,6	0,6 d	$V = V_{0,6}$
0,6 – 3	0,2 d dan 0,8 d	$V = 0,5 (V_{0,2} + V_{0,8})$
3 – 6	0,2 d ; 0,6 d dan 0,8 d	$V = 0,25 (V_{0,2} + V_{0,6} + V_{0,8})$
> 6	s, 0,2 d; 0,6 d; 0,8 d dan b	$V = 0,1 (V_s + 3V_{0,2} + 3V_{0,6} + 3V_{0,8} + V_b)$

Keterangan:

- d : kedalaman pengukuran
b : dasar sungai
s : permukaan sungai
v : kecepatan aliran (m/s)

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan Buku Panduan Hach Company (2014), pengukuran TSS dilakukan dengan metode fotometrik. Prosedur pengukuran TSS sebagai berikut:

- Mengambil sampel yang sudah siap diukur, kemudian mengoyang – goyangkan air sampel di dalam botol secara vertikal agar endapan yang berada dibawah botol tercampur merata.
- Memasukkan air sampel ke blender sebanyak 500 ml dan ditunggu selama 2 menit.
- Memasukkan sampel yang sudah diblender ke dalam beaker glass. Sebelum diuji ke dalam spektrofotometer, mengaduk air sampel kembali menggunakan spatula agar tidak ada endapan yang berada di bawah beaker glass.
- Memasukkan air sampel ke dalam cuvet sebanyak 25 ml. Langkah tersebut juga dilakukan terhadap air suling sebagai blanko.
- Cuvet yang sudah berisi air sampel diukur kadar TSS pada spektrofotometer nomor program 630 dengan panjang gelombang 810 nm. Selanjutnya mencatat hasilnya.

Adapun konsentrasi yang didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer yakni melalui langkah – langkah sebagai berikut:

- Membuat larutan standar dengan berbagai konsentrasi (larutan standar dibuat berdasarkan konsentrasi analit yang diperkirakan).
- Mengambil salah satu larutan standar yang kemudian diukur pada berbagai panjang gelombang. Tujuannya mengetahui panjang gelombang maksimum yang akan digunakan untuk mengukur absorbansi semua larutan standar.
- Mengukur absorbansi pada semua larutan yang telah dibuat dengan panjang gelombang maksimum yang didapatkan.

- Mencatat absorbansi yang dihasilkan dari semua larutan standar yang kemudian diperoleh suatu kurva yang disebut kurva kalibrasi.
- Mengukur absorbansi larutan yang belum diketahui konsentrasinya. Setelah diperoleh absorbansinya, masukan nilai tersebut pada kurva yang diperoleh.
- Selain itu juga dapat dihitung dengan persamaan regresi linear, dimana nilai absorbansi sampel yang diperoleh sebagai y sehingga diperoleh nilai x yang merupakan konsentrasi sampel.

3.6.2 Parameter Kimia

a. pH

Pengukuran pH perairan menggunakan pH paper. Menurut Rovita *et al.* (2012), prosedur pengukuran pH menggunakan pH paper sebagai berikut:

- Mencilupkan pH paper ke dalam air.
- Mengangkat pH paper dan mengibaskan – kibaskan sampai setengah kering.
- Mencocokkan perubahan warna pH paper dengan skala warna pada kotak standar pH.

b. Oksigen terlarut

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan mengambil sampel pada setiap stasiun pengamatan. Berdasarkan SNI No. 06-6989.14-2004, cara pengukuran oksigen terlarut sebagai berikut:

- Memasukkan botol *winkler* modifikasi dengan volume 150 ml ke dalam air yang akan diukur kadar oksigen secara perlahan – lahan dan kemudian ditutup rapat didalam perairan, jangan sampai ada gelembung udara.
- Membuka tutup botol yang berisi air dan menambahkan 1 ml $MnSO_4$ dan 1 ml $NaOH+KI$ selanjutnya ditutup kembali dan homogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna.
- Menunggu selama 5 – 10 menit hingga gumpalan mengendap.

- Membuang air bening diatas endapan dengan cara sifon, selanjutnya menambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat, ditutup dan homogenkan hingga endapan larut sempurna.
- Menambahkan 1 – 2 tetes amilum dan selanjutnya dititrasi dengan $Na_2S_2O_3$ sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali.
- Mencatat volume $Na_2S_2O_3$ yang terpakai (ml titran). Untuk menghitung nilai oksigen terlarut digunakan rumus:

$$\text{Oksigen terlarut (mg/l)} = \frac{V \times N \times 8 \times 1000}{V \text{ botol} - 2}$$

Keterangan:

V : volume $Na_2S_2O_3$

N : normalitas $Na_2S_2O_3$

8 : Nomor atom oksigen

2 : penambahan volume pereaksi $MnSO_4$ dan $NaOH+KI$

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan SNI No. 6989.73:2009, pengukuran COD dilakukan dengan metode refluks tertutup secara titrimetri. Prinsip pengujian COD yakni senyawa organik dan anorganik didalam sampel dioksidasi oleh $Cr_2O_7^{2-}$ dalam refluks tertutup selama 2 jam menghasilkan Cr^{3+} . Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) menggunakan indikator ferroin. Cara pengukuran kadar COD sebagai berikut:

- Pipet air sampel sebanyak 2 ml dan dimasukkan ke dalam tabung COD, kemudian menambahkan 3 ml larutan pereaksi asam sulfat dan 2 ml $K_2Cr_2O_7$.
- Menutup rapat penutup tabung COD, kemudian dicampur perlahan sampai homogen.

- Meletakkan tabung COD pada COD reaktor yang telah dipanaskan pada suhu 150°C dan direfluks selama 2 jam. Tujuannya agar seluruh bahan – bahan organik dalam sampel dapat dioksidasi oleh larutan $K_2Cr_2O_7$.
- Setelah direfluks selama 2 jam, sampel tersebut didinginkan sampai suhu ruangan.
- Memindahkan kemudian sampel ke dalam erlenmeyer 100 ml untuk dititrisi, kemudian menambahkan indikator ferroin 3 tetes dan dititrisi dengan larutan FAS 0,025 M sampai berubah warna dari hijau-biru menjadi coklat kemerahan. Mencatat volume larutan FAS yang dibutuhkan.
- Melakukan langkah tersebut terhadap air suling sebagai blanko. Mencatat larutan FAS yang dibutuhkan. Untuk menghitung nilai COD digunakan rumus:

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A - B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{sampel (mL)}}$$

Keterangan:

- A : volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (mL)
B : volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk sampel (mL)
N : normalitas larutan FAS
8 : nomor atom oksigen

d. Amonia

Pengukuran amonia dilakukan dengan metode nessler menggunakan alat spektrofotometer. Menurut Kemenkes RI (1993), cara pengukuran kadar amonia sebagai berikut:

- Memasukkan 25 ml air sampel yang siap diuji dan 1 ml larutan garam Rochelle ke dalam tabung reaksi.
- Menambahkan 0,5 ml larutan nessler, kemudian didiamkan selama ± 10 menit. Langkah tersebut juga dilakukan pada air suling sebagai blanko.

- Memasukkan sampel ke dalam cuvet dan mengukur kadar amonia pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 425 nm. Selanjutnya mencatat hasilnya.

Adapun konsentrasi yang didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer yakni melalui langkah – langkah sebagai berikut:

- Membuat larutan standar dengan berbagai konsentrasi (larutan standar dibuat berdasarkan konsentrasi analit yang diperkirakan).
- Mengambil salah satu larutan standar yang kemudian diukur pada berbagai panjang gelombang. Tujuannya mengetahui panjang gelombang maksimum yang akan digunakan untuk mengukur absorbansi semua larutan standar.
- Mengukur absorbansi pada semua larutan yang telah dibuat dengan panjang gelombang maksimum yang didapatkan.
- Mencatat absorbansi yang dihasilkan dari semua larutan standar yang kemudian diperoleh suatu kurva yang disebut kurva kalibrasi.
- Mengukur absorbansi larutan yang belum diketahui konsentrasinya. Setelah diperoleh absorbansinya, masukan nilai tersebut pada kurva yang diperoleh.
- Selain itu juga dapat dihitung dengan persamaan regresi linear, dimana nilai absorbansi sampel yang diperoleh sebagai y sehingga diperoleh nilai x yang merupakan konsentrasi sampel.

3.6.3 Parameter Biologi

- Makrozoobentos

Pada pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan satu sekali selama penelitian, karena makrozoobentos memiliki siklus hidup yang panjang. Pada setiap stasiun dilakukan pengambilan sebanyak tiga titik sampel yaitu tengah, pinggir kiri dan kanan sungai agar mewakili kondisi sungai. Untuk masing – masing

stasiun, pengambilan sampel dilakukan pada waktu yang berbeda. Cara pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan dua cara yaitu:

a. *Kicking net*

Jaring yang digunakan berukuran 1 x 1 meter dengan mesh size 0,125 mm. Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan *kicking net*, karena dasar sungai yang berbatu. Cara penggunaan *kicking net* yaitu meletakkan jaring ke dalam sungai dengan mulut jaring menghadap arah datangnya aliran air, kemudian mengaduk – aduk substrat di depan jaring sepanjang 5 meter dengan menggerakkan kaki untuk merangsang hewan bentos yang berada di dasar sungai agar keluar dan masuk ke dalam jaring. Setelah itu, angkat jaring ke atas permukaan air dan sampel yang tersangkut dalam *kicking net* dimasukkan ke dalam wadah. Untuk mengawetkan sampel bentos ditambahkan alkohol 96% sesuai dengan volume sampel di dalam wadah, kemudian diaduk agar alkohol dan sampel tercampur. Selanjutnya dilakukan proses sortasi sampel dengan meletakkan sampel yang telah diawetkan ke baskom, organisme yang diperoleh, diseleksi dan dikelompokkan berdasarkan kesamaan morfologi kemudian sampel yang terpilih dimasukkan ke dalam botol kaca volume 150 ml untuk sampel berukuran kecil atau dimasukkan ke dalam toples untuk sampel yang berukuran besar, kemudian diawetkan kembali dengan alkohol.

b. *Ekman grab*

Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan *ekman grab*, karena dasar sungai yang berlumpur. Adapun cara penggunaan *ekman grab* yaitu membuka katup bawah yang berfungsi untuk mengeruk sedimen, kemudian memegang tali dan pemberat saat *ekman grab* mulai dijatuhkan ke dasar perairan yang akan diambil sampelnya. Saat sudah mencapai dasar, pemberat dilepaskan agar katup *grab* tertutup. Sampel yang telah didapatkan, disaring menggunakan ayakan bertingkat. Sampel yang tersaring diperhatikan dengan teliti, kemudian

dimasukkan ke dalam wadah. Untuk mengawetkan sampel bentos, jika sampel yang didapatkan kering dilakukan penambahan air. Setelah itu menambahkan alkohol 96% sesuai volume sampel yang telah ditambahkan air di dalam wadah, sehingga kadar alkohol dalam wadah makrozoobentos $\pm 50\%$. Selanjutnya dilakukan proses sortasi sampel dengan prosedur yang sama.

- Identifikasi

Organisme yang telah diperoleh dari cara a dan b diidentifikasi di Laboratorium Hidrobiologi Divisi Lingkungan dan Bioteknologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Wadah yang digunakan untuk mengawetkan sampel dibuka dan kemudian sampel diletakkan ke dalam cawan petri untuk disortir kembali dengan bantuan mikroskop binokuler perbesaran 4%. Setiap sampel yang diteliti dalam mikroskop, kemudian dicocokkan dengan buku panduan de Zwart dan Trivedi (1995). Organisme yang sejenis dikumpulkan dalam 1 cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam botol vial ukuran 10 ml dan diawetkan menggunakan alkohol 96% dengan penambahan air ke dalam botol vial agar kadar alkohol $\pm 50\%$. Selanjutnya botol diberi label agar tidak tertukar dengan botol lainnya. Identifikasi sampel makrozoobentos hanya mencapai famili saja.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Indikator Biologi

Data makrozoobentos yang didapatkan dihitung kelimpahan jenis, indeks keanekaragaman, indeks dominasi dan indeks BMWP-ASPT.

a. Kelimpahan Jenis

Kelimpahan jenis adalah jumlah biota yang ditemukan pada suatu lokasi pengamatan per satuan meter persegi. Kelimpahan jenis dapat dihitung dengan rumus (Estradivari *et al.*, 2009):

$$K = \frac{n_i \times 10.000}{A}$$

Keterangan:

- K : Kelimpahan jenis (ind/m²)
- n_i : jumlah total makrozoobentos pada stasiun pengamatan (ind)
- 10000 : konversi dari cm² ke m²
- A : luasan plot/bukaan *ekman grab* x ulangan

b. Indeks Keanekaragaman

Pengolahan data keanekaragaman (H') yang umum digunakan adalah indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, dengan rumus (Odum, 1993):

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \quad \text{atau} \quad H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan:

- H' : Indeks keanekaragaman
- n_i : Jumlah individu jenis tertentu
- N : Jumlah total individu
- P_i : Perbandingan jumlah individu jenis tertentu dengan jumlah total individu keseluruhan

Kisaran nilai dari indeks *Shannon-Wiener* dapat menunjukkan kualitas air dilihat dari tingkat keanekaragaman makrozoobenthos di perairan tersebut. Menurut Wilhm dan Dorris (1968), interpretasi nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener terhadap kualitas air dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Jika H' > 3,0 maka tidak tercemar
- Jika H' diantar 1,0 – 3,0, maka tercemar sedang
- Jika H' < 1,0 maka tercemar berat

c. Indeks Dominasi

Indeks dominasi memberikan informasi untuk melihat ada atau tidak dominasi dari jenis hewan makrozoobentos yang ditemukan diperairan, dengan menggunakan rumus (Odum, 1993):

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

- D : Indeks dominasi
- n_i : jumlah individu tertentu
- N : jumlah total keseluruhan individu pada stasiun pengamatan

Kisaran nilai dari indeks dominasi antara 0 - 1. Jika nilai $0 < D < 0,5$, menunjukkan tidak ada jenis biota yang dominan, sehingga kondisi lingkungan stabil. Jika nilai $0,5 > D > 1$, maka ada jenis biota air tertentu yang dominan diperairan akibat tekanan lingkungan.

d. Indeks BMWP-ASPT

Indeks BMWP-ASPT (*Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon*) merupakan salah satu indeks biotik dengan penilaian dalam bentuk skoring yang dibuat atas dasar tingkat toleransi organisme terhadap pencemaran. Sistem BMWP-ASPT adalah mengelompokkan atau membagi biota benthik menjadi 10 tingkatan berdasarkan kemampuannya dalam merespon cemaran pada habitatnya (Roziaty *et al.*, 2017). Langkah – langkah penilaian kualitas air menggunakan makrozoobentos berdasarkan metode BMWP-ASPT, yaitu:

- Sampel makrozoobentos yang sudah diklasifikasi dicocokkan dengan tabel indeks BWMP (Tabel 2) dan memberi skor pada masing – masing famili per stasiunnya.

Tabel 2. Nilai Skoring Indeks Biotik Metode BWMP-ASPT

Kelompok Organisme (Family)	Skor BMWP
Brachycentridae, Capniidae, Gordiidae, Heptageniidae, Lepidostomatidae, Perlidae, Perlodidae, Potamanthidae, Chloroperlidae, Ephemeridae, Ephemerellidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae, Leuctridae, Molannidae, Odontoceridae, Siphonuridae, Taeniopterygidae	10
Ashnidae, Agrionidae, Astacidae, Gomphidae, Philopotamidae, Psychodidae, Psychomyiidae (Ecnomidae), Corduliidae, Cordulegasteridae, Libellulidae	8
Caenidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Nouridae, Rhyacophilidae	7
Ancylidae, Gammaridae, Hydroptilidae, Coenagrionidae, Unionidae, Viviparidae, Bithynidae, Thiaridae, Neritidae,	6
Chrysomelidae, Corixidae, Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Gerridae, Gyrinidae, Haliplidae, Helodidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Hydropsychidae, Hygrobiidae, Planariidae, Pleidae, Scirtidae, Simuliidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Tipulidae.	5
Baetidae, Piscicolidae, Sialidae	4
Asellidae, Glossiphoniidae, Hydrobiidae, Planorbidae, Physidae, Erpobdellidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Valvatidae, Dugesidae, Hirudidae	3
Chironomidae, Syrphidae	2
Haplptaxidae, Enchytreidae, Lumbriculidae, Naididae, Tubificidae (semua famili dari kelas Oligochaeta/Clitellata)	1

Sumber : Mandaville (2002), de Zwart and Trivedi (1995).

- Dari nilai skor yang diperoleh kemudian dicari nilai *Average Score Per Taxon* (ASPT) dengan membagi jumlah skor indeks BMWP dengan jumlah famili yang ditemukan per stasiunnya dengan menggunakan rumus (Rahman, 2017):

$$\text{Nilai ASPT} = \frac{A}{B}$$

Keterangan:

A : Jumlah skor indeks BMWP

B : Jumlah famili yang ditemukan dan mempunyai skor

- Nilai ASPT ini dapat menentukan status kualitas perairan. Klasifikasi status perairan berdasarkan nilai ASPT, tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Status Perairan dengan Nilai ASPT

No.	Nilai ASPT	Kategori
1	> 6	Perairan bersih
2	5 – 6	Perairan tingkat pencemaran ringan
3	4 – 5	Perairan tingkat pencemaran sedang
4	< 4	Perairan tingkat pencemaran berat

Sumber : Mandaville (2002).

3.7.2 Metode STORET

Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi empat kelas yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, yaitu:

- Kelas I : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas IV : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Merujuk pada pasal 14 ayat 2 dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, ditetapkan pedoman penentuan status mutu air ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri (Kep.Men. Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003), yang tertera pada pasal 2 ayat 2 yakni pedoman status mutu air menggunakan metode STORET. Penentuan status mutu air ditetapkan “kondisi cemar” apabila tidak memenuhi baku mutu air, sebaliknya ditetapkan “kondisi baik” apabila memenuhi baku mutu air. Prinsip penetapan status mutu air menggunakan metode STORET adalah membandingkan hasil kualitas air dengan baku mutu yang sesuai peruntukannya. Sehingga dapat dijadikan acuan dalam upaya memperbaiki kualitas air yang masuk kedalam kategori tercemar agar memenuhi baku mutu sesuai peruntukannya.

Prosedur penentuan status mutu air menggunakan metode STORET berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, yaitu:

- Melakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*).
- Membandingkan data hasil pengukuran dari masing – masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
- Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutur air sesuai peruntukannya, dimana hasil pengukuran < baku mutu, maka diberi skor 0.
- Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air sesuai peruntukannya, dimana hasil pengukuran > baku mutu, maka diberi skor sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Penilaian Skor Data Kualitas Air untuk Menentukan Status Mutu Air

Jumlah contoh ^{*)}	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata - rata	-3	-6	-9
≥10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata - rata	-6	-12	-18

Keterangan: *) jumlah parameter yang digunakan

- Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai.

Hasil dari penilaian total skor data kualitas air untuk penentuan status mutu air dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelas, tercantum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Status Mutu Air

No.	Klasifikasi	Status	Skor	Keterangan
1	Kelas A	Baik sekali	0	Memenuhi baku mutu air
2	Kelas B	Baik	-1 s/d -10	Cemar ringan
3	Kelas C	Sedang	-11 s/d -30	Cemar sedang
4	Kelas D	Buruk	≥ -31	Cemar berat

Sumber: Kep.Men Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003

Penentuan status mutu air di Tukad Badung Kota Denpasar menggunakan acuan baku mutu Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 berdasarkan kelas. Merujuk pada kesesuaian peruntukannya, Tukad Badung dalam kategori kelas II. Kriteria baku mutu air berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 kelas II.

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air	Keterangan
Suhu	°C	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari situasi alam
Kecepatan Arus	m/s	-	
TSS	mg/L	50	
pH	-	6-9	
Oksigen terlarut	mg/L	4	
COD	Mg/L	25	
Amonia	mg/L	0,02	

Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH₃

3.7.3 Uji Statistik

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui hubungan kualitas air dengan kelimpahan makrozoobentos. Analisis uji statistik menggunakan software SPSS IBM versi 23. Uji statistik ini menggunakan analisis faktor dan regresi linear berganda. Analisis faktor dilakukan untuk menyederhanakan beberapa variabel independen yang diteliti menjadi sejumlah faktor yang terbentuk. Menurut Simamora (2005), analisis faktor digunakan untuk mereduksi data, dengan menyederhanakan variabel menjadi faktor yang dihasilkan, sehingga faktor tersebut menjadi variabel baru yang mewakili variabel asli. Dalam interpretasi analisis faktor, dilihat hasil pada tabel "Rotated Component Matrix" pada kolom 1 sebagai faktor 1 dan kolom 2 sebagai faktor 2. Pada kolom 1 yang memiliki nilai korelasi yang besar tergolong dalam faktor 1, begitu pula pada kolom 2 yang memiliki nilai korelasi yang besar tergolong dalam faktor 2. Variabel yang menjadi faktor 1 merupakan variabel utama yang mempengaruhi variabel dependen. Setelah mendapatkan variabel baru dalam bentuk faktor, selanjutnya melakukan uji regresi linear berganda. Menurut Kurniawan (2006), Analisis regresi linear berganda digunakan untuk hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen yang lebih dari satu. Analisis regresi dapat membantu dalam pembuatan keputusan yakni mengacu pada dua hal:

1. Membandingkan nilai signifikansi dengan nilai probabilitas (0,1)

Jika nilai signifikansi $< 0,1$, artinya variabel X berpengaruh terhadap variabel Y. Sebaliknya jika nilai signifikansi $> 0,1$, artinya variabel X tidak berpengaruh terhadap variabel Y.

2. Membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel}

Jika nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ artinya variabel X berpengaruh terhadap variabel Y. Sebaliknya jika nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ artinya variabel X tidak berpengaruh terhadap variabel Y.

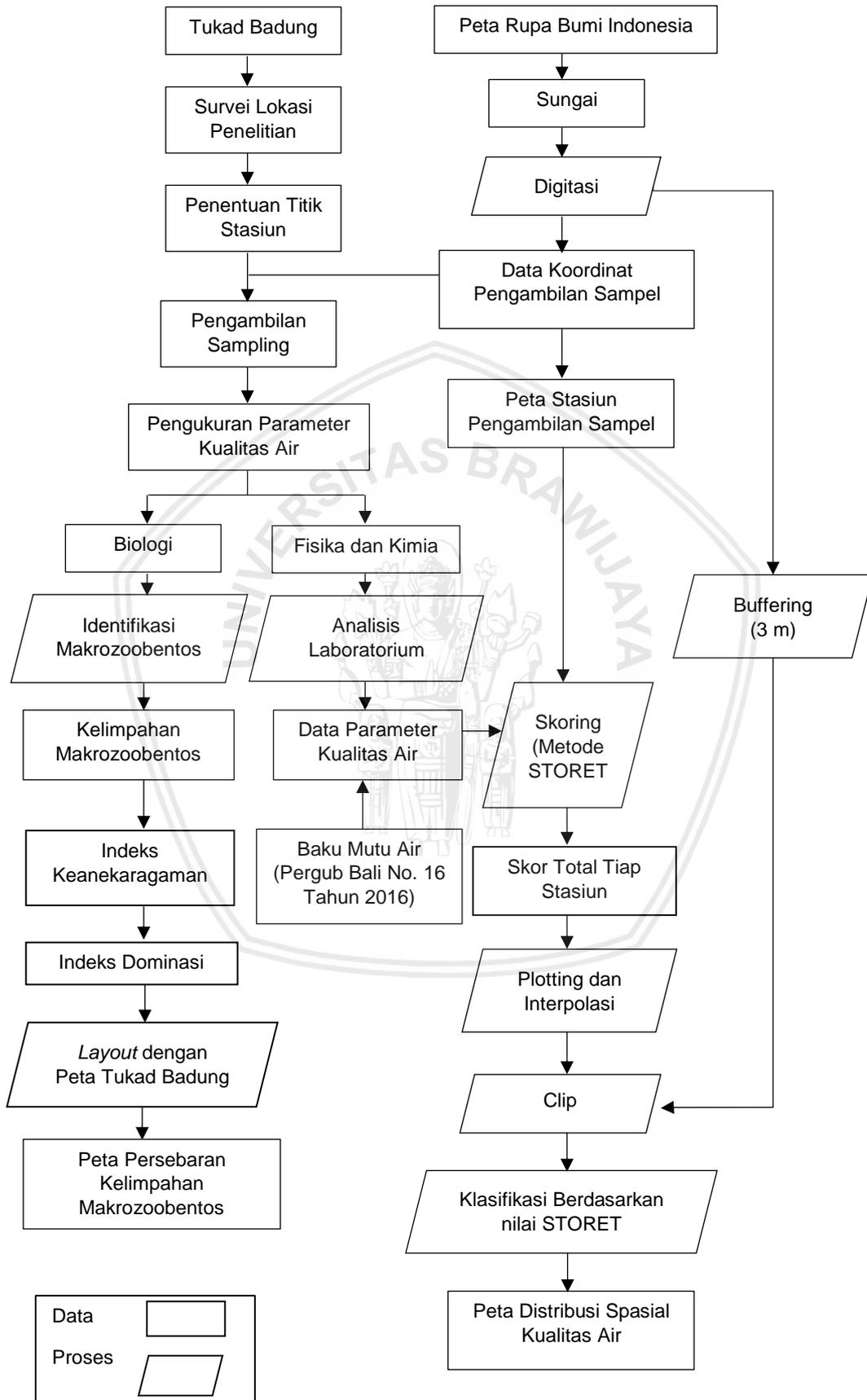
3.7.4 Metode Pemetaan

Peta distribusi kualitas air digunakan untuk mengetahui sebaran kualitas air secara spasial. Dalam mekanisme pembuatannya peta distribusi spasial kualitas air memerlukan data dasar berupa peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) liputan wilayah yang menjadi lokasi penelitian, selanjutnya titik koordinat pengambilan sampel di lokasi penelitian serta data kualitas air yang didapat dari hasil perhitungan metode STORET yang kemudian dilakukan proses pengolahan data menggunakan aplikasi Quantum GIS 2.18.4. Aplikasi ini membantu dalam proses menggambarkan distribusi kualitas air yang terdiri dari beberapa tahap, diantaranya: melakukan digitasi aliran sungai yang menjadi lokasi penelitian, melakukan plotting data yang sudah diberikan nilai STORET, kemudian melakukan proses interpolasi pada titik hasil plotting data tersebut.

Proses interpolasi titik-titik pengambilan sampel yang memuat nilai STORET tersebut menggunakan tipe *Nearest Neighbour* yang mendeteksi nilai pada titik yang terdekat. Setelah proses interpolasi, dilanjutkan dengan melakukan proses *clip* yaitu memotong hasil interpolasi dengan aliran sungai yang telah dibuat *buffer* merepresentasikan sempadannya mengacu pada ketentuan Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai.

Hasil proses *clip* ialah gambaran sungai berikut sempadannya yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan nilai STORET dan diberikan simbolisasi berupa warna gradasi. Warna tersebut merepresentasikan distribusi agar dapat membedakan dengan jelas nilai STORET antar stasiun pengambilan sampel. Tahap terakhir yaitu melakukan proses *layouting* (penyajian data) dan menambahkan beberapa informasi peta seperti judul, arah mata angin, skala, legenda dan sumber peta sehingga diperoleh peta distribusi spasial kualitas air yang representatif.

3.8 Diagram Alur Penelitian



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Tukad Badung merupakan salah satu sungai utama di Provinsi Bali yang mengalir di dua wilayah yaitu Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Tukad Badung termasuk salah satu sungai terbesar dari tiga sungai yang melintasi wilayah Kota Denpasar. Letak geografis Daerah Aliran Tukad Badung berada pada $8,54^{\circ}$ - $8,74^{\circ}$ LS dan $115,18^{\circ}$ - $115,23^{\circ}$ BT, dengan panjang yang diperkirakan sekitar ± 27 km (BPS Provinsi Bali, 2018). Secara administrasi dari hulu sampai hilir, Tukad Badung Kota Denpasar mengalir di tiga Kecamatan yaitu Kecamatan Denpasar Utara, Denpasar Barat dan Denpasar Selatan, dengan luas DAS 2.250 km² (As-syakur *et al.*, 2010). Sepanjang aliran Tukad Badung Kota Denpasar berada di daerah sekitar padat pemukiman warga dan berbagai tempat umum sehingga ada buangan limbah yang masuk ke dalam aliran Tukad Badung tersebut. Limbah yang masuk ke dalam sungai dapat mempengaruhi kondisi perairan dan juga organisme yang ada didalamnya.

4.2 Deskripsi Stasiun Penelitian

Berdasarkan pertimbangan dan uji pendahuluan di lapang, maka dalam penelitian ini ditentukan sebanyak 7 stasiun. Deskripsi setiap stasiun pengamatan sebagai berikut:

- Stasiun 1

Stasiun ini berlokasi di daerah Peguyangan Kecamatan Denpasar Utara, terletak pada koordinat $115^{\circ}12'20,81''$ LS $8^{\circ}37'49,45''$ BT. Stasiun ini mewakili bagian hulu Kota Denpasar. Ukuran lebar sungai ± 3 meter, kedalaman 40 cm dengan tipe substrat pasir berbatu. Tata guna lahan di sekitar aliran sungai masih terdapat vegetasi berupa pohon bambu maupun semak belukar dan terdapat

repository.ub.ac.id

pemukiman penduduk berjarak 1 meter dari aliran sungai. Stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Stasiun 1

- Stasiun 2

Stasiun ini berlokasi di daerah Dauh Puri Kaja Kecamatan Denpasar Utara, terletak pada koordinat $115^{\circ}12'39,28''\text{LS } 8^{\circ}38'33,91''\text{BT}$. Berjarak $\pm 1,5$ km dari stasiun 1. Ukuran lebar sungai ± 3 meter, kedalaman 40 cm dan tipe substrat pasir berbatu. Tata guna lahan disekitar stasiun ini masih terdapat vegetasi pohon, pemukiman serta peternakan. Aktivitas pada aliran sungai ini dimanfaatkan warga sekitar untuk mencuci, buang air dan mandi. Stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian Stasiun 2

- Stasiun 3

Stasiun ini berlokasi di daerah Dauh Puri Kaja Kecamatan Denpasar Utara, terletak pada koordinat $115^{\circ}12'41,02''\text{LS } 8^{\circ}38'52,18''\text{BT}$. Berjarak $\pm 0,5$ km dari stasiun 2. Ukuran lebar sungai diperkirakan > 5 meter, kedalaman sungai 30 cm dan tipe substrat lumpur berbatu. Tata guna lahan disekitar stasiun ini masih terdapat vegetasi pepohonan atau semak belukar serta dekat dengan pemukiman warga. Stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi Penelitian Stasiun 3

- Stasiun 4

Stasiun ini berlokasi di daerah Pemecutan Kecamatan Denpasar Barat, terletak pada koordinat $115^{\circ}12'48,00''\text{LS } 8^{\circ}39'39,79''\text{BT}$. Berjarak $\pm 1,5$ km dari stasiun 3. Ukuran lebar sungai diperkirakan ± 5 meter, kedalaman sungai 50 cm dan tipe substrat lumpur berbatu. Tata guna lahan disekitar stasiun ini pemukiman penduduk dan pasar. Stasiun 4 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Penelitian Stasiun 4

- Stasiun 5

Stasiun ini berlokasi di daerah Dauh Puri Kaja Kecamatan Denpasar Barat, terletak pada koordinat $115^{\circ}12'27,65''\text{LS } 8^{\circ}40',2,68''\text{BT}$. Terletak ± 1 km setelah stasiun 4. Ukuran lebar sungai ± 5 meter, kedalaman 50 cm dan tipe substrat lumpur berpasir. Tata guna lahan disekitar stasiun ini pemukiman penduduk. Stasiun ini merupakan tempat pembuangan sampah warga yang tinggal di sekitar sungai. Stasiun 5 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi Penelitian Stasiun 5

- Stasiun 6

Stasiun ini berlokasi di daerah Pemogan Kecamatan Denpasar Selatan, terletak pada koordinat $115^{\circ}11'30,88''\text{LS } 8^{\circ}42'27,21''\text{BT}$. Terletak ± 4 km dari stasiun 5. Ukuran lebar sungai > 5 meter, kedalaman ± 1 meter dan tipe substrat lumpur berpasir. Tata guna lahan disekitar stasiun ini adalah daerah pertanian dan pemukiman. Daerah sungai ini sering dimanfaatkan masyarakat melakukan aktifitas memancing. Stasiun 6 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi Penelitian Stasiun 6

- Stasiun 7

Stasiun ini berlokasi di daerah Pemogan Kecamatan Denpasar Selatan, terletak pada koordinat $115^{\circ}11'14,48''\text{LS}$ $8^{\circ}43'12,00''\text{BT}$. Berjarak ± 2 km dari stasiun 6. Ukuran lebar sungai > 5 meter, kedalaman ± 2 meter dengan tipe substrat lumpur berpasir. Stasiun ini mewakili daerah muara dan disekitar sungai dekat pemukiman penduduk. Sempadan sungai di stasiun ini dimanfaatkan masyarakat sebagai taman rekreasi. Kondisi air sungai terlihat keruh dan terlihat sampah mengapung dipermukaan air. Stasiun 7 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Lokasi Penelitian Stasiun 7

4.3 Analisis Makrozoobentos

4.3.1 Klasifikasi Makrozoobentos

Hasil identifikasi makrozoobentos yang ditemukan terdiri dari 4 Filum, 6 Kelas, 13 Ordo dan 21 Famili. Klasifikasi dan jumlah makrozoobentos yang didapatkan dari hasil penelitian tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 7.

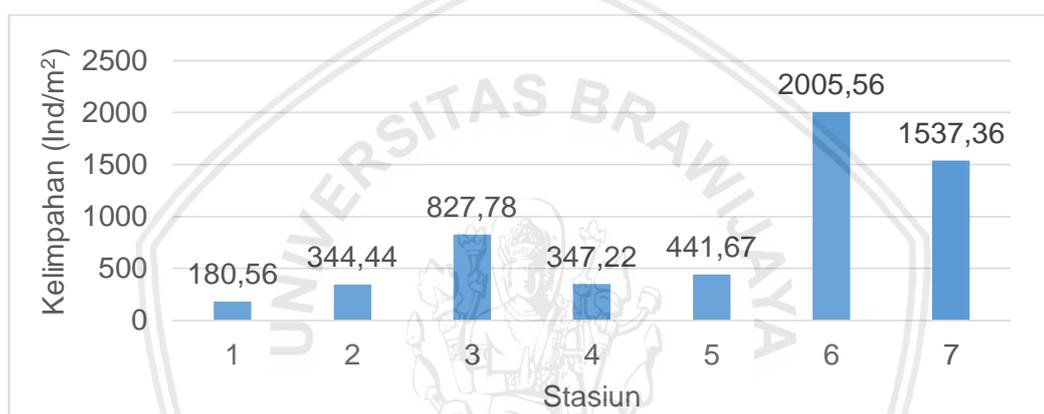
Tabel 7. Hasil Identifikasi Makrozoobentos

No.	Kelas	Famili	Jumlah individu pada Stasiun							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
1	Insecta	Hydropsychidae	9	-	-	-	-	-	-	9
		Ecnomidae	-	1	-	-	-	-	-	1
		Psychodidae	1	-	-	-	-	-	-	1
		Chironomidae	5	20	1	3	1	-	-	30
		Syrphidae	-	-	-	-	-	-	2	2
		Caenidae	-	8	-	2	1	-	-	11
		Baetidae	-	-	1	-	-	-	-	1
		Hygrobiidae	-	-	-	-	-	-	2	2
2	Turbellaria	Dugesidae	1	-	1	-	-	-	-	2
3	Gastropoda	Viviparidae	1	-	-	-	1	-	-	2
		Hydrobiidae	41	69	204	64	121	497	34	1030
		Thiaridae	7	21	42	33	13	169	58	343
		Bithynidae	-	-	-	1	1	1	14	17
		Physidae	-	-	-	-	2	-	-	2
		Planorbidae	-	-	-	-	-	1	-	1
4	Bivalvia	Sphaeridae	-	3	6	-	1	-	-	10
5	Hirudinea	Richardsonianidae	-	1	-	2	-	-	-	3
6	Clitellata	Tubificidae	-	1	8	3	-	5	2	19
		Hirudinidae	-	-	6	-	10	-	11	27
		Glossiphoniidae	-	-	15	7	6	38	91	157
		Lumbriculidae	-	-	14	10	2	11	-	37
Total			65	124	298	125	159	722	214	1707

Sumber: Data diolah (2019)

4.3.2 Kelimpahan Makrozoobentos

Kelimpahan adalah jumlah makrozoobentos yang didapatkan selama penelitian dalam setiap meter persegi. Hasil perhitungan kelimpahan yang diperoleh pada stasiun 1 sebesar 180,56 Ind/m², stasiun 2 sebesar 344,44 Ind/m², stasiun 3 sebesar 827,78 Ind/m², stasiun 4 sebesar 347,22 Ind/m², stasiun 5 sebesar 441,67 Ind/m², stasiun 6 sebesar 2005,56 Ind/m². Hasil kelimpahan makrozoobentos dapat dilihat pada Gambar 8 dan perhitungan kelimpahan makrozoobentos dapat dilihat pada **Lampiran 4**.



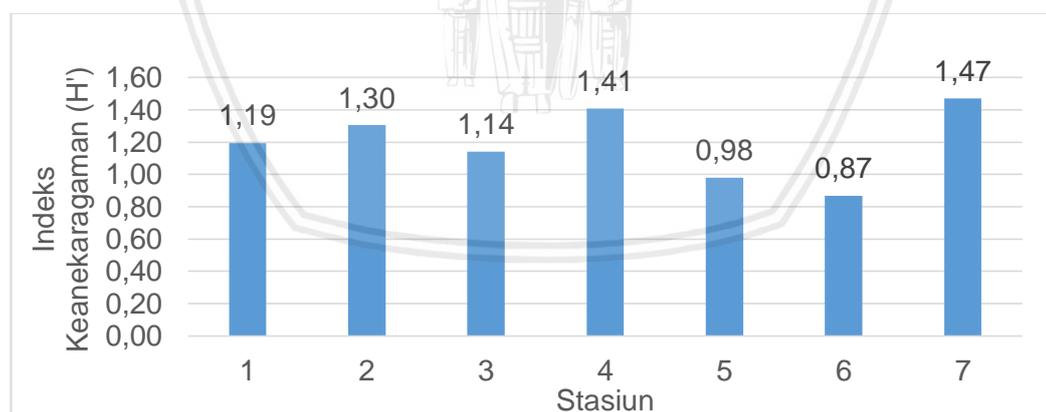
Gambar 8. Grafik Kelimpahan Makrozoobentos (Ind/m²)

Berdasarkan hasil pengamatan kelimpahan makrozoobentos di masing – masing stasiun pada Gambar 8, menunjukkan bahwa kelimpahan makrozoobentos berkisar antara 180,56 – 2005,56 Ind/m². Kelimpahan tertinggi terdapat pada stasiun 6 sebesar 2005,56 Ind/m² yang kemudian diikuti oleh stasiun 7 sebesar 1537,36 Ind/m², sedangkan yang terendah pada stasiun 1 sebesar 180,56 Ind/m². Nilai kelimpahan dapat dipengaruhi oleh tipe substrat serta tingkat adaptasi individu makrozoobentos terhadap kondisi perairan. Menurut Rahayu *et al.* (2015), adanya perbedaan kelimpahan makrozoobentos erat kaitannya dengan perbedaan ketersediaan bahan organik, substrat serta aktivitas manusia yang berada dikawasan perairan. Pada stasiun 6 banyak ditemukan kelas Gastropoda karena memiliki tipe substrat lumpur berpasir dengan kecepatan arus yang sangat

lambat, sedangkan pada stasiun 1 memiliki kecepatan arus yang tinggi dengan tipe substrat pasir berbatu. Gastropoda merupakan organisme yang mempunyai kisaran penyebaran yang luas di substrat berbatu, berpasir maupun berlumpur (Handayani *et al.*, 2001). Menurut Musthofa *et al.* 2014, sedimen dengan partikel yang halus memiliki kandungan bahan organik yang tinggi karena lingkungan yang tenang memungkinkan pengendapan lumpur yang diikuti proses akumulasi bahan organik ke dasar perairan, sehingga mempengaruhi perubahan struktur komunitas hewan makrobentos yang habitatnya didasar perairan.

4.3.3 Indeks Keanekaragaman

Hasil perhitungan keanekaragaman makrozoobentos yang didapatkan selama penelitian yaitu pada stasiun 1 sebesar 1,19, stasiun 2 sebesar 1,30, stasiun 3 sebesar 1,14, stasiun 4 sebesar 1,41, stasiun 5 sebesar 0,98, stasiun 6 sebesar 0,87 dan stasiun 7 sebesar 1,47. Hasil keanekaragaman dapat dilihat pada Gambar 9. Sedangkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos dapat dilihat pada **Lampiran 5**.



Gambar 9. Grafik Indeks Keanekaragaman (H')

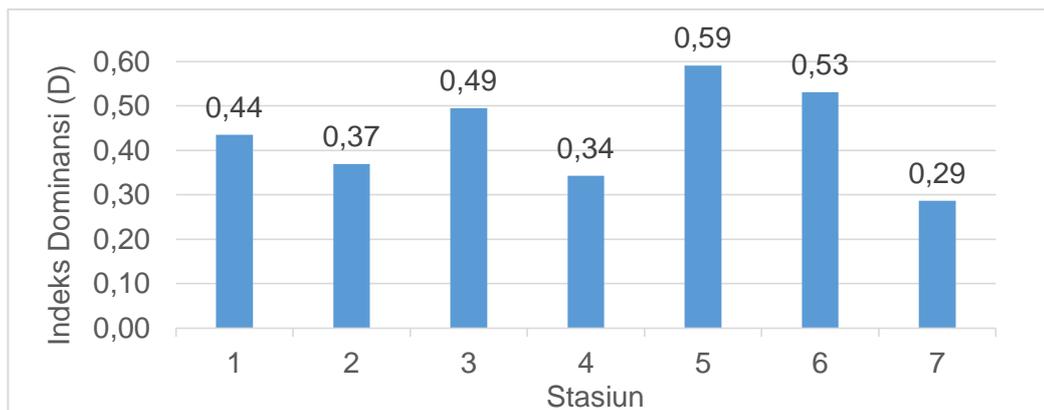
Berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos pada Gambar 9, menunjukkan bahwa kisaran indeks keanekaragaman pada stasiun pengamatan Tukad Badung berkisar antara 0,87 – 1,47, sehingga dikategori keanekaragaman sedang dan rendah. Pada stasiun 1, stasiun 2, stasiun

3, stasiun 4, dan stasiun 7 dikategorikan keanekaragaman sedang atau perairan tercemar sedang, sedangkan stasiun 5 dan stasiun 6 dikategorikan keanekaragaman rendah atau perairan tercemar berat. Pada stasiun 5 berada sangat dekat tempat pembuangan sampah dari pemukiman warga serta pada stasiun 6 berada dekat lahan persawahan yang mana aliran air buangnya langsung menuju ke badan sungai, sehingga adanya masukan limbah rumah tangga dan pertanian sehingga mempengaruhi nilai indeks keanekaragaman. Hal tersebut dibuktikan dengan ditemukannya kelas Clitellata (Tubificidae). Menurut Kinanti *et al.* (2014), *Tubifex* yang banyak ditemukan pada perairan yang dalam kondisi tercemar terutama pada pencemaran organik.

Menurut Fitriana (2006), bahwa nilai indeks keanekaragaman $1 < H' < 3,322$ menunjukkan keanekaragaman sedang, produktivitas cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang dan tekanan ekologis sedang. Nilai indeks keanekaragaman < 1 menunjukkan keanekaragaman rendah, miskin, produktivitasnya sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil. Nilai indeks keanekaragaman rendah menunjukkan hanya organisme tertentu saja yang dapat hidup di kondisi perairan tersebut, sebaliknya nilai indeks keanekaragaman tinggi menunjukkan banyak organisme yang dapat menghuni daerah tersebut.

4.3.4 Indeks Dominasi

Indeks dominasi digunakan untuk mengetahui adanya takson yang mendominasi pada stasiun pengamatan. Hasil perhitungan indeks dominasi selama penelitian didapatkan pada stasiun 1 sebesar 0,44, pada stasiun 2 sebesar 0,37, pada stasiun 3 sebesar 0,49, pada stasiun 5 sebesar 0,59, pada stasiun 6 sebesar 0,53 dan stasiun 7 sebesar 0,29. Hasil indeks dominasi makrozoobentos pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9. Perhitungan indeks dominasi dapat dilihat pada **Lampiran 6**.



Gambar 10. Grafik Indeks Dominansi (D)

Berdasarkan hasil perhitungan indeks dominansi makrozoobentos pada Gambar 10, menunjukkan bahwa kisaran nilai indeks dominansi yang didapatkan antara 0,29 – 0,59. Hasil indeks dominansi tertinggi terdapat pada stasiun 5 sebesar 0,59 kemudian diikuti stasiun 6 sebesar 0,53, sebaliknya pada stasiun 7 memiliki nilai indeks dominansi terendah sebesar 0,29. Menurut Suriani (2000), nilai indeks dominansi menunjukkan jenis yang paling dominan pada suatu perairan dan erat hubungannya dengan nilai indeks keanekaragaman dan saling mempengaruhi dalam menentukan tingkat kemantapan suatu spesies. Apabila nilai indeks dominansi semakin tinggi, maka nilai indeks keanekaragaman semakin rendah atau sebaliknya semakin rendah nilai indeks dominansi semakin tinggi indeks keanekaragaman.

Berdasarkan kriteria indeks dominansi pada stasiun 5 dan stasiun 6 menunjukkan adanya dominansi individu tertentu karena mendekati nilai 1. Menurut Fachrul (2008), bila nilai indeks dominansi mendekati 1 artinya struktur komunitas labil atau terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya. Pada stasiun tersebut jumlah kelas Gastropoda famili Hydrorbiidae banyak ditemukan. Hal tersebut juga diduga berkaitan dengan keadaan perairan atau jenis substrat yang mendukung bagi populasinya yakni lumpur berpasir atau sedimen yang memiliki partikel yang halus dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Selain itu jenis makrozoobentos ini memiliki sifat toleran terhadap perubahan yang ada diperairan.

4.3.5 Indeks BMWP-ASPT

Indeks BMWP-ASPT digunakan untuk mengetahui status perairan dengan mengidentifikasi makrozoobentos yang tinggal di badan air tersebut sesuai dengan tabel indeks BMWP-ASPT. Berdasarkan hasil perhitungan indeks BMWP-ASPT diperoleh pada stasiun 1 sebesar 4,71, stasiun 2 sebesar 4,29, stasiun 3 sebesar 2,7, stasiun 4 sebesar 3,22, stasiun 5 sebesar 3,73, stasiun 6 sebesar 3,29 dan stasiun 7 sebesar 3,38. Hasil indeks BMWP-ASPT dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Indeks BMWP-ASPT

No.	Famili	Skor BMWP pada tiap Stasiun						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Hydropsychidae	5	-	-	-	-	-	-
2	Ecnomidae	-	8	-	-	-	-	-
3	Psychodidae	8	-	-	-	-	-	-
4	Chironomidae	2	2	2	2	2	-	-
5	Syrphidae	-	-	-	-	-	-	2
6	Caenidae	-	7	-	7	7	-	-
7	Baetidae	-	-	4	-	-	-	-
8	Hygrobiidae	-	-	-	-	-	-	5
9	Dugesidae	3	-	3	-	-	-	-
10	Viviparidae	6	-	-	-	6	-	-
11	Hydrobiidae	3	3	3	3	3	3	3
12	Thiaridae	6	6	6	6	6	6	6
13	Bithynidae	-	-	-	6	6	6	6
14	Physidae	-	-	-	-	3	-	-
15	Planorbidae	-	-	-	-	-	3	-
16	Sphaeriidae	-	3	3	-	3	-	-
17	Richardsonianidae	-	0	-	0	-	-	-
18	Tubificidae	-	1	1	1	-	1	1
19	Hirudinidae	-	-	1	-	1	-	1
20	Glossiphoniidae	-	-	3	3	3	3	3
21	Lumbriculidae	-	-	1	1	1	1	-
Total Indeks BMWP		33	30	27	29	41	23	27
Nilai ASPT		4,71	4,29	2,7	3,22	3,73	3,29	3,38

Sumber : Data diolah (2019)

Berdasarkan hasil perhitungan indeks BMWP-ASPT pada tabel 8, menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh berkisar antara 2,7 – 4,71 yang berarti bahwa kondisi perairan Tukad Badung berada pada perairan dengan tingkat

pencemaran sedang sampai berat. Berdasarkan klasifikasi nilai ASPT stasiun 1 dan stasiun 2 tergolong dalam kategori perairan tingkat pencemaran sedang dengan nilai 4,79 dan 4,29, sedangkan stasiun 3 sampai stasiun 7 tergolong dalam kategori perairan tingkat pencemaran berat dengan nilai ASPT < 4. Menurut Rahman (2017), status perairan yang tercemar berat dapat disebabkan oleh keadaan arus yang lambat sehingga dapat terakumulasinya bahan organik di dasar perairan, dengan adanya pengkayaan bahan organik serta arus lambat akan terjadi modifikasi substrat menjadi berlumpur. Kondisi substrat seperti itu tentu akan mendukung keberadaan kelompok cacing (semua famili dari kelas Oligochata/Clitellata), siput, lintah serta larva nyamuk. Hal tersebut sesuai dengan banyak ditemukannya famili Chironomidae, Tubificidae, Lumbriculidae, Hydrobiidae dan Glossiphoniidae yang mempunyai skor rendah yaitu 3 – 1. Menurut Roziaty *et al.* (2017), famili Chironomidae dan Tubificidae merupakan makrozoobentos indikator untuk perairan yang tercemar dan termasuk organisme toleran terhadap pencemaran.

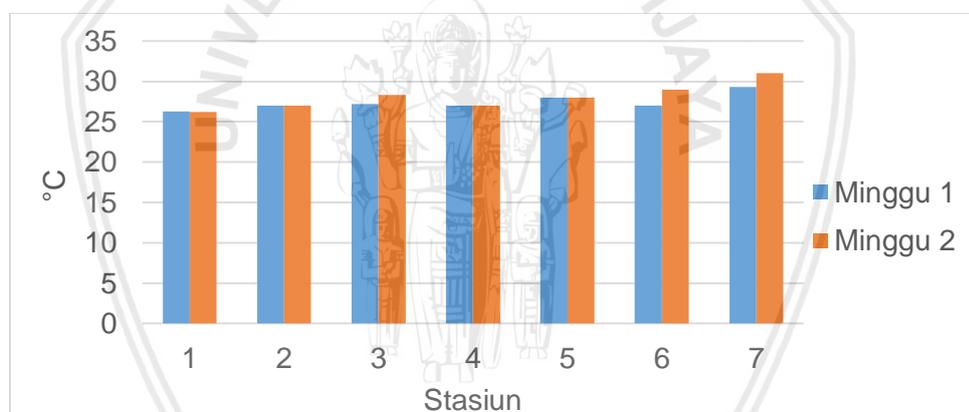
Dilihat dari hasil pengamatan nilai indeks BMWP-ASPT cenderung mengalami penurunan. Semakin rendah nilai BMWP-ASPT maka status perairan semakin menurun. Hal tersebut diduga karena aktivitas domestik pada daerah hulu sungai relatif sedikit/rendah sedangkan bagian tengah sampai hilir relatif tinggi, sehingga mendapat banyak tekanan beban pencemar dari berbagai aktivitas domestik yang tentunya mempengaruhi kualitas perairan dan keberadaan organisme. Salah satunya hewan makrobentos spesies *Tubifex* sp. (famili Tubificidae) merupakan organisme yang dapat bertahan pada kondisi perairan sungai dengan oksigen terlarut rendah (Roziaty *et al.*, 2017).

4.4 Analisis Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur meliputi fisika (suhu, kecepatan arus, TSS) dan kimia (pH, Oksigen terlarut, COD, Amonia). Pengukuran parameter kualitas air berupa suhu, kecepatan arus, pH dan oksigen terlarut dilakukan secara langsung (*in-situ*) pada setiap stasiun penelitian. Pengukuran parameter TSS, COD dan Amonia dilakukan secara *ex-situ* yaitu dilakukan pengukuran di UPT. Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali. Parameter kualitas air sangat mempengaruhi keberadaan organisme perairan didalamnya secara langsung namun sering berubah dikarenakan sungai yang bersifat dinamis.

4.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu



Gambar 11. Grafik Hasil Pengukuran Suhu (°C)

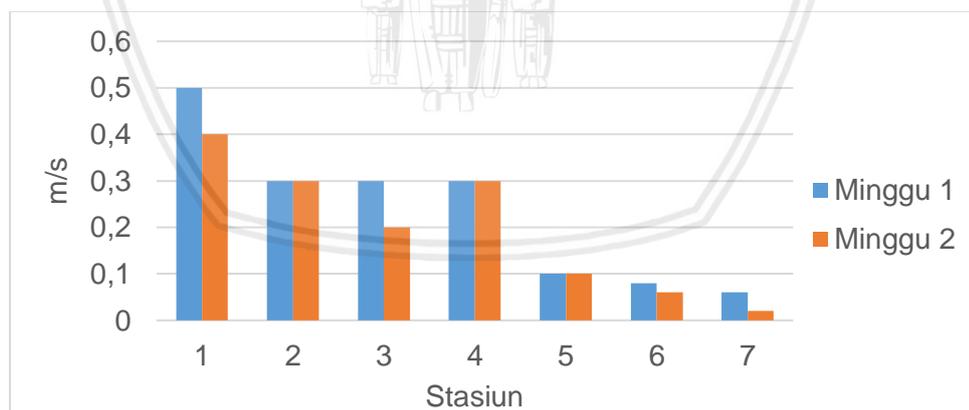
Berdasarkan pada Gambar 11 di atas, diketahui bahwa rata – rata suhu perairan Tukad Badung dari stasiun 1 sampai stasiun 7 berkisar antara 26 - 31 °C. Suhu terendah terdapat pada stasiun 1, sedangkan suhu tertinggi terdapat pada stasiun 7. Perbedaan tersebut disebabkan oleh ada tidaknya vegetasi disekitar aliran sungai dan waktu pengamatan. Pada stasiun 1 sebagian besar aliran banyak terdapat vegetasi pohon bambu, sedangkan stasiun 7 adalah area hilir dimana merupakan daerah terbuka dan sedikit adanya vegetasi.

Faktor yang mempengaruhi suhu air yaitu besar atau kecilnya intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam perairan, waktu pengamatan serta ada atau

tidaknya vegetasi yang berada di sekitaran sungai. Menurut Marlina *et al.* (2017), tingginya suhu disebabkan oleh tingginya intensitas sinar matahari yang masuk ke badan air, karena lokasi pengamatan yang merupakan daerah terbuka. Kerapatan vegetasi disekitar bantaran sungai mempengaruhi suhu air, sebab semakin banyak vegetasi yang ada di bantaran sungai, maka radiasi dari sinar matahari akan sedikit mengenai badan air.

Kisaran suhu yang didapatkan tergolong normal untuk proses kehidupan makrozoobentos. Setiap organisme benthos memiliki toleransi yang berbeda – beda terhadap suhu, kisaran suhu optimum bagi bentos khususnya bivalvia berkisar 25 - 28 °C (Islami, 2013). Pernyataan tersebut sesuai dengan Rahman (2009), untuk perkembangan makrozoobentos, suhu optimum berkisar antara 20 - 30 °C, namun pada kisaran suhu yang tinggi yaitu 33 - 50 °C menyebabkan terjadinya gangguan perkembangan siklus hidup, dan apabila terjadi penurunan suhu dapat menyebabkan perpanjangan waktu regenerasi.

b. Kecepatan Arus



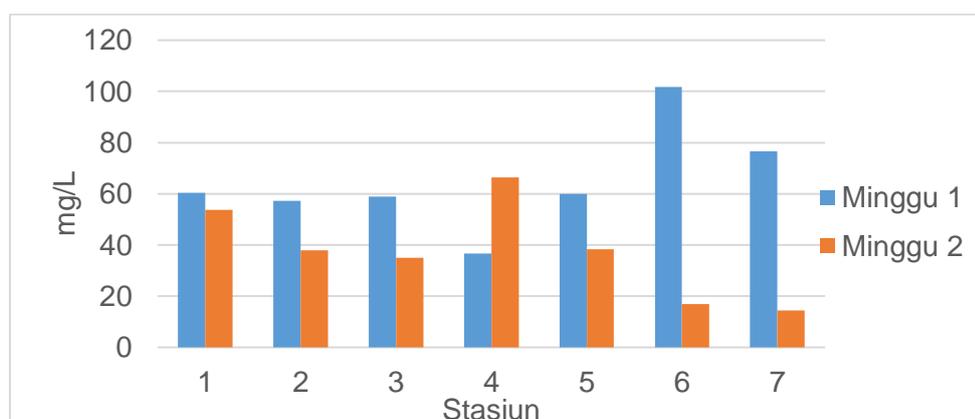
Gambar 12. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Arus

Berdasarkan pada Gambar 12 diatas, diketahui bahwa rata – rata kecepatan arus Tukad Badung berkisar antara 0,02 – 0,5 m/s. Selama 2 minggu penelitian didapatkan nilai kecepatan arus tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,5 m/s dan 0,4 m/s, sedangkan kecepatan arus terendah terdapat pada

stasiun 7 sebesar 0,06 m/s dan 0,02 m. Trend pada kecepatan arus mengalami penurunan, hal tersebut dikarenakan semakin ke arah hilir cenderung semakin landai berdasarkan tipe dasar sungai, jenis substrat dan lebar sungai. Pada stasiun 1 merupakan bagian hulu sungai yang memiliki jenis substrat berbatu, lebar sungai yang sempit dengan dasar sungai curam dibandingkan stasiun 7 merupakan bagian hilir sungai memiliki jenis substrat berlumpur, lebar sungai yang lebih besar dengan dasar sungai landai sehingga aliran air cenderung sangat lambat. Menurut Djumanto (2013), perbedaan kecepatan arus dipengaruhi oleh tipe dasar, lebar sungai dan adanya hambatan aliran, yang mana dasar sungai yang curam memiliki kecepatan arus yang tinggi dibandingkan landai.

Hasil kisaran yang didapatkan menunjukkan bahwa kecepatan arus pada Tukad Badung dalam kategori arus sangat lambat sampai arus sedang. Menurut Bakti (1991), kategori arus berdasarkan kecepatannya yaitu arus sangat cepat sekitar >1 m/s, arus cepat 0,5-1 m/s, arus sedang 0,2-0,5 m/s, arus lambat 0,1-0,2 m/s dan arus sangat lambat $<0,1$ m/s. Arus merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi persebaran organisme, terutama makrozoobentos. Di perairan mengalir seperti sungai, kecepatan arus berperan dalam transpor bahan organik dan menentukan tipe substrat sebagai habitat bentos (Djumanto *et al.*, 2013).

c. TSS (*Total Suspended Solid*)



Gambar 13. Grafik Hasil Pengukuran TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan pada Gambar 13, diketahui bahwa rata – rata TSS Tukad Badung berkisar antara 14,33 – 101,67 mg/L. Nilai TSS yang terendah pada minggu pertama terdapat pada stasiun 4 yaitu sebesar 36,67 mg/L, sedangkan nilai TSS yang tertinggi terdapat pada stasiun 6 yaitu sebesar 101,67 mg/L, karena pada saat pengambilan sampel air terdapat masukan air yang menyebabkan volume air menjadi meningkat sehingga partikel suspensi yang dihasilkan tinggi didukung dengan keadaan substrat berlumpur yang mudah teraduk. Menurut Djumanto *et al.* (2013), gerakan aliran air menyebabkan air sungai teraduk – aduk, sehingga lumpur dan endapan material organik didasar sungai akan teraduk dan terangkat menuju kolom air sungai.

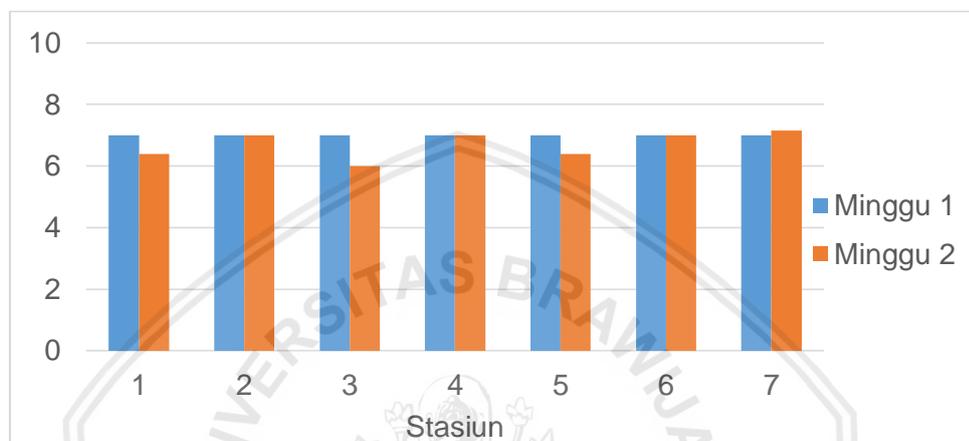
Pada minggu kedua, nilai tertinggi terdapat pada stasiun 4 yaitu sebesar 66,33 mg/L, karena pada saat pengambilan sampel terdapat masukan limbah domestik dari pemukiman yang berada disekitar aliran sungai sedangkan yang terendah pada stasiun 7 yaitu sebesar 14,33 mg/L, dikarenakan arus yang sangat lambat dan partikel yang tidak larut dalam air, memungkinkan partikel padatan tersebut terendap di dasar perairan. Menurut Kinanti *et al.* (2014), pengendapan partikel didasar perairan tergantung pada arus air, jika arus air kuat maka partikel yang mengendap berukuran besar, jika arus air tidak kuat partikel yang mengendap memiliki ukuran yang lebih kecil. Faktor TSS dipengaruhi oleh kecepatan arus, substrat dasar sungai serta limpasan padatan dari daratan yang masuk ke perairan. Menurut Putri *et al.* (2016), sumber dari padatan tersuspensi berasal dari padatan anorganik dan organik serta cairan tak larut seperti lemak dan minyak. Nilai TSS yang tinggi dan berlebih dapat mencemari perairan.

Kandungan TSS diperairan juga dapat mempengaruhi organisme yang mendiaminya, khususnya makrozoobentos yang mendiami dasar perairan. Menurut Mustofa (2018), dampak meningkatnya kandungan total padatan tersuspensi diperairan menyebabkan terjadinya perubahan kelimpahan dengan

melakukan perpindahan habitat yang baru. Pada umumnya makrozoobentos dapat dijumpai dalam jumlah banyak pada substrat lumpur berpasir hingga lumpur dibandingkan pada substrat pasir.

4.4.2 Parameter Kimia

a. pH



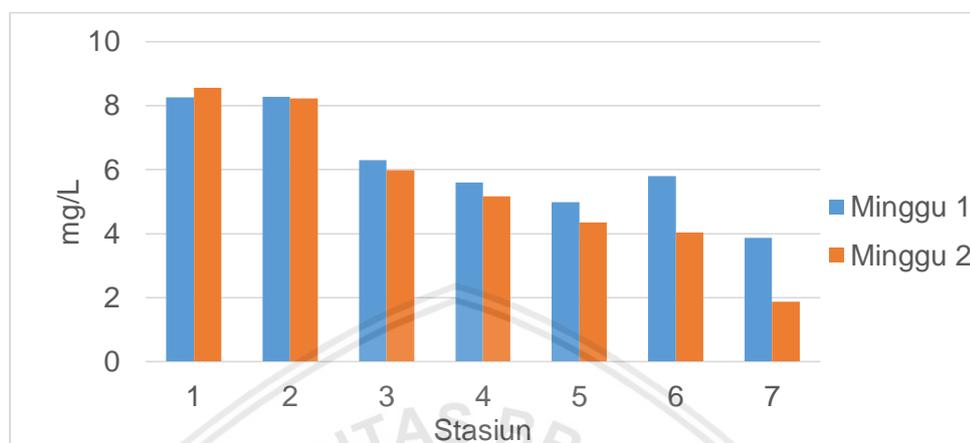
Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran pH

Berdasarkan Gambar 14 diatas, diketahui bahwa nilai rata – rata pH perairan Tukad Badung berkisar antara 6 – 7,15. Kisaran nilai pH tersebut tergolong baik karena masih pada kisaran yang optimal bagi kehidupan organisme air. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Gundo (2010), pH yang baik untuk kehidupan biota perairan adalah berkisar 6,8 – 8,5. Menurut Juwita (2017), makrozoobentos memiliki kisaran toleransi terhadap pH yang berbeda – beda, seperti gastropoda lebih banyak ditemukan pada perairan dengan pH diatas 7. Pada penelitian ini hampir semua stasiun ditemukan kelas gastropoda dalam jumlah yang banyak daripada kelas yang lain.

Nilai pH dapat mempengaruhi keberadaan komunitas biologi perairan. Organisme dapat bertahan dalam pH yang optimum, apabila pH terlalu tinggi atau rendah mempengaruhi ketahanan hidup organisme didalamnya. Menurut Effendi (2003), nilai pH berkisar 6,0 – 6,5 mempengaruhi keanekaragaman bentos sedikit

menurun, sedangkan nilai pH < 5 menyebabkan penurunan kelimpahan total dan keanekaragaman bentos.

b. Oksigen terlarut



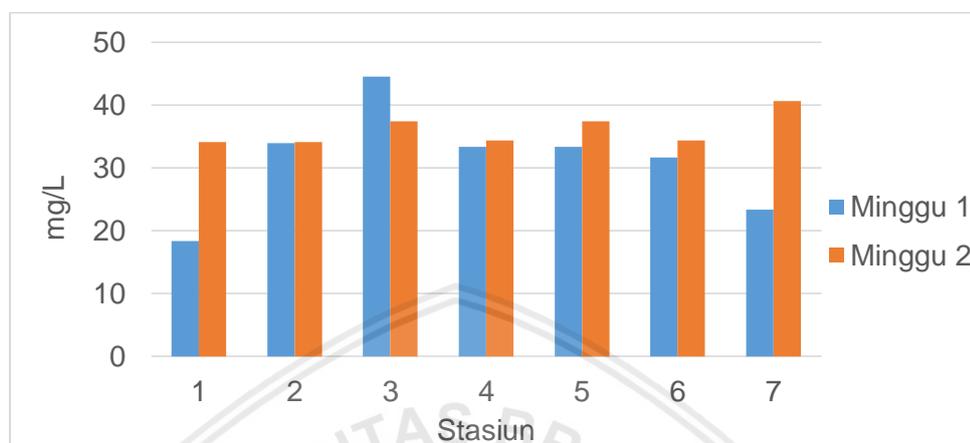
Gambar 15. Grafik Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut

Berdasarkan pada Gambar 15, diketahui bahwa nilai rata - rata oksigen terlarut Tukad Badung berkisar antara 1,87 mg/L – 8,56 mg/L. Pada penelitian selama 2 minggu, didapatkan nilai oksigen terlarut tertinggi pada stasiun 1 sebesar 8,267 mg/L dan 8,56 mg/L, sedangkan nilai oksigen terlarut terendah pada stasiun 7 sebesar 1,87 mg/L dan 3,87 mg/L. Hasil pengukuran tersebut karena pengaruh dari suhu. Semakin tinggi suhu maka oksigen terlarut semakin rendah. Menurut Effendi (2003), kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi, hal tersebut tergantung pada suhu. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin rendah.

Oksigen terlarut dalam perairan salah satu sebagai penentu karakteristik kualitas air yang penting dalam kehidupan akuatis. Keberadaan oksigen terlarut sangat berkaitan dengan adanya bahan organik yang masuk ke dalam perairan. Menurut Fardiaz (1992), berkurangnya oksigen terlarut di perairan karena adanya bahan – bahan buangan yang mudah dibusukkan atau diuraikan oleh bakteri dengan adanya oksigen, sehingga semakin tinggi bahan buangan tersebut semakin menurun oksigen terlarut. Kandungan oksigen terlarut dalam perairan

minimal 2 mg/L yang sudah mampu mendukung kehidupan makrobentos secara normal diperairan tropis (Putri *et al.*, 2017).

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)



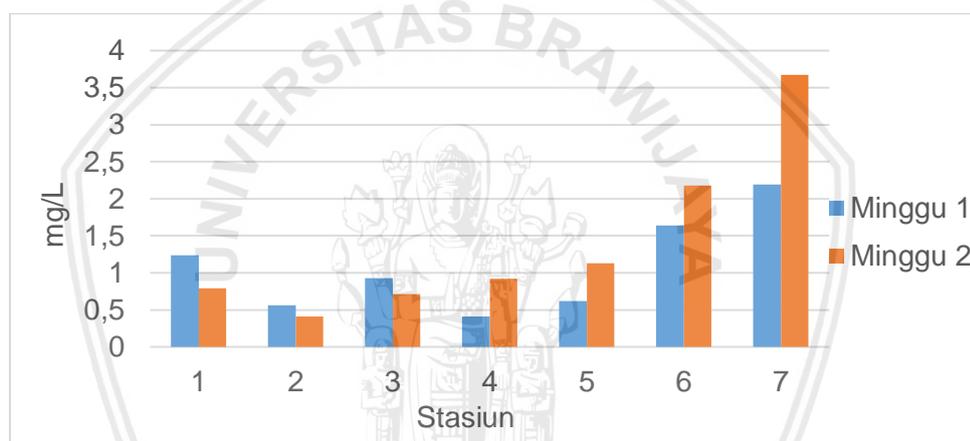
Gambar 16. Grafik Hasil Pengukuran COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan pada Gambar 16, diketahui bahwa nilai rata – rata COD Tukad Badung berkisar 18,33 mg/L – 44,52 mg/L. Pada minggu pertama nilai COD tertinggi terdapat di stasiun 3 sebesar 44,52 mg/L, hal tersebut dikarenakan aliran air sungai membawa limbah peternakan yang berasal dari stasiun sebelumnya dan juga posisi titik sampling berada setelah adanya masukan dari anak sungai, sehingga diindikasikan tingginya nilai COD disebabkan oleh adanya masukan bahan organik yang tinggi. Sedangkan pada minggu kedua, nilai COD tertinggi terdapat pada stasiun 7 sebesar 40,64 mg/L. Berdasarkan baku mutu air Pergub Bali No.16 Tahun 2016 nilai COD melebihi baku mutu. Hal tersebut tentunya dipengaruhi oleh meningkatnya buangan bahan organik ke badan air. Perairan yang memiliki nilai COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L (Effendi, 2003).

Penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan bahan organik. Bahan organik dapat berasal dari alam ataupun dari aktivitas rumah tangga, dimana aliran Tukad Badung berada di Kota Denpasar

yang padat pemukiman, sehingga sebagian besar bahan organik berasal dari kotoran hewan dan manusia, sampah organik atau limbah rumah tangga yang dapat meningkatkan kandungan bahan organik di perairan. Menurut Choirudin *et al.* (2014), jika bahan organik melebihi ambang batas sewajarnya maka kedudukan bahan organik dianggap sebagai pencemar. Semakin tingginya bahan organik maka semakin tinggi juga nilai COD, karena terjadinya proses penguraian bahan organik yang dilakukan mikroorganisme aerob sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen terlarut dan menurunkan kadar oksigen di perairan.

d. Amonia



Gambar 17. Grafik Hasil Pengukuran Amonia

Berdasarkan pada Gambar 17, diketahui bahwa nilai rata - rata amonia di perairan Tukad Badung selama 2 minggu memiliki kisaran 0,41 mg/L – 3,67 mg/L. Selama penelitian 2 minggu, nilai amonia tertinggi terdapat pada stasiun 7 sebesar 3,67 mg/L dan 2,19 mg/L, sedangkan nilai amonia terendah pada minggu pertama pada stasiun 4 dan pada minggu kedua pada stasiun 2. Trend kadar amonia dalam 2 minggu pada masing – masing stasiun mengalami peningkatan. Kisaran amonia pada Tukad Badung sudah melebihi baku mutu air berdasarkan Pergub Bali No.16 Tahun 2016 bagi perikanan $\leq 0,02$ mg/L. Hal tersebut diindikasikan adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik yang langsung dibuang ke badan air sungai, dimana sepanjang aliran Tukad Badung berada di

daerah padat pemukiman penduduk. Menurut Rizal *et al.* (2017), sumber amonia adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur, dekomposisi limbah pada kondisi anaerob dan limbah domestik. Selain itu juga berasal dari tinja biota maupun manusia yang merupakan limbah dari hasil metabolisme dapat menyumbang kadar amonia di perairan.

Kadar amonia yang tinggi dapat membahayakan organisme perairan karena sifat amonia yang toksik dalam jumlah yang melebihi batas aman. Menurut Effendi (2003), nilai maksimum amonia yang ditolerir bagi organisme air tawar tidak lebih dari 1 mg/L. Avertebrata air lebih toleran terhadap toksisitas amonia daripada ikan. Peningkatan toksisitas amonia akan terjadi jika terdapat penurunan oksigen terlarut, pH dan suhu.

4.5 Analisis Kualitas Air Berdasarkan Metode STORET

Pada penelitian ini, metode STORET digunakan untuk menentukan status mutu air pada Tukad Badung Kota Denpasar. Perhitungan menggunakan metode STORET dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran parameter kualitas air (fisika dan kimia) selama 2 minggu penelitian dengan baku mutu air sesuai peruntukannya guna menentukan status mutu air (Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016).

a. Stasiun 1

Hasil perhitungan kualitas air dengan metode STORET pada stasiun 1 didapatkan nilai skor sebesar -23 (lihat pada Tabel 9). Berdasarkan klasifikasi US-EPA status mutu kualitas air Tukad Badung pada stasiun 1 telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia.

Tabel 9. Perhitungan Metode STORET Stasiun 1

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	26,3	26,2	26,25	
2	Kec. Arus	m/s		0,5	0,4	0,45	
3	TSS	mg/L	50	60,33	53,67	57	-5
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	6,4	6,6	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	8,56	8,27	8,415	0
6	COD	mg/L	25	34,15	18,33	26,24	-8
7	Amonia	mg/L	0,02	1,24	0,79	1,02	-10
Total Skor							-23

b. Stasiun 2

Pada stasiun 2 didapatkan hasil perhitungan kualitas air dengan nilai sebesar -21 (lihat pada Tabel 10). Nilai skor tersebut menunjukkan bahwa mutu air pada stasiun 2 dikategorikan telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia.

Tabel 10. Perhitungan Metode STORET Stasiun 2

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	27	27	27	
2	Kec. Arus	m/s		0,3	0,3	0,3	
3	TSS	mg/L	50	57,33	38	47,67	-1
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	7	7	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	8,27	8,22	8,25	0
6	COD	mg/L	25	34,15	33,98	34,07	-10
7	Amonia	mg/L	0,02	0,56	0,41	0,49	-10
Total Skor							-21

c. Stasiun 3

Hasil perhitungan skoring pada stasiun 3 didapatkan nilai sebesar -21 (lihat pada Tabel 11). Nilai skor tersebut menunjukkan bahwa pada stasiun 3 Tukad Badung dikategorikan telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia.

Tabel 11. Perhitungan Metode STORET Stasiun 3

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	28,3	27,2	27,75	
2	Kec. Arus	m/s		0,3	0,2	0,25	
3	TSS	mg/L	50	59	35	47	-1
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	6	6,26	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	6,3	5,98	6,14	0
6	COD	mg/L	25	44,52	37,39	40,96	-10
7	Amonia	mg/L	0,02	0,93	0,71	0,82	-10
Total Skor							-21

d. Stasiun 4

Hasil perhitungan kualitas air pada stasiun 4 didapatkan nilai skor sebesar -24 (lihat pada Tabel 12). Berdasarkan klasifikasi US-EPA status mutu kualitas air pada stasiun 4 telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia

Tabel 12. Perhitungan Metode STORET Stasiun 4

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	27	27	27	
2	Kec. Arus	m/s		0,3	0,3	03	
3	TSS	mg/L	50	66,33	36,67	51,5	-4
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	7	7	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	5,59	5,17	5,38	0
6	COD	mg/L	25	34,38	33,33	33,86	-10
7	Amonia	mg/L	0,02	0,92	0,41	0,67	-10
Total Skor							-24

e. Stasiun 5

Pada stasiun 5 didapatkan hasil pengukuran kualitas air dengan nilai skor sebesar -21 (lihat pada Tabel 13). Nilai skor tersebut menunjukkan bahwa pada stasiun 5 Tukad Badung dikategorikan telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia.

Tabel 13. Perhitungan Metode STORET Stasiun 5

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	28	28	28	
2	Kec. Arus	m/s		0,1	0,1	01	
3	TSS	mg/L	50	60	38,33	49,17	-1
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	6,4	6,6	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	4,98	4,35	4,67	0
6	COD	mg/L	25	37,41	33,33	35,37	-10
7	Amonia	mg/L	0,02	1,13	0,62	0,88	-10
Total Skor							-21

f. Stasiun 6

Hasil perhitungan kualitas air pada stasiun 6 didapatkan nilai skor sebesar -24 (lihat pada Tabel 14). Merujuk pada klasifikasi US-EPA status mutu kualitas air pada stasiun 6 telah tercemar sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, COD dan amonia.

Tabel 14. Perhitungan Metode STORET Stasiun 6

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	29	27	28	
2	Kec. Arus	m/s		0,08	0,06	0,07	
3	TSS	mg/L	50	101,67	17	59,34	-4
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7	7	7	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	5,79	4,03	4,91	0
6	COD	mg/L	25	34,38	31,67	33,03	-10
7	Amonia	mg/L	0,02	2,18	1,64	1,91	-10
Total Skor							-24

g. Stasiun 7

Hasil perhitungan kualitas air dengan metode STORET pada stasiun 1 didapatkan nilai skor sebesar -29 (lihat pada Tabel 15). Berdasarkan klasifikasi US-EPA status mutu kualitas air Tukad Badung pada stasiun 1 telah tercemar

sedang. Parameter yang melampaui baku mutu yaitu TSS, oksigen terlarut, COD dan amonia.

Tabel 15. Perhitungan Metode STORET Stasiun 7

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Pergub Bali No.16 Th. 2016)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata - rata	Hasil Skor
Parameter Fisika							
1	Suhu	°C	Deviasi 3	31	29,3	30,15	
2	Kec. Arus	m/s		0,06	0,02	0,04	
3	TSS	mg/L	50	76,67	14,33	45,50	-1
Paramter Kimia							
4	pH	-	6 s/d 9	7,15	7	7,068	0
5	Oksigen terlarut	mg/L	4	3,87	1,87	2,87	-10
6	COD	mg/L	25	40,64	23,33	31,99	-8
7	Amonia	mg/L	0,02	3,67	2,19	2,93	-10
Total Skor							-29

4.6 Analisis Hubungan Kualitas Air dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis faktor dan regresi berganda antara variabel independen (kelimpahan makrozoobentos) dengan variabel dependen (parameter kualitas air). Hasil pengolahan data analisis faktor dan uji regresi linear berganda dapat dilihat pada **Lampiran 8**. Berikut hasil analisis faktor dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Analisis Faktor

	Component	
	1	2
Suhu	0,951	-0,264
Kecepatan arus	-0,903	0,206
TSS	-0,262	0,643
pH	0,487	0,696
Oksigen terlarut	-0,919	0,077
COD	0,142	-0,895
Amonia	0,877	0,154

Berdasarkan Tabel 15, terbentuk dua faktor yaitu faktor 1 dan faktor 2 dengan masing – masing nilai korelasi antar variabel independen (parameter kualitas air). Dilihat dari besarnya nilai korelasi maka yang termasuk faktor 1 adalah suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus dan amonia, sedangkan faktor 2

adalah COD, pH dan TSS. Dapat disimpulkan bahwa faktor 1 merupakan faktor utama yang mempengaruhi variabel dependen (kelimpahan makrozoobentos) dengan nilai korelasi yang tinggi. Hal tersebut diperkuat melalui uji regresi linear berganda. Berikut hasil analisis regresi hubungan kualitas air dengan kelimpahan dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

Model Summary					
Model	R	R square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	0,771	0,595	0,392	0,77956133	
ANOVA					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3,569	2	1,785	2,937	0,164
Residual	2,431	4	0,608		
Total	6,000	6			
Coefficients					
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
Constant	8,813E-16	0,295		0,000	1,000
Faktor 1	0,770	0,318	0,770	2,418	0,073
Faktor 2	0,050	0,318	0,050	0,157	0,883

Berdasarkan dari Tabel 17 dengan menggunakan taraf kepercayaan 90% ($\alpha=0,1$) nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,771. Nilai ini memberikan informasi bahwa hubungan suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus, amonia, COD, pH dan TSS secara simultan terhadap kelimpahan makrozoobentos memiliki hubungan yang erat. Nilai determinasi R^2 pada hasil analisis regresi yaitu 0,595 atau 59,5%, artinya bahwa variabel Y (kelimpahan makrozoobentos) di Tukad Badung dipengaruhi oleh variabel X meliputi suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus, amonia, COD, pH dan TSS secara simultan, sedangkan 40,5% lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai signifikan sebesar $0,164 > 0,1$ dan nilai $F_{hitung} 2,937 < F_{tabel} 3,78$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh tetapi tidak signifikan meliputi suhu, oksigen terlarut,



kecepatan arus, amonia, COD, pH dan TSS secara simultan terhadap kelimpahan makrozoobentos.

Berdasarkan nilai koefisien beta, faktor 1 (suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus, amonia) memiliki nilai yang paling besar yakni sebesar 0,770 maka dapat disimpulkan bahwa faktor 1 (suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus, amonia) memiliki pengaruh dominan terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan nilai signifikansi sebesar $0,073 < 0,1$ dan nilai $t_{hitung} 2,418 > t_{tabel} 2,132$. Sedangkan untuk pengaruh faktor 2 (COD, pH dan TSS) terhadap kelimpahan makrozoobentos didapatkan nilai signifikansi sebesar $0,883 > 0,1$ dan nilai $t_{hitung} 0,157 < t_{tabel} 2,132$, sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor 2 (COD, pH dan TSS) tidak terdapat pengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos.

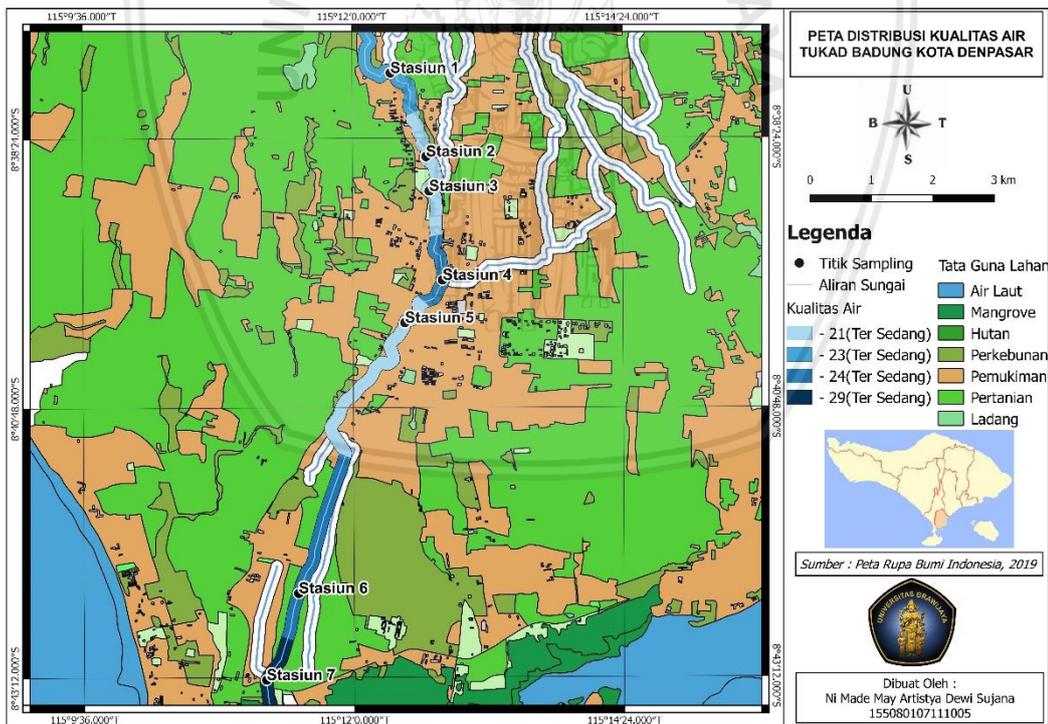
Menurut Elkarmi dan Ismail (2007), pada umumnya peningkatan suhu air sampai dengan skala tertentu akan mempercepat perkembangbiakan organisme perairan, suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan tingkat metabolisme kelas gastropoda (*M. Tuberculata*) yang dapat mencapai 30 dan 19,6 mm. Peningkatan suhu berbanding terbalik dengan oksigen terlarut. Oksigen terlarut yang rendah mempengaruhi jenis makrozoobentos yang hidup didaerah tersebut. Pada habitat perairan tawar, larva air yaitu "*stoneflies*" dan "*mayflies*" adalah invertebrata yang pertama menghilang atau tidak ada pada kadar oksigen rendah, sedangkan filum Annelida (*Tubifex*) dapat bertahan dan berkembang pada perairan yang memiliki kadar oksigen terendah (Starr *et al.*, 2011).

Pengaruh kecepatan arus pada kelimpahan makrozoobentos yaitu pola persebarannya, diperairan sungai yang memiliki arus yang kuat/tinggi menyebabkan organisme makrozoobentos terbawa ke arah hilir atau berpindah pada lokasi yang sesuai untuk habitatnya (Rahman, 2009). Lain halnya dengan amonia, memberi pengaruh terhadap laju mortalitas dari organisme makrozoobentos. Menurut Fisesa *et al.* (2014), kadar amonia tinggi

mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik sehingga menimbulkan tekanan ekologis dengan mempengaruhi penurunan oksigen terlarut, hanya organisme yang toleran dapat beradaptasi pada keadaan tersebut salah satunya dari kelas Oligochaeta/Clitellata. Sehingga terdapat komunitas makrozoobentos yang hilang atau tidak toleran terhadap perubahan lingkungan.

4.7 Peta Zona Distribusi Spasial Kualitas Air

Hasil pengolahan data kualitas air menggunakan software Quantum GIS 2.18.4. Pembuatan peta ini bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial kualitas air dan tingkat pencemaran di Tukad Badung berdasarkan input dari hasil nilai total skor menggunakan metode STORET. Peta distribusi kualitas air dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Peta Distribusi Kualitas Air

Berdasarkan Gambar 18, peta tersebut menggambarkan status mutu air di Tukad Badung yang menjadi lokasi penelitian tergolong tercemar sedang. Hal ini dicirikan dengan hasil skoring STORET di setiap stasiunnya secara berturut – turut

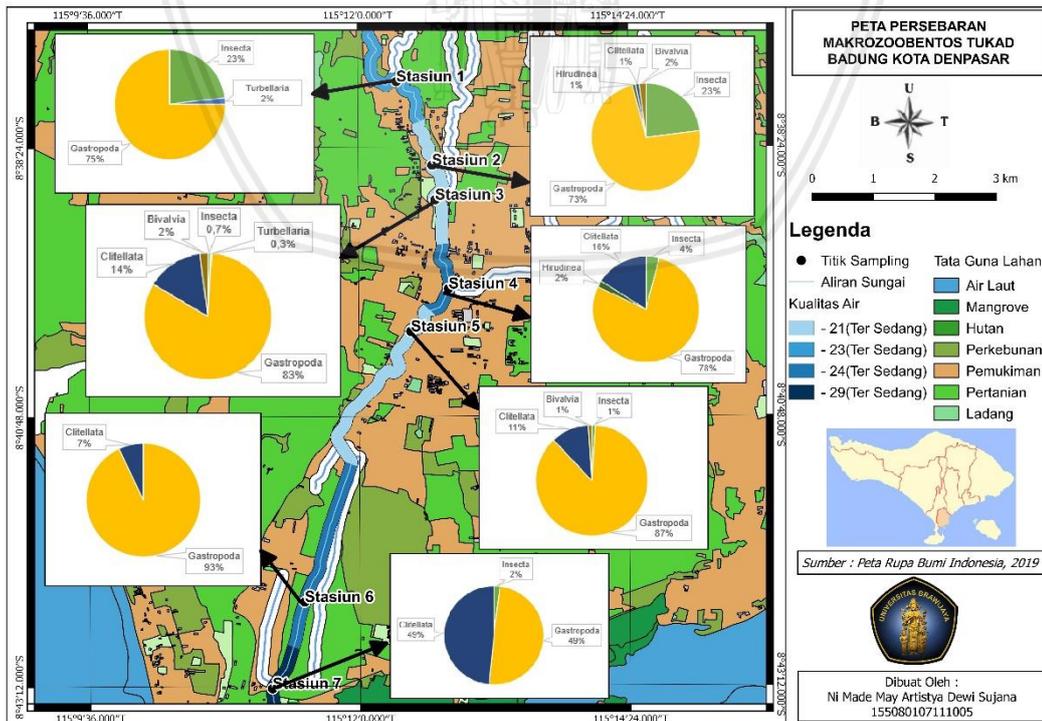
bernilai -23, -21, -21, -24, -21, -24, -29. Gradasi warna yang ditampilkan dalam Gambar 18 menunjukkan perbedaan total skor setiap stasiun. Warna biru muda menandakan total skor terendah, semakin mendekati warna biru tua menandakan peningkatan nilai total skor. Total skor tertinggi berada pada stasiun 7 yaitu -29. Stasiun 7 merupakan daerah yang mewakili muara, sehingga limbah yang berasal dari hulu akan tertampung pada bagian hilir sungai. Perbedaan nilai total skor pada setiap stasiun ditunjukkan dengan penurunan dan kenaikan skor disebabkan oleh adanya fluktuasi air sungai dan aktivitas manusia sekitar aliran sungai yang dipengaruhi oleh pemanfaatan lahan. Hal tersebut juga didukung oleh beberapa faktor lingkungan seperti kecepatan arus sungai dan substrat. Ketika terjadi peningkatan volume debit air akibat adanya masukan dari aliran sungai lain dan adanya kecepatan arus yang tinggi dengan dasar sungai berbatu dibantu dengan terjadi pengadukan menyebabkan terakumulasinya beban pencemar rendah, begitu sebaliknya dengan arus yang lambat dan dasar sungai berlumpur menyebabkan terakumulasi beban pencemar tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Effendi (2003), meningkatnya debit air dan kecepatan arus menyebabkan meningkatnya pula erosi bahan – bahan alam yang terlarut ke suatu badan air, namun bahan – bahan antropogenik yang memasuki badan air mengalami penurunan karena terjadi proses pengenceran sehingga nilai skor mengalami penurunan. Begitu juga dengan pernyataan Irmawan *et al.* (2010), kondisi lingkungan dengan sedimen yang halus dan arus yang agak tenang memungkinkan pengendapan lumpur yang diikuti akumulasi bahan organik ke dasar perairan sehingga nilai skor mengalami kenaikan sesuai dengan kecepatan arus pada stasiun 6 dan stasiun 7 yang tergolong sangat lambat ($< 0,1$ m/s).

Sepanjang aliran Tukad Badung Kota Denpasar sebagian besar melintasi pemukiman padat penduduk yang memungkinkan segala limbah dari aktivitas rumah tangga dapat secara langsung dialirkan ke badan air tanpa diolah terlebih

dahulu. Pemanfaatan lahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap ada tidaknya masukan limbah ke badan air. Semakin meningkatnya pemanfaatan lahan disekitar sungai dapat memberikan dampak buruk terhadap perairan sehingga tentunya dapat menurunkan status mutu air. Apabila pada suatu daerah didominasi oleh wilayah pemukiman maka yang terdapat dilingkungan yaitu limbah domestik, sama halnya dengan wilayah pertanian maupun industri. Sehingga perlu adanya perhatian dan pengelolaan terhadap suatu wilayah secara menyeluruh, tidak hanya pada satu titik tertentu agar dampak yang ditimbulkan dalam lingkungan tidak berdampak buruk terhadap masyarakat.

4.8 Peta Persebaran Kelimpahan Makrozoobentos

Peta persebaran kelimpahan makrozoobentos dibuat bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial kelimpahan makrozoobentos yang ditemukan pada setiap stasiun penelitian berdasarkan hasil input dari persentase kelimpahan. Peta persebaran makrozoobentos dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Peta Persebaran Makrozoobentos

Berdasarkan Gambar 19, peta tersebut menunjukkan gambaran persentase kelimpahan makrozoobentos pada masing – masing stasiun penelitian. Kelompok organisme yang banyak ditemukan diseluruh stasiun penelitian yaitu dari kelas Gastropoda dengan persentase kelimpahan >50%. Hal tersebut menandakan bahwa kelas Gastropoda merupakan organisme yang memiliki persebaran yang luas, dimana organisme ini dapat hidup diberbagai tipe substrat mulai dari substrat pasir, batu, lumpur dan lainnya. Kemampuan adaptasi yang tinggi didukung oleh struktur tubuh yang bercangkang sehingga dapat memperkecil pengaruh hempasan arus dan sifat hidupnya yang menempel serta dapat menggali lubang pada substrat habitatnya (Hawari *et al.*, 2014). Maka dari itu gastropoda banyak ditemukan selama penelitian.

Adaptasi kelas gastropoda berbeda dengan hewan bentos lainnya seperti kelas Insecta. Dilihat pada peta, kelas Insecta mengalami penurunan persentase kelimpahan karena termasuk organisme intoleran, dimana organisme ini tidak dapat bertahan hidup bila kondisi perairan mengalami penurunan kualitas . Kelompok organisme intoleran yakni kelompok EPT. Menurut Mahajoeno *et al.* (2001), kehadiran kelompok EPT mengindikasikan keadaan fisik sungai masih baik. Fisik sungai yang masih baik identik pada wilayah hulu. Dalam penelitian ini famili Hydropsychidae yang termasuk ke dalam ordo Tricoptera banyak ditemukan pada stasiun 1 yang mewakili hulu sungai. Hal tersebut berbanding terbalik dengan kelas Clitellata dimana mengalami kenaikan persentase kelimpahan, tentunya hal tersebut didukung oleh kondisi habitat yang semakin ke hilir bersubstrat lumpur. Menurut Rahayu *et al.* (2015), Kelas Oligochaeta/Clitellata menyukai habitat lapisan daun membusuk atau sedimen di dasar vegetasi dan sedimen yang berlumpur di air yang lebih dalam. Menurut Purwati (2015), kelompok dari Kelas Hirudinea dan Oligochaeta merupakan organisme yang toleran terhadap polutan, sehingga adanya kelompok ini mengindikasikan suatu perairan telah mengalami

gangguan dan masuk kategori perairan dengan kualitas buruk. Kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh topografi habitat, ketersediaan makanan dan oksigen, tipe sedimen, tingkat adaptasi, kompetisi dan predatorisme.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Status mutu air berdasarkan metode STORET ditinjau dari parameter fisika dan kimia, perairan Tukad Badung tergolong dalam tercemar sedang dengan nilai skor berkisar antara -21 sampai -29. Sedangkan berdasarkan indeks BMWP-ASPT Tukad Badung tergolong perairan tingkat pencemaran sedang sampai berat dengan nilai berkisar antara 2,7 – 4,71. Dengan demikian parameter biologi menggunakan indeks BMWP-ASPT lebih sensitif untuk menduga status perairan daripada parameter fisika dan kimia menggunakan metode STORET.
- Suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus, amonia, COD, pH dan TSS memiliki hubungan yang erat terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,771. Suhu, oksigen terlarut, kecepatan arus dan amonia merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberadaan makrozoobentos dengan nilai koefisien beta sebesar 0,770.
- Sebaran spasial kualitas air di Tukad Badung Kota Denpasar berdasarkan pengamatan di 7 titik stasiun tergolong tercemar sedang, dengan skor tertinggi -29 pada daerah yang mewakili muara. Penambahan skor tersebut dikarenakan aliran sungai yang membawa limbah dari bagian hulu dan tengah sungai akan mengalir dan berakhir di bagian hilir, sehingga kuantitas limbah yang berada di hilir lebih tinggi. Faktor lainnya pemanfaatan lahan berupa pemukiman memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap penurunan status mutu air Tukad Badung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya upaya pengendalian pencemaran secara preventif melalui sistem penyuluhan kepada masyarakat maupun sektor usaha/kegiatan dan represif melalui penegakan sanksi adat maupun hukum lingkungan sehingga pemanfaatan air sesuai peruntukannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P.D. 1996. Water Pollution Biology, Second Edition. Taylor & Francis. London.
- Amizera, S., M.R Ridho dan E.Saleh. 2015. Kualitas perairan Sungai Kundur berdasarkan makrozoobentos melalui pendekatan *Biotic Index* dan Biolitik. *Maspari Journal*. **7**(2):51-56.
- Anzani, Y.M. 2012. Makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Ciambulawang, Lebak, Banten. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- As-syakur, A.R., I.W.Suarna, I.W.S. Adnyana, I.W.Rusna, I.A.A. Laksmiwati dan I.W. Diara. 2010. Studi perubahan penggunaan lahan di DAS Badung. *Jurnal Bumi Lestari*. **10**(2):200-208.
- Astrini, A.D.R., M.Yusuf dan A. Santoso. 2014. Kondisi perairan terhadap struktur komunitas makrozoobenthos di Muara Sungai Karanganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. *Journal of Marine Research*. **3**(1):27-36.
- Azizah, M dan M. Humairoh. 2015 Analisis kadar amonia (NH₃) dalam air Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva*. **15**(1):48-54.
- Badan Pusat Statistik [BPS] Provinsi Bali. 2018. Nama- Nama Sungai dan Panjangnya Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali. <https://bali.bps.go.id> diakses pada tanggal 20 Juni 2019.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Kota Denpasar dalam Angka 2015. Badan Pusat Statistik. Denpasar
- Badan Pusat Statistik. 2018. Kota Denpasar dalam Angka 2017. Badan Pusat Statistik. Denpasar.
- Badan Standarisari Nasional. 2005. *SNI 06-6989. 23-2005 Cara Uji Suhu dengan Termometer*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 06-6989.14-2004 Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Yodometri (Modifikasi Azida)*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *SNI 6989.73-2009 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawai (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Titrimetri*.
- Bahriyah, N., S. Laili dan A. Syauqi. 2018. Uji kualitas air Sungai Metro Kelurahan Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. *E-Jurnal Ilmiah BIOSAIN TROPIS*. **3**(3):18-25.
- Bakti, M.Y. 1991. Karakteristik komunitas makrozoobenthos di Muara Sungai Citarum dalam hubungannya dengan pendugaan pencemaran perairan di Teluk Jakarta. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Chauhan, B.S. 2008. Environmental Studies. University Science Press. New Delhi, India.
- Choirudin, I.R., M.N. Supardjo dan M.R. Muskananfola. 2014. Studi hubungan kandungan bahan organik sedimen dengan kelimpahan



- makrozoobentos di Muara Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*. **3**(3):168-176.
- Dewi, N.K., R. Prabowo dan N. K. Trimartuti. 2014. Analisa kualitas fisiko kimia dan kadar logam berat pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Perairan Kaligarang Semarang. *Biosaintifika*. **6**(2):133-140.
- Diantari, N.P.R., H. Ahyadi, I.S.Rohyani dan I.W.Suana. 2017. Keanekaragaman serangga Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Jangkok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Entomologi Indonesia*. **14**(3):135-142.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar. 2016. Potensi Sumber Daya Air di Wilayah Kota Denpasar Meliputi Sungai atau Tukad Tahun 2016. <http://pusatdata.denpasarkota.go.id> diakses tanggal 14 Januari 2019.
- Djumanto, N. Probosunu dan R.Ifriansyah. 2013. Index biotik famili sebagai indikator kualitas air Sungai Gajahwong Yogyakarta. *Jurnal Perikanan*. **15**(1):26-34.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta:Kanisius.
- Elkarmi, A.Z dan N.S. Ismail. 2007. Growth models and shell morphometrics of two populations of *Melanoides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *J.Limnol*. **66**(2):90-96.
- Endraswara, S. 2006. Metode, Teori, Teknik Penelitian Kebudayaan: Ideologi, Espitemologi, dan Aplikasi. Yogyakarta:Pustaka Widyatama.
- Estradivari, E. Setyawan dan S. Yusri. 2009. Terumbu Karang Jakarta: Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003 – 2007). Yayasan Terumbu Karang Indonesia.
- Fachrul, M.F. 2008. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta:Bumi Aksara.
- Fadliyah, S., N. Pebriani dan V. Wahyunindita. 2017. Identifikasi sumber pencemar yang berpengaruh terhadap perubahan kualitas air sungai di Kali Surabaya. Prosiding Seminar Nasional 2017. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM). Universitas Riau. Hal. 447 – 458.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Fisesa, E.D., I. Setyobudiandi dan M. Krisanti. 2014. Kondisi perairan dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Belumai Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. *Depik*. **3**(1):1-9.
- Fitriana, Y.R. 2006. Keanekaragaman dan kemelimpahan makrozobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitas Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Biodiversitas*. **7**(1):67-72.
- Goel, P.K. 2006. Water Pollution: Causes, Effects and Control. New Age International. New Dehli, India.

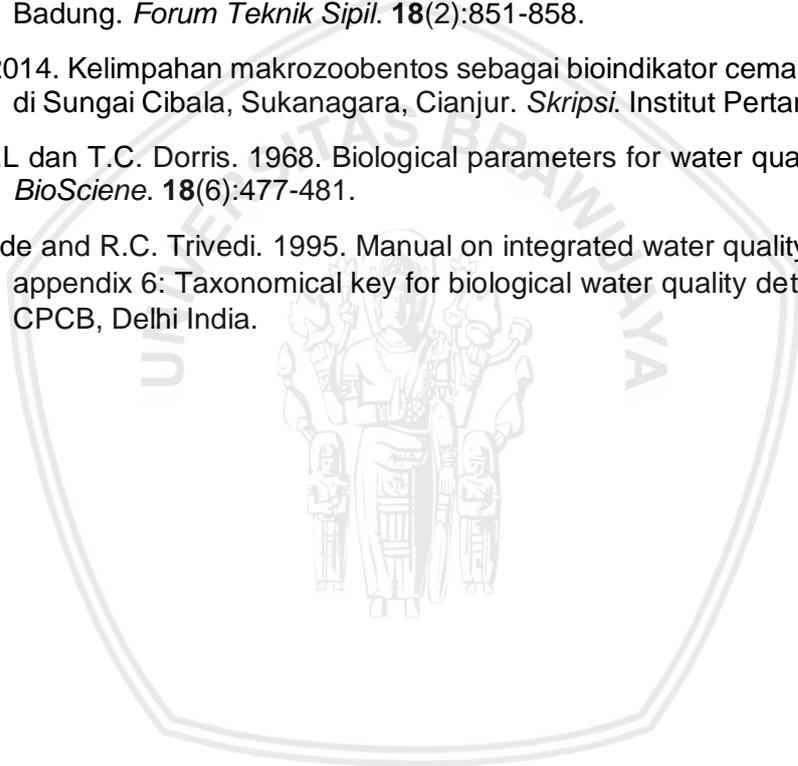
- Gubernur Bali. 2016. Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup. Sekretaris Daerah Provinsi Bali.
- Gundo, M.T. 2010. Kerapatan, keanekaragaman dan pola penyebaran gastropoda air tawar di Perairan Danau Poso. *Media Litbang Sulteng*. **3**(2):137-143.
- Gupta, S.K. 2011. Modern Hydrology and Sustainable Water Development. Wiley-Blackwell. Hoboken, New Jersey, USA.
- Hach Company. 2014. Procedure Manual Suspended Solids Method 8006. Adapted from *Sewage and Industrial Wastes*. USA.
- Hamdi, A.S dan E. Bahruddin. 2014. Metode Penelitian Kuantitatif Aplikasi dalam Pendidikan. Yogyakarta: Deepublish.
- Handayani, S.T., B.Suharto dan Marsoedi. 2001. Penentuan stastu kualitas perairan Sungai Brantas Hulu dengan biomonitoring makrozoobentos: tinjauan dari pencemaran bahan organik. *BIOSAIN*. **1**(1):30-38.
- Hawari, A., Amin, B., & Efriyeldi, E. (2014). Hubungan Antara Bahan Organik Sedimen Dengan Kelimpahan Makrozoobenthos Di Perairan Pantai Pandan Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*. **1**(2), 1-11.
- Hawking, J.H., Smith, L.M., LeBusque, K. and Davey, C. (Editors) (2013). Identification and Ecology of Australian Freshwater Invertebrates. Murray – Darling Freshwater Research Centre. <http://www.mdfrc.org.au/bugguide> diakses 25 Juni 2019.
- Ibrahim, A dan A. Sjarmidi. 2017. Pengembangan metode bioasesmen untuk penilaian kualitas air Sungai Cihampelas di DAS Citarum. *Jurnal Sumber Daya Air*. **13**(1):37-52.
- Irianto, I.K. 2017. Kualitas air Sungai Badung dalam menunjang pengembangan pariwisata air ditinjau dari sifat fisik perairan. *Jurnal Logic*. **17**(2):114-117.
- Irmawan, R.N., H. Zulkifli dan M. Hendri. 2010. Struktur komunitas makrozoobentos di Estuaria Kuala Sugihan Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. **1**:53-58.
- Irwan, M., Alianto dan Y.T Toja. 2017. Kondisi fisik kimia air sungai yang bermuara di Teluk Sawaibu Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. **1**(1):81-92. sat
- Islami, M.M. 2013. Pengaruh suhu dan salinitas terhadap Bivalvia. *Oseana*. **38**(2): 1-10.
- Juwita, R. 2017. Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Sebukhas di Desa Bumi Agung Kecamatan Belalau Lampung Barat. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia 1993. Petunjuk Pemeriksaan Air Buangan dan Air Kolam Renang, *Cetakan 7*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia Pusat Laboratorium Kesehatan.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Departemen Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kinanti, T.E., S.Rudiyanti dan F.Purwanti. 2014. Kualitas perairan Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan ditinjau dari faktor fisika-kimia sedimen dan kelimpahan hewan makrobentos. *Diponegoro Journal of Maquares*. **3**(1):160-167.
- Kuncoro, E.B. 2008. Aquascape, Pesona Taman Akuarium Air Tawar. Kanisius. Yogyakarta.
- Kurniadi, B., S. Hariyadi dan E.M.Adiwilaga. 2015. Kualitas perairan Sungai Buaya di Pulau Bunyu Kalimantan Utara pada kondisi pasang surut. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. **20**(1):52-58.
- Kurniawan, R. Dan B. Yuniarto. 2016. Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R. Jakarta: Prenada Media.
- Lihawa, F. 2017. Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsor. Yogyakarta:Deepublish.
- Mahajoeno, E. M., Efendi dan Ardiansyah. 2001. Keanekaragaman larva insekta pada sungai – sungai kecil di Hutan Jobolarangan. *Biodiversitas*. **2**(2):133-139.
- Mahyudin, Soemarno dan T. B Prayogo. 2015. Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL*. **6**(2):105-114.
- Mandal, C.K. 2013. *Hemiclepsis chharwardamensis* sp. Nov. (Hirudinea: Glossiphonidae) a new species of leech from Jharkhand, India. *Rec.Zool.Suro.India*. **133**(2):153-155.
- Mandaville, S.M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics and Protocols. Department of Environmental Conservation Press. New York.
- Mantaya, S., M. Rahman dan Z. Yasmi. 2016. Model STORET dan beban pencemaran untuk analisis kualitas air di Bantaran Sungai Batu Kambing, Sungai Mali – Mali dan Sungai Riam Kiwa Kecamatan Aranio Kalimantan Selatan. *Fish Scientiae*. **6**(11):35-38.
- Marlina, N., Hudori dan R. Hafidh. 2017. Pengaruh kekasaran saluran dan suhu air sungai pada parameter kualitas air COD, TSS di Sungai Winongo menggunakan software QUAL2Kw. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. **9**(2):122-133.
- Maula, L.H. 2018. Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Cokro Malang. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- Mehta, K. 2017. Impact of temperature on contaminants toxicity in fish fauna: a review. *Indian Journal of Science and Technology*. **10**(18):1-6.
- Mushthofa, A., M. R. Muskananfolo dan S. Rudiyaniti. 2014. Analisis struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*. **3**(1):81-88.
- Mustofa, A. 2018. Pengaruh total padatan tersuspensi terhadap biodiversitas makrozoobentos di Pantai Telukawur Kabupaten Jepara. *Jurnal DISPROTEK*. **9**(1): 37-45.
- Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, and T. A. Dewey. 2019. The Animal Diversity Web (online). <https://animaldiversity.org> diakses 25 Juni 2019
- Odum, E.P. 1993. Dasar – Dasar Ekologi edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh T. Samangan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Prasetya, V.N., L.D. Susanawati dan B.R. Widiatmono. 2015. Penentuan daya tampung Sungai Badek terhadap beban pencemar akibat limbah cair penyamakan kulit di Kelurahan Ciptomulyo, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. **2**(2):17-24.
- Purwati, S.U. 2015. Karakteristik bioindikator Cisdane: kajian pemanfaatan makrobentik untuk menilai kualitas Sungai Cisdane. *Ecolab*. **9**(2):47-104.
- Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan. 2015. Modul Mengidentifikasi Parameter Kualitas Air. Kementerian Kesyahbanding dan Perikanan.
- Putri, R.J.W., Carmudi, A.E. Pulungsari. 2017. Kualitas air Waduk Penjalin berdasarkan struktur komunitas makrobentos. *Scripta Biologica*. **4**(1): 69-73.
- Rahayu, D.M., G.P.Yoga, H.Effendi dan Y.Wardiatno. 2015. Penggunaan makrozoobentos sebagai indikator status perairan Hulu Sungai Cisdane, Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. **20**(1):1-8.
- Rahayu, S. R. Mahatma dan Khairijon. 2015. Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di beberapa Anak Sungai Batang Lubuh Kecamatan Rambah Kabupaten Roka Hulu. *JOM FMIPAI*. **2**(1):198-208.
- Rahayu, S., R.H. Widodo, M. Van Noordwijk, I. Suryadi dan B. Verbits. 2009. Monitoring air di Daerah Aliran Sungai. World Agroforestry Centre: Bogor.
- Rahman, A.K.N. 2017. Penggunaan indeks BMWP-ASPT dan parameter fisika-kimia untuk menentukan status kualitas Sungai Besar Kota Banjarbaru. *Biodidaktika*. **12**(1):7-16.
- Rahman, F.A. 2009. Struktur komunitas makrozoobentos di Perairan Estuaria Sungai Brantas (Sungai Porong dan Wonokromo), Jawa Timur. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.

- Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Rizal , A.C., Y.N.Ihsan., E.Afrianto dan L.P.S.Yuliadi. 2017. Pendekatan status nutrien pada sedimen untuk mengukur struktur komunitas makrozoobentos di Wilayah Muara Sungai dan Pesisir Pantai Rancabuaya, Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **8**(2):7-16.
- Rovita, G.D., P.W.Purnomo dan P.Soedarsono. 2012. Stratifikasi vertikal $\text{NO}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$ pada perairan di sekitar eceng gondok (*Eichornia crassipes* Solms) dengan latar belakang penggunaan lahan berbeda di Rawa Pening. *Journal of Management of Aquatic Resources*. **1**(1):1-7.
- Roziaty, E., A. I. Kusumadani dan I. Aryani. 2017. Biologi Lingkungan. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Sahabuddin, H., D. Harisuseno dan E. Yuliani. 2014. Analisa status mutu air dan daya tampung beban pencemaran Sungai Wanggu Kota Kendari. *Jurnal Teknik Pengairan*. **5**(1):19-28.
- Santoso, A.D. 2018. Keragaman nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu bara (Studi kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **19**(1):89-96.
- Santoso, T. 2017. Keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi kualitas air di Sungai Way Belau Bandar Lampung. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Saraswati, S.P., Sunyoto, B.A. Kironoto dan S.Hadisusanto. 2014. Kajian bentuk dan sensitivitas rumus Indeks Pi, STORET, CCME untuk penentuan status mutu perairan Sungai Tropis di Indonesia. *J. Manusia dan Lingkungan*. **21**(2):129-142.
- Simamora, B. 2005. Analisis Multivariat Pemasaran. Jakarta:Gramedia Pustaka Umum.
- Simanjuntak, M. 2007. Oksigen terlarut dan *apparent oxygen utilization* di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Ilmu Kelautan*. **12**(2):59-66.
- Starr, C., C.A. Evers, dan L Starr. 2011. Biology: Concepts and Applications, Eighth Edition. Life Sciences. USA.
- Suriani, N.L. 2000. Tingkat pencemaran air Sungai Badung bagian hilir ditinjau dari sifat fisiko-kimia dan jenis hewan makrobentos di Denpasar Selatan, Bali. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Sutanto, A. 2012. Analisis kualitas perairan Sungai Raman Desa Pujodadi Trimurjo sebagai sumber belajar biologi SMA pada materi ekosistem. *Bioedukasi*. **3**(3):1-9.
- Suyasa, W.B. 2015. Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah. Udayana University Press. Denpasar.

- Suyono. 2018. Analisis Regresi untuk Penelitian. Yogyakarta:Deepublis.
- Taqwa, R.N., M. R. Muskananfolo dan Ruswahyuni. 2014. Studi hubungan substrat dasar dan kandungan bahan organik dalam sedimen dengan kelimpahan hewan makrobenthos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*. **3**(1):125-133.
- Vandra, B., Sudarno dan W.D.Nugraha. 2016. Studi analisis kemampuan *self-purification* pada Sungai Progo ditinjau dari parameter *biological oxygen demand* (BOD) dan *dissolved oxygen* (DO). *Jurnal Teknik Lingkungan*. **5**(4):1-8.
- Walukow, A.F. 2010. Penentuan status mutu air dengan metode STORET di Danau Sentani Jayapura Propinsi Papua. *Berita Biologi*. **10**(3):277-281.
- Wiarta, I.N., B. Yulistiyanto dan Nizam. 2008. Analisis hidraulika banjir Tukad Badung. *Forum Teknik Sipil*. **18**(2):851-858.
- Wildan. 2014. Kelimpahan makrozoobentos sebagai bioindikator cemaran organik di Sungai Cibala, Sukanagara, Cianjur. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Wilhm, J.L dan T.C. Dorris. 1968. Biological parameters for water quality criteria. *BioSciene*. **18**(6):477-481.
- Zwart, D.de and R.C. Trivedi. 1995. Manual on integrated water quality evaluation, appendix 6: Taxonomical key for biological water quality determination, CPCB, Delhi India.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan

- Alat beserta fungsinya

No.	Parameter	Alat	Fungsi
1.	Suhu	Termometer Hg	Sebagai alat ukur suhu
2.	Kecepatan Arus	Flow Probe	Sebagai alat ukur kecepatan arus
3.	TSS	• Blender	Sebagai alat bantu untuk mencampur ratakan air sampel yang terdapat partikel
		• Spatula	Sebagai alat bantu untuk mengaduk air sampel di dalam beaker glas
		• <i>Beaker glass</i> 600 ml	Sebagai wadah air sampel setelah dilakukan proses pengadukan
		• Cuvet	Sebagai wadah air sampel untuk pengukuran spektrofotometer
		• Botol air mineral 1,5 liter	Sebagai wadah air sampel sementara
4.	pH	pH paper	Sebagai alat pengukur pH
5.	Oksigen terlarut	• Botol winkler modifikasi 150 ml	Sebagai wadah air sampel
		• Pipet volume 5 ml	Sebagai alat bantu mengambil larutan titrasi
		• Pipet tetes	Sebagai alat bantu mengambil larutan
		• Selang	Sebagai alat bantu untuk mengeluarkan larutan bening dalam proses sifon
7.	COD	• Botol mineral 1,5 ml	Sebagai wadah air sampel sementara
		• Tabung COD	Sebagai wadah air sampel selama proses pengukuran
		COD reaktor	Sebagai alat pemanas
		• Buret	Sebagai alat titrasi
		• Erlenmeyer 100 ml	Sebagai wadah sampel saat dititrasi
8.	Amonia	• Botol mineral 1,5 ml	Sebagai wadah air sampel sementara

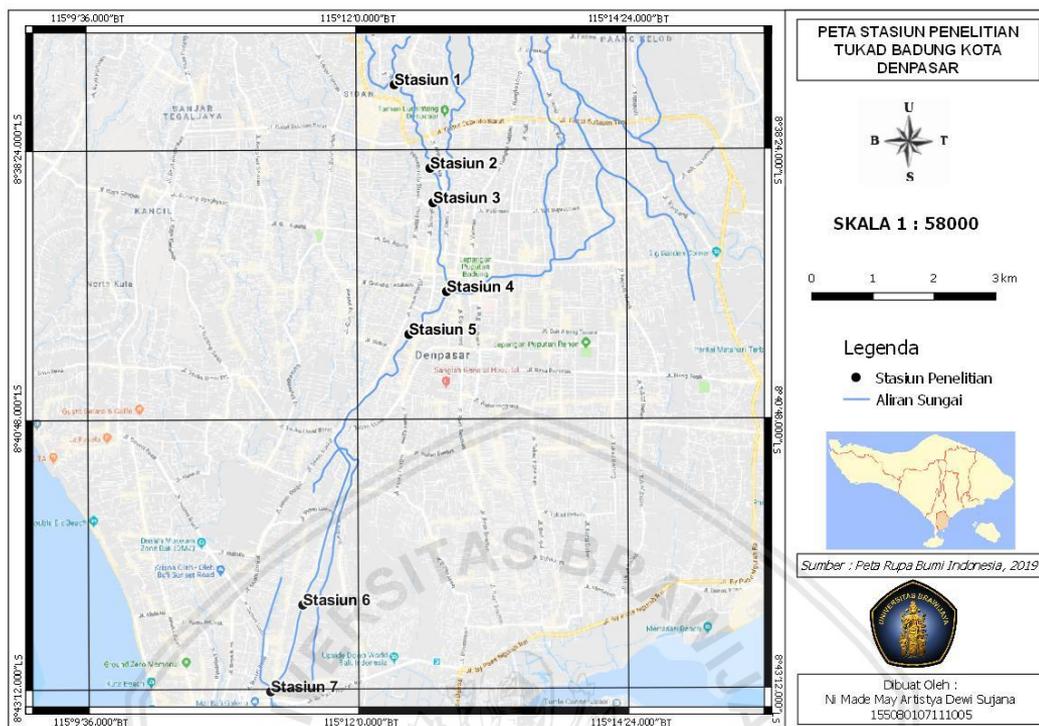
		<ul style="list-style-type: none"> • Tabung reaksi 	Sebagai wadah air sampel selama proses pengukuran
		<ul style="list-style-type: none"> • Cuvet 	Sebagai wadah air sampel untuk pengukuran spektrofotometer
		<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer 	Sebagai alat ukur kadar amonia
		<ul style="list-style-type: none"> • Pipet volume 	Sebagai alat bantu mengambil larutan
11.	Pengambilan Makrozoobentos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ekman grab</i> 	Sebagai alat pengambilan sampel bentos
		<ul style="list-style-type: none"> • Ayakan 	Sebagai pemisah makrozoobentos dengan substrat
		<ul style="list-style-type: none"> • Pinset 	Sebagai alat bantu untuk mengambil sampel makrozoobentos yang sudah disaring
		<ul style="list-style-type: none"> • Wadah 	Sebagai tempat untuk menampung sampel
		<ul style="list-style-type: none"> • Mikroskop bentos 	Sebagai alat identifikasi makrozoobentos
		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kicking net</i> 	Sebagai alat pengambilan sampel bentos
		<ul style="list-style-type: none"> • Nampan/Baskom 	Sebagai wadah sampel saat proses sortasi
		<ul style="list-style-type: none"> • Botol vial 10 ml 	Sebagai wadah bentos yang sudah diidentifikasi

• Bahan beserta fungsinya

No.	Parameter	Bahan	Fungsi
1.	Suhu	Air sampel	Untuk bahan yang akan di uji
2.	Kecepatan Arus	Air sampel	Untuk bahan yang akan di uji
		<ul style="list-style-type: none"> • Aquades 	Untuk sterilisasi alat
		<ul style="list-style-type: none"> • Air sampel 	Untuk bahan yang akan di uji
4.	pH	Air sampel	Untuk bahan yang akan di uji
5.	Oksigen terlarut	<ul style="list-style-type: none"> • Air sampel 	Untuk bahan yang akan di uji
		<ul style="list-style-type: none"> • MnSO₄ 	Untuk pengikat O ₂ yang terlarut dalam air
		<ul style="list-style-type: none"> • NaOH + KI 	Untuk pelepas I ₂ dan membentuk endapan coklat

		<ul style="list-style-type: none"> • H₂SO₄ 	Untuk pelarut endapan coklat dan mengoksidasi asam
		<ul style="list-style-type: none"> • Amylum 	Untuk pengkondisian suasana basa dan indikator warna ungu
		<ul style="list-style-type: none"> • Na₂S₂O₃ 0,025 N 	Untuk larutan titrasi
		<ul style="list-style-type: none"> • Kertas label 	Untuk penanda botol dan larutan
7.	COD	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator ferroin 	Untuk indikator warna
		<ul style="list-style-type: none"> • Kalium dikromat 	Untuk oksidator
		<ul style="list-style-type: none"> • Ferro Ammonium Sulfat 	Untuk larutan titrasi
		<ul style="list-style-type: none"> • Reagen asam sulfat 	Untuk katalisator
		<ul style="list-style-type: none"> • Air sampel 	Untuk bahan yang akan di uji
8.	Amonia	<ul style="list-style-type: none"> • Larutan Nessler 	Untuk mengikat amonia dan indikator warna kuning
		<ul style="list-style-type: none"> • Garam Rochelle 	Untuk menghilangkan pengganggu reaksi nessler
		<ul style="list-style-type: none"> • Air sampel 	Untuk bahan yang akan di uji
		<ul style="list-style-type: none"> • Aquades 	Untuk larutan kalibrasi
11.	Pengambilan Makrozoobentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimen 	Untuk media hidup makrozoobentos
		<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol 96% 	Untuk bahan awetan sampel
		<ul style="list-style-type: none"> • Kertas label 	Untuk pemberi tanda

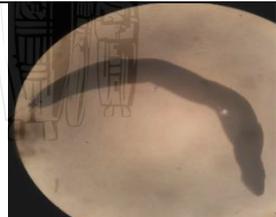
Lampiran 2. Peta Lokasi Penelitian



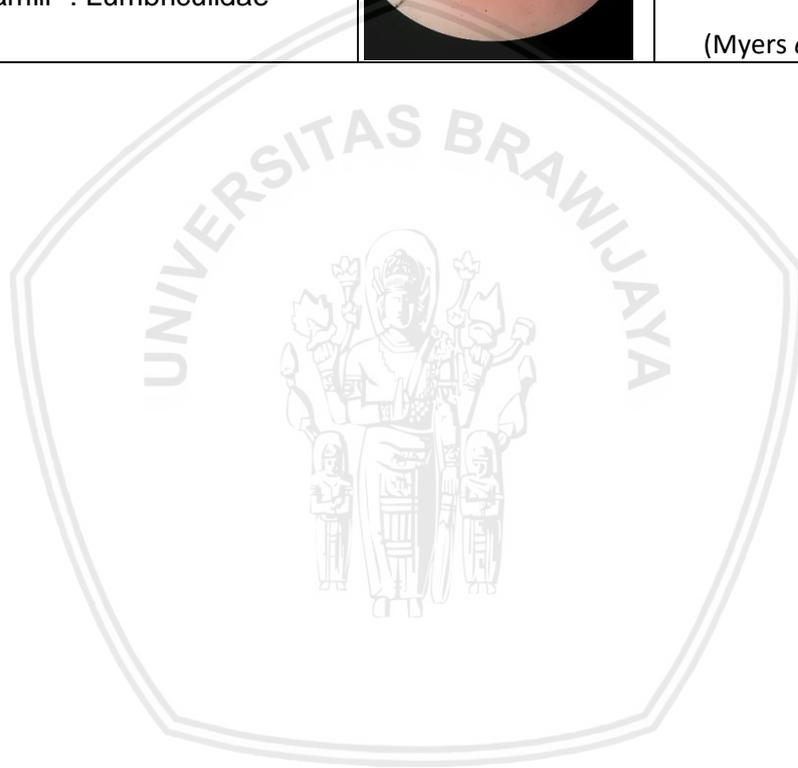
Lampiran 3. Klasifikasi Makrozoobentos yang Didapatkan Selama Penelitian

No.	Klasifikasi	Dokumentasi	Gambar
1	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Tricoptera Famili : Hydropsychidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)
2	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Tricoptera Famili : Ecnomidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)
3	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Diptera Famili : Psychodidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)
4	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Diptera Famili : Chironomidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)
5	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Diptera Famili : Syrphidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)
6	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Ephemeroptera Famili : Caenidae		 (Hawking <i>et al.</i> , 2013)

7	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Ephemeroptera Famili : Baetidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
8	Kingdom : Animalia Filum : Arthropoda Kelas : Insecta Ordo : Coleoptera Famili : Hygrobiidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
9	Kingdom : Animalia Filum : Platyhelminthes Kelas : Turbellaria Ordo : Tricladida Famili : Dugesiiidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
10	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Archotaenioglossa Famili : Viviparidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
11	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Neotaenioglossa Famili : Hydrobiidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
12	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Neotaenioglossa Famili : Thiaridae		 <p>(Myers <i>et al.</i>, 2019)</p>

13	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Neotaenioglossa Famili : Bithyniidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
14	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Basommatophora Famili : Physidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
15	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Gastropoda Ordo : Basommatophora Famili : Planorbidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
16	Kingdom : Animalia Filum : Mollusca Kelas : Bivalvia Ordo : Pholadida Famili : Sphaeridae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
17	Kingdom : Animalia Filum : Annelida Kelas : Hirudinea Ordo : Archynchobdellida Famili : Richardsoniidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
18	Kingdom : Animalia Filum : Annelida Kelas : Clitellata/ Oligochaeta Ordo : Tubificida Famili : Tubificidae		 <p>(Hawking <i>et al.</i>, 2013)</p>
19	Kingdom : Animalia Filum : Annelida Kelas : Clitellata/ Oligochaeta Ordo : Hirudinida Famili : Hirudinidae		 <p>(Myers <i>et al.</i>, 2019)</p>

20	Kingdom : Animalia Filum : Annelida Kelas : Clitellata/ Oligochaeta Ordo : Hirudinida Famili : Glossiphonidae		 <p>(Mandal, 2013)</p>
21	Kingdom : Animalia Filum : Annelida Kelas : Clitellata/ Oligochaeta Ordo : Lumbriculida Famili : Lumbriculidae		 <p>(Myers <i>et al.</i>, 2019)</p>



Lampiran 4. Kelimpahan Makrozoobentos

- Stasiun 1

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{65 \times 10000}{3600} \qquad K = 180,56$$

- Stasiun 2

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{124 \times 10000}{3600} \qquad K = 344,44$$

- Stasiun 3

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{298 \times 10000}{3600} \qquad K = 827,78$$

- Stasiun 4

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{125 \times 10000}{3600} \qquad K = 347,22$$

- Stasiun 5

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{159 \times 10000}{3600} \qquad K = 441,67$$

- Stasiun 6

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{722 \times 10000}{3600} \qquad K = 2005,56$$

- Stasiun 7

$$K = \frac{ni \times 10000}{A} \qquad K = \frac{214 \times 10000}{1392} \qquad K = 1537,36$$

Lampiran 5. Indeks Keanekaragaman (H') Makrozoobenthos

Stasiun Penelitian	Famili	ni	pi (ni/N)	ln (pi)	pi(ln(pi))	H'
Stasiun 1	Hydropsychidae	9	0,13846	-1,977	-0,274	1,1944
	Psychodidae	1	0,01538	-4,174	-0,064	
	Chironomidae	5	0,07692	-2,565	-0,197	
	Dugesidae	1	0,01538	-4,174	-0,064	
	Viviparidae	1	0,01538	-4,174	-0,064	
	Hydrobiidae	41	0,63077	-0,461	-0,291	
	Thiaridae	7	0,10769	-2,228	-0,240	
N		65				
Stasiun 2	Richardsonianidae	1	0,00806	-4,8203	-0,0389	1,3047
	Tubificidae	1	0,00806	-4,8203	-0,0389	
	Caenidae	8	0,06452	-2,7408	-0,1768	
	Ecnomidae	1	0,00806	-4,8203	-0,0389	
	Chironomidae	20	0,16129	-1,8245	-0,2943	
	Thiaridae	21	0,16935	-1,7758	-0,3007	
	Hydrobiidae	69	0,55645	-0,5862	-0,3262	
Sphaeridae	3	0,02419	-3,7217	-0,09		
N		124				
Stasiun 3	Dugesidae	1	0,00336	-5,6971	-0,0191	1,141
	Baetidae	1	0,00336	-5,6971	-0,0191	
	Chironomidae	1	0,00336	-5,6971	-0,0191	
	Hirudinidae	6	0,02013	-3,9053	-0,0786	
	Glossiphoniidae	15	0,05034	-2,989	-0,1505	
	Lumbriculidae	14	0,04698	-3,058	-0,1437	
	Tubificidae	8	0,02685	-3,6177	-0,0971	
	Sphaeridae	6	0,02013	-3,9053	-0,0786	
	Thiaridae	42	0,14094	-1,9594	-0,2762	
	Hydrobiidae	204	0,68456	-0,379	-0,2594	
N		298				
Stasiun 4	Caenidae	2	0,01600	-4,1352	-0,0662	1,4078
	Chironomidae	3	0,02400	-3,7297	-0,0895	
	Richardsonianidae	2	0,01600	-4,1352	-0,0662	
	Lumbriculidae	10	0,08000	-2,5257	-0,2021	
	Tubificidae	3	0,02400	-3,7297	-0,0895	
	Glossiphoniidae	7	0,05600	-2,8824	-0,1614	
	Bithynidae	1	0,00800	-4,8283	-0,0386	
	Thiaridae	33	0,26400	-1,3318	-0,3516	
Hydrobiidae	64	0,51200	-0,6694	-0,3427		
N		125				

Stasiun 5	Caenidae	1	0,00629	-5,0689	-0,0319	0,9797
	Chironomidae	1	0,00629	-5,0689	-0,0319	
	Lumbriculidae	2	0,01258	-4,3758	-0,055	
	Glossiphoniidae	6	0,03774	-3,2771	-0,1237	
	Hirudinidae	10	0,06289	-2,7663	-0,174	
	Sphaeridae	1	0,00629	-5,0689	-0,0319	
	Physidae	2	0,01258	-4,3758	-0,055	
	Bithynidae	1	0,00629	-5,0689	-0,0319	
	Hydrobiidae	121	0,76101	-0,2731	-0,2078	
	Thiaridae	13	0,08176	-2,504	-0,2047	
Viviparidae	1	0,00629	-5,0689	-0,0319		
N		159				
Stasiun 6	Lumbriculidae	11	0,01524	-4,1841	-0,0637	0,8683
	Tubificidae	5	0,00693	-4,9726	-0,0344	
	Glossiphoniidae	38	0,05263	-2,9444	-0,155	
	Planorbidae	1	0,00139	-6,582	-0,0091	
	Thiaridae	169	0,23407	-1,4521	-0,3399	
	Bithynidae	1	0,00139	-6,582	-0,0091	
Hydrobiidae	497	0,68837	-0,3734	-0,2571		
N		722				
Stasiun 7	Tubificidae	2	0,00935	-4,6728	-0,0437	1,4717
	Hirudinidae	11	0,05140	-2,9681	-0,1526	
	Glossiphoniidae	91	0,42523	-0,8551	-0,3636	
	Syrphidae	2	0,00935	-4,6728	-0,0437	
	Hydrobiidae	2	0,00935	-4,6728	-0,0437	
	Thiaridae	58	0,27103	-1,3055	-0,3538	
	Hydrobiidae	34	0,15888	-1,8396	-0,2923	
Bithynidae	14	0,06542	-2,7269	-0,1784		
N		214				

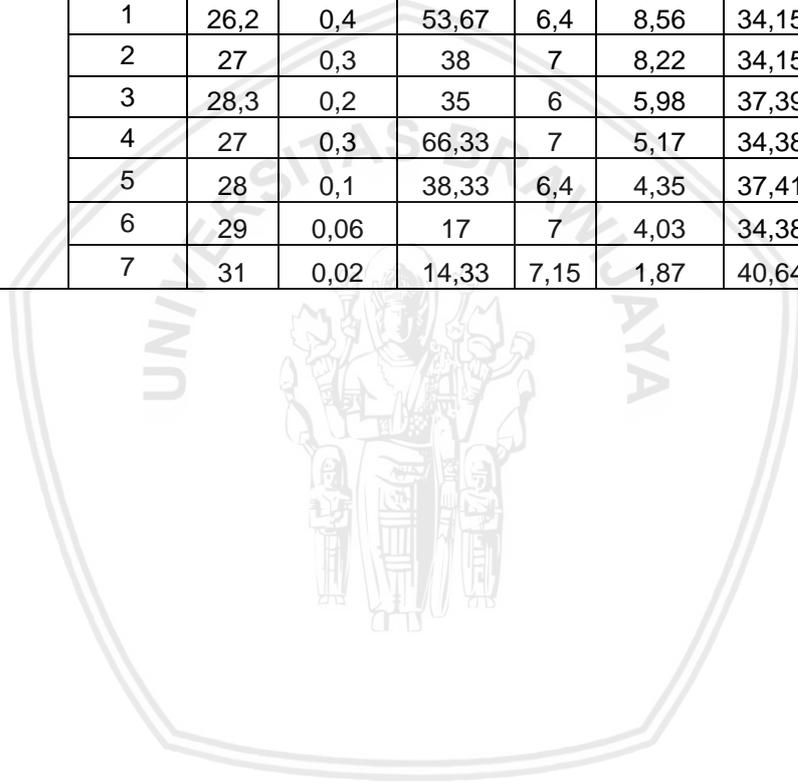
Lampiran 6. Indeks Dominasi (C) Makrozoobentos

Stasiun Penelitian	Famili	ni	pi (ni/N)	Dominasi
Stasiun 1	Hydropsychidae	9	0,13846	0,0192
	Psychodidae	1	0,01538	0,0002
	Chironomidae	5	0,07692	0,0059
	Dugesidae	1	0,01538	0,0002
	Viviparidae	1	0,01538	0,0002
	Hydrobiidae	41	0,63077	0,3979
	Thiaridae	7	0,10769	0,0116
N		65	Dominasi	0,4353
Stasiun 2	Richardsonianidae	1	0,00806	0,0001
	Tubificidae	1	0,00806	0,0001
	Caenidae	8	0,06452	0,0042
	Ecnomidae	1	0,00806	0,0001
	Chironomidae	20	0,16129	0,0260
	Thiaridae	21	0,16935	0,0287
	Hydrobiidae	69	0,55645	0,3096
	Sphaeridae	3	0,02419	0,0006
N		124	Dominasi	0,3693
Stasiun 3	Dugesidae	1	0,00336	0,0000
	Baetidae	1	0,00336	0,0000
	Chironomidae	1	0,00336	0,0000
	Hirudinidae	6	0,02013	0,0004
	Glossiphoniidae	15	0,05034	0,0025
	Lumbriculidae	14	0,04698	0,0022
	Tubificidae	8	0,02685	0,0007
	Sphaeridae	6	0,02013	0,0004
	Thiaridae	42	0,14094	0,0199
	Hydrobiidae	204	0,68456	0,4686
N		298	Dominasi	0,4948
Stasiun 4	Caenidae	2	0,01600	0,0003
	Chironomidae	3	0,02400	0,0006
	Richardsonianidae	2	0,01600	0,0003
	Lumbriculidae	10	0,08000	0,0064
	Tubificidae	3	0,02400	0,0006
	Glossiphoniidae	7	0,05600	0,0031
	Bithynidae	1	0,00800	0,0001
	Thiaridae	33	0,26400	0,0697
	Hydrobiidae	64	0,51200	0,2621
N		125	Dominasi	0,3431

Stasiun 5	Caenidae	1	0,00629	0,0000
	Chironomidae	1	0,00629	0,0000
	Lumbriculidae	2	0,01258	0,0002
	Glossiphoniidae	6	0,03774	0,0014
	Hirudinidae	10	0,06289	0,0040
	Sphaeridae	1	0,00629	0,0000
	Physidae	2	0,01258	0,0002
	Bithynidae	1	0,00629	0,0000
	Hydrobiidae	121	0,76101	0,5791
	Thiaridae	13	0,08176	0,0067
Viviparidae	1	0,00629	0,0000	
N		159	Dominasi	0,5917
Stasiun 6	Lumbriculidae	11	0,01524	0,0002
	Tubificidae	5	0,00693	0,0000
	Glossiphoniidae	38	0,05263	0,0028
	Planorbidae	1	0,00139	0,0000
	Thiaridae	169	0,23407	0,0548
	Bithynidae	1	0,00139	0,0000
	Hydrobiidae	497	0,68837	0,4738
N		722	Dominasi	0,5317
Stasiun 7	Tubificidae	2	0,00935	0,0001
	Hirudinidae	11	0,05140	0,0026
	Glossiphoniidae	91	0,42523	0,1808
	Syrphidae	2	0,00935	0,0001
	Hydrobiidae	2	0,00935	0,0001
	Thiaridae	58	0,27103	0,0735
	Hydrobiidae	34	0,15888	0,0252
	Bithynidae	14	0,06542	0,0043
N		214	Dominasi	0,28671

Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Kualitas Air Selama Penelitian

Waktu Pengamatan	Stasiun	Suhu	Kec. Arus	TSS	pH	Oksigen Terlarut	COD	Amonia
Minggu 1	1	26,3	0,5	60,33	7	8,267	18,33	1,24
	2	27	0,3	57,33	7	8,273	33,98	0,56
	3	27,2	0,3	59	7	6,30	44,52	0,93
	4	27	0,3	36,67	7	5,59	33,33	0,41
	5	28	0,1	60	7	4,98	33,33	0,62
	6	27	0,08	101,67	7	5,79	31,67	1,64
	7	29,3	0,06	76,67	7	3,87	23,33	2,19
Minggu 2	1	26,2	0,4	53,67	6,4	8,56	34,15	0,79
	2	27	0,3	38	7	8,22	34,15	0,41
	3	28,3	0,2	35	6	5,98	37,39	0,71
	4	27	0,3	66,33	7	5,17	34,38	0,92
	5	28	0,1	38,33	6,4	4,35	37,41	1,13
	6	29	0,06	17	7	4,03	34,38	2,18
	7	31	0,02	14,33	7,15	1,87	40,64	3,67



Lampiran 8. Analisis Faktor dan Regresi Linear Berganda

- Analisis Faktor

Communalities

	Initial	Extraction
Suhu	1,000	,973
Arus	1,000	,858
TSS	1,000	,482
pH	1,000	,721
Oksigen	1,000	,851
COD	1,000	,821
Amonia	1,000	,794

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3,718	53,120	53,120	3,718	53,120	53,120	3,661	52,294	52,294
2	1,781	25,446	78,566	1,781	25,446	78,566	1,839	26,272	78,566
3	,772	11,035	89,601						
4	,395	5,642	95,243						
5	,324	4,635	99,877						
6	,009	,123	100,000						
7	4,134E-18	5,906E-17	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Suhu	,982	-,095
Arus	-,925	,047
TSS	-,370	,588
pH	,359	,769
Oksigen	-,919	-,083
COD	,295	-,857
Amonia	,838	,303

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 2 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Suhu	,951	-,264
Arus	-,903	,206
TSS	-,262	,643
pH	,487	,696
Oksigen	-,919	,077
COD	,142	-,895
Amonia	,877	,154

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. ^a

a. Rotation converged in 3 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2
1	,985	-,173
2	,173	,985

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

- Analisis Regresi Linear Berganda

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	REGR factor score 2 for analysis 1, REGR factor score 1 for analysis 1 ^b		Enter

a. Dependent Variable: Zscore(Kelimpahan)

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,771 ^a	,595	,392	,77956133

a. Predictors: (Constant), REGR factor score 2 for analysis 1, REGR factor score 1 for analysis 1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,569	2	1,785	2,937	,164 ^b
	Residual	2,431	4	,608		
	Total	6,000	6			

a. Dependent Variable: Zscore(Kelimpahan)

b. Predictors: (Constant), REGR factor score 2 for analysis 1, REGR factor score 1 for analysis 1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,813E-16	,295		,000	1,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	,770	,318	,770	2,418	,073
	REGR factor score 2 for analysis 1	,050	,318	,050	,157	,883

a. Dependent Variable: Zscore(Kelimpahan)

Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian



Pengukuran Suhu



Pengukuran pH



Pengukuran Kecepatan arus



Pengambilan sampel air untuk pengukuran TSS, COD dan Amonia



Pengambilan sampel air untuk DO



Penambahan $MnSO_4$ dan $NaOH + KI$



Pembuangan air bening dengan sifon



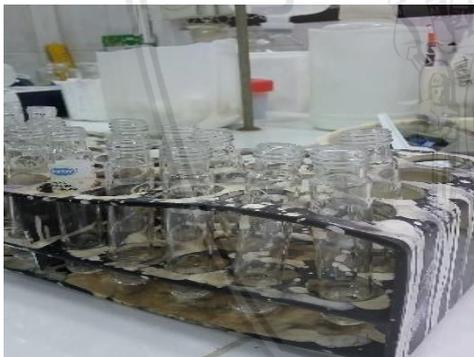
Penambahan H₂SO₄



Penambahan Amylum



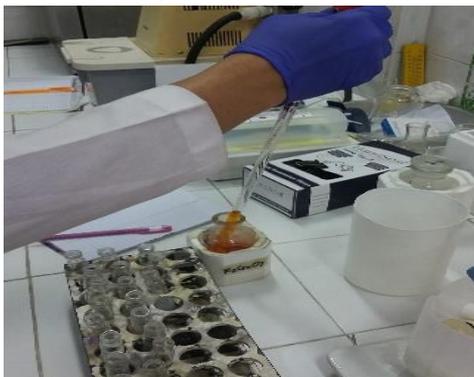
Titrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,025 N



Pengambilan sampel air untuk uji COD sebanyak 2 ml



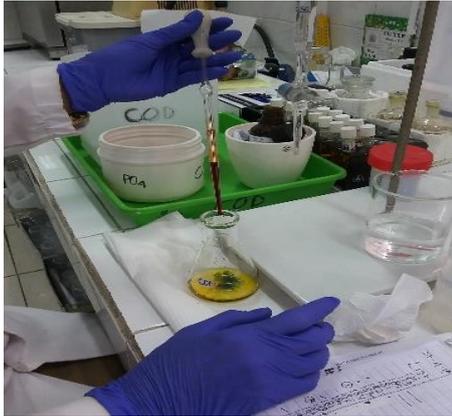
Penambahan reagen asam sulfat



Penambahan K₂Cr₂O₇



Merefluks sampel COD selama 2 jam



Penambahan indikator ferroin



Titrasi dengan FAS 0,025 M



Sampel air diblender untuk uji TSS



Pengukuran TSS menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 810 nm



Pengambilan sampel air untuk uji Amonia



Penambahan garam Rochelle



Penambahan larutan nessler



Pengukuran Amonia menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 425 nm



Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan *kicking net*



Pengambilan sampel benthos menggunakan ekman grab



Sampel yang telah tersaring



Penyortiran makrozoobentos



Pengawetan sampel makrozoobentos dengan kadar alkohol 50%



Pengamatan sampel makrozoobentos



Pengidentifikasi makrozoobentos berdasarkan buku panduan



Pengelompokan makrozoobentos berdasarkan famili