

**MODEL STRATEGI PENGELOLAAN PENCEMARAN AIR
DI SUNGAI WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN
TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT BERBASIS
*INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM)***

(Disertasi)

**ANANG RISGIYANTO
NPM: 1830011001**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**MODEL STRATEGI PENGELOLAAN PENCEMARAN AIR
DI SUNGAI WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN
TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT BERBASIS
*INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM)***

Oleh
ANANG RISGIYANTO

Disertasi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
DOKTOR

Pada
**Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Pascasarjana
Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

MODEL STRATEGI PENGELOLAAN PENCEMARAN AIR DI SUNGAI WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT BERBASIS *INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM)*

Oleh

ANANG RISGIYANTO

Perilaku masyarakat yang tinggal di sekitar aliran sungai seperti kegiatan MCK, membuang limbah rumah tangga langsung ke sungai, kegiatan pertambangan, perkebunan, pertanian, perikanan dan aktivitas masyarakat lainnya dapat memberikan dampak buruk terhadap kualitas air sungai. Selain itu, hal tersebut juga dapat menimbulkan beberapa dampak negatif lainnya seperti kerusakan lingkungan, dampak kesehatan masyarakat, dampak sosial dan dampak ekonomi. Aktivitas masyarakat tersebut dapat menjadi salah satu faktor pencemaran air sungai yang berpengaruh pada menurunnya kualitas air sungai. Sungai Way Umpu yang mengalir melewati kampung Kasui, Ojolali, Negeri Baru dan Blambangan Umpu di Kabupaten Way Kanan, telah mengalami penurunan kualitas air yang terlihat pada perubahan fisik air sungai dan hasil uji kualitas air sungai. Menurunnya kualitas air sungai Way Umpu tersebut dapat mempengaruhi tingkat kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air sungai Way Umpu. Strategi pengelolaan pencemaran air sungai oleh Pemerintah Kabupaten Way Kanan untuk mengembalikan fungsi sungai Way Umpu sebagai sumber daya air harus didukung oleh partisipasi aktif dari masyarakat setempat. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian mengenai strategi pengelolaan pencemaran air sungai Way Umpu di Kabupaten Way Kanan perlu dilakukan lebih mendalam untuk mengatasi masalah di atas. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menentukan parameter pencemaran pada air sungai Way Umpu dengan metode kuantitatif, kemudian hasil analisis parameter pencemaran yang didapat disesuaikan dengan baku mutu parameter untuk kualitas air sungai kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Selanjutnya dilakukan analisis perilaku masyarakat terhadap tingkat pencemaran sungai dan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat dengan metode kuantitatif dan kualitatif, yang diambil dari hasil kuesioner terhadap masyarakat yang bermukim di sekitar wilayah aliran sungai Way Umpu. Menentukan pola hubungan sumber

pencemaran sungai Way Umpu dengan kesehatan masyarakat dan membuat model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran air sungai di wilayah Sungai Way Umpu dengan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM). Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai Indeks Pencemaran di beberapa titik lokasi pengambilan sampel (Kasui, Ojolali dan Blambangan Umpu) menunjukkan bahwa kondisi air sungai Way Umpu dalam kondisi baik atau tidak tercemar sedangkan pada titik lokasi lainnya (Negeri Baru) kondisi air sungai Way Umpu telah tercemar ringan. Hasil analisis statistik dengan metode korelasi *Pearson* diperoleh $p\text{-value} = 3,086 \times 10^{-6}$, lebih kecil dari nilai taraf signifikan ($\alpha = 0,05$), sehingga keputusan tolak H_0 . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat pola hubungan antara sumber pencemaran sungai Way Umpu, lingkungan dan kesehatan masyarakat, di mana setiap terjadi pencemaran air sungai Way Umpu sebesar 0,366 maka akan terjadi gangguan kesehatan masyarakat sebesar 1. Berdasarkan hasil analisis elemen kendala dalam pengelolaan pencemaran air di sungai Way Umpu terhadap kesehatan masyarakat di Kabupaten Way Kanan yang menggunakan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM) dapat diketahui bahwa kendala utama yang dihadapi dalam pengelolaan sungai Way Umpu adalah “Perilaku dan kebiasaan masyarakat pinggir sungai yang membuang limbah domestik ke sungai” dan “Rendahnya kesadaran atau kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan sungai”. Kendala sekunder lainnya adalah “Lemahnya penegakan aturan terhadap perlindungan sungai”, “Kebijakan pemerintah daerah belum sepenuhnya dilakukan untuk pengelolaan sungai”, dan “Masih terdapat kegiatan penambangan di pinggir sungai”. Sehingga dengan adanya kendala-kendala tersebut, maka program utama dalam mendukung pengelolaan sungai Way Umpu adalah program berbasis masyarakat yaitu “Pelibatan masyarakat dalam pengelolaan sungai Way Umpu yang berkelanjutan” dan melaksanakan kegiatan utama lainnya yaitu “Program peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan sungai Way Umpu”. Rumusan rekomendasi program kebijakan yang dapat dilakukan pemerintah Kabupaten Way Kanan maupun masyarakat yang tinggal di sekitar aliran sungai Way Umpu dalam pengendalian pencemaran air adalah melalui Program Sungai Bersih Aman dan Sehat (PS-BAS) untuk menurunkan beban limbah cair khususnya yang berasal dari kegiatan pertambangan, pertanian, perkebunan dan kegiatan domestik lainnya, serta dilakukan secara bertahap untuk mengendalikan beban pencemaran dari sumber-sumber lainnya. Program ini juga berusaha untuk menata pemukiman di bantaran sungai Way Umpu dengan melibatkan masyarakat setempat.

Kata kunci: ISM, Kesehatan Masyarakat, Pencemaran Perairan, Way Umpu.

ABSTRACT

STRATEGY MODEL OF WATER POLLUTION MANAGEMENT IN THE WAY UMPU RIVER, WAY KANKAN REGENCY ON PUBLIC HEALTH BASED ON INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM)

By

ANANG RISGIYANTO

The behavior of people living around the river, such as toileting activities, throwing household waste directly into the river, mining activities, plantations, agriculture, fisheries and other community activities can have a negative impact on river water quality. In addition, it can also cause several other negative impacts such as environmental damage, public health impacts, social impacts and economic impacts. These community activities can be one of the factors of river water pollution that affect the decline in river water quality. The Way Umpu river, which flows through the villages of Kasui, Ojolali, Negeri Baru and Blambangan Umpu in Way Kanan Regency, has experienced a decrease in water quality as seen in the physical changes of river water and the results of river water quality tests. The decline in the water quality of the Way Umpu river can affect the health level of the people who use the Way Umpu river water. The strategy for managing river water pollution by the Way Kanan Regency Government to restore the function of the Way Umpu river as a water resource must be supported by the active participation of the local community. Based on this, research on the strategy for managing water pollution of the Way Umpu river in Way Kanan Regency needs to be carried out more deeply to overcome the above problems. The purpose of this research is to determine the pollution parameters in the Way Umpu river water with quantitative methods, then the results of the analysis of the pollution parameters obtained are adjusted to the parameter quality standards for class III river water quality based on Government Regulation No. 22 of 2021. Next is an analysis of community behavior towards the level of river pollution and its effect on public health with quantitative and qualitative methods, which were taken from the results of a questionnaire to the people living around the Way Umpu river basin. Determine the relationship pattern of the Way Umpu river pollution source with public health and create a strategic model of river water pollution management policy in the Way Umpu River area using the Interpretive Structural Modelling (ISM) method. Based on the results of the study, it is known

that the Pollution Index values at several sampling locations (Kasui, Ojolali and Blambangan Umpu) indicate that the water conditions of the Way Umpu river are in good condition or not polluted, while at another location point (Negeri Baru) the condition of the Way Umpu river water has been lightly polluted. The results of statistical analysis using the Pearson correlation method obtained $p\text{-value} = 3.086 \times 10^{-6}$, smaller than the significant level value ($\alpha = 0.05$), so the decision to reject H_0 . It can be concluded that there is a relationship pattern between the source of the Way Umpu river pollution, the environment and public health, where every time there is 0.366 Way Umpu river water pollution, there will be a public health problem of 1. Way Umpu towards public health in Way Kanan Regency using the Interpretive Structural Modelling (ISM) method, it can be seen that the main obstacles faced in the management of the Way Umpu river are “Behavior and habits of riverside communities who throw domestic waste into the river” and “Low awareness or community concern for river management”. Other secondary constraints are “Weak enforcement of regulations on river protection”, “Local government policies have not been fully implemented for river management”, and “There are still mining activities on the banks of the river”. So with these obstacles, the main program in supporting the management of the Way Umpu river is a community-based program, namely “Community involvement in sustainable Way Umpu river management” and carrying out other main activities, namely ‘Community awareness improvement program in protecting the Way Umpu river environment’. The formulation of policy program recommendations that can be carried out by the Way Kanan District government and the community living around the Way Umpu river flow in controlling water pollution is through the Safe and Healthy Clean River Program (PS-BAS) to reduce the burden of liquid waste, especially from mining, agriculture, plantation and other domestic activities, as well as carried out in stages to control pollution loads from other sources. This program also seeks to organize settlements along the Way Umpu river by involving the local community.

Keywords: ISM, Public Health, Water Pollution, Way Umpu.

Judul Disertasi : **MODEL STRATEGI PENGELOLAAN
PENCEMARAN AIR DI SUNGAI WAY UMPU
KABUPATEN WAY KANAN TERHADAP
KESEHATAN MASYARAKAT BERBASIS
INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING
(ISM)**

Nama Mahasiswa : Anang Risgiyanto

Nomor Pokok Mahasiswa : 1830011001

Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan

Fakultas : Pascasarjana



Prof. Suharso, Ph.D.
NIP 196905301995121001

1. Komisi Pembimbing

Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.
NIP 196411191990031001

Prof. Dr. Buhani, M.Si.
NIP 196904161994032003

2. Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Universitas Lampung

Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.
NIP. 196411191990031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

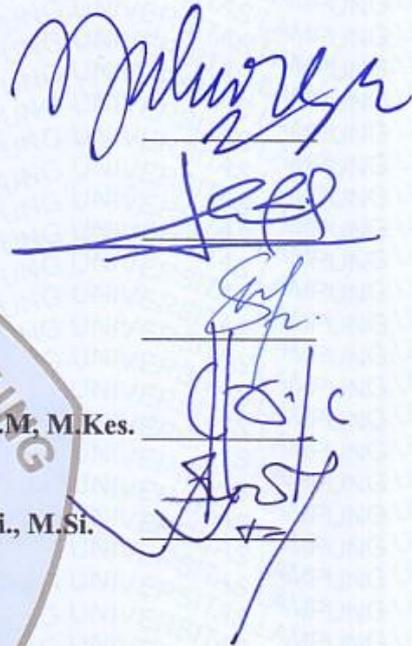
Promotor : Prof. Suharso, Ph.D.

Ko-Promotor 1 : Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.

Ko-Promotor 2 : Prof. Dr. Buhani, M.Si.

Penguji Internal 1 : Prof. Dr. Dyah Wulan SRW, S.K.M, M.Kes.

Penguji Eksternal : Prof. Dr. Sal Prima Yudha S, S.Si., M.Si.



Handwritten signatures of the examiners: Prof. Suharso, Drs. Tugiyono, Prof. Dr. Buhani, Prof. Dr. Dyah Wulan SRW, and Prof. Dr. Sal Prima Yudha S.

2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Disertasi : 01 November 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahawa:

1. Disertasi dengan judul: "**MODEL STRATEGI PENGELOLAAN PENCEMARAN AIR DI SUNGAI WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT BERBASIS *INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM)***" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, November 2022
Yang membuat pernyataan,



ANANG RISGIYANTO
NPM 1830011001

RIWAYAT HIDUP

Penulis Anang Risgiyanto lahir di Metro pada tanggal 31 Juli 1975, putra kedua dari empat saudara dari pasangan Bapak Sukiyatno dan Ibu Daliyah. Penulis menikah dengan Elin Ariningtyas dan dikaruniai 2 orang anak, yaitu Muhammad Aqila Zhafran R, dan Alya Khairunnisa Zhafrin R. Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 3 Sribhawono, Sekolah Menengah Pertama di SMPN Sribawono dan Sekolah Menengan Atas di SMAN 1 Labuhan Maringgai.

Pendidikan Jenjang Sarjana (S-1) Fakultas Kesehatan Masyarakat di Universitas Indonesia pada tahun 1997. Magister (S-2) Ilmu Kesehatan Masyarakat juga diselesaikan di Universitas Indonesia pada tahun 2003. Kemudian pada tahun 2018, penulis melanjutkan ke jenjang Doktor pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Lampung, dan melakukan penelitian dengan judul “Model Strategi Pengelolaan Pencemaran Air di Sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Terhadap Kesehatan Masyarakat Berbasis Interpretive Structural Modelling (ISM)”. Saat ini penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil dan menjabat sebagai Kepala Bappeda Kota Metro, Lampung.

PERSEMBAHAN

اِسْمُ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Dengan mengucapkan

Alhamdulillahirabbil'alamin dan dengan segala kerendahan hati,
Disertasi ini saya persembahkan sepenuhnya kepada kedua orang tua tercinta,
Ayahanda dan Ibunda. Atas ketulusannya dari hati untuk segala doa yang tak
pernah putus dan pengorbanan yang sangat berarti. Melalui karya sederhana
ini, saya mengucapkan terima kasih atas segalanya.

Kepada istri dan kedua anakku, yang membuat segalanya menjadi mungkin
sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana Disertasi ini akhirnya selesai.
Terimakasih atas segala dukungan dan doa baik yang tidak pernah berhenti kalian
berikan. Saya selamanya bersyukur dengan keberadaan kalian sebagai keluarga.

Dengan segala rasa hormat kepada

Bapak Prof. Suharso, Ph.D., Bapak Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D., Ibu Prof. Dr.
Buhani, M.Si., serta seluruh Dosen Pengajar yang telah membimbing dan
mendidik saya sampai menyelesaikan pendidikan Doktor.

Keluarga dan seluruh rekan-rekan yang telah memberikan dukungan, semangat,
kebahagian dan motivasi.

Kepada Almamater saya Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana
Universitas Lampung.

SANWACANA

Segala puji dan syukur dipanjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang atas karunia-Nya telah membimbing penulis mulai dari awal proses penyusunan sampai akhir proses penyelesaian naskah disertasi yang berjudul “**Model Strategi Pengelolaan Pencemaran Air di Sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Terhadap Kesehatan Masyarakat Berbasis *Interpretive Structural Modelling (ISM)***”, sebagai salah satu prasyarat memperoleh gelar Doktor dalam Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Fakultas Pascasarjana, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa perkenan dan ridho-Nya, kesungguhan, ketekunan, dan kerja keras, serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak maka karya disertasi ini tidak akan pernah terselesaikan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan banyak terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Mohammad Sofwan Effendi, M.Ed., selaku Rektor Universitas Lampung dan Direktur Pascasarjana Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Bapak Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, ST., MT., yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan disertasi ini.
2. Bapak Prof. Suharso, Ph.D., selaku Ketua Tim Promotor, atas segala kebaikan, ilmu, motivasi, keikhlasan, kesabaran dan bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian dan disertasi ini dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan atas semua yang telah Bapak berikan, aamiin.
3. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si., selaku Ko-Promotor 1 atas segala saran, nasihat, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam

perencanaan dan penyelesaian disertasi ini. Semoga Allah senantiasa memberikan ridho-Nya dan membalas semuanya dengan kebaikan.

4. Bapak Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan dan sekaligus sebagai Ko-Promotor 2 atas segala kritik, saran dan ilmu yang bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis, sehingga disertasi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah memberikan keberkahan atas semua yang sudah diberikan.
5. Ibu Prof. Dr. Dyah Wulan Sumekar RW, SKM, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung yang telah memberikan saran, koreksi, petunjuk dan arahan kepada penulis selama penulisan disertasi ini.
6. Bapak Raden Adipati Surya, SH., M.M., selaku Bupati Way Kanan yang telah banyak memberikan izin dan *support* kepada penulis selama menempuh pendidikan dan penelitian disertasi ini.
7. Bapak dr. H. Wahdi Siradjuddin, Sp. OG. (K), M.H., selaku Walikota Metro yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan disertasi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Lampung atas segala ilmu, bimbingan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung, semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan-kebaikan Bapak dan Ibu.
9. Teman-teman Tim Penelitian Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, terima kasih atas kerjasama, dukungan dan semangat kebersamaannya selama proses penelitian.
10. Ucapan terima kasih yang amat sangat dan rasa hormat yang setinggi-tingginya dihaturkan kepada kedua orang tua penulis yang tercinta Ibunda dan almarhum Ayahanda yang telah membesarkan dan mengasuh, mendidik, membimbing dengan ikhlas dan penuh kasih sayang, sehingga penulis menjadi pribadi yang mandiri, serta senantiasa selalu berdoa kepada Allah SWT., untuk kebaikan, keselamatan, dan keberhasilan penulis.
11. Terima kasih untuk Ibu dan almarhum Bapak mertua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan pendidikan Doktor ini.

12. Terimakasih kepada Istri dan anak-anakku tercinta serta segenap keluarga yang telah sabar dan penuh pengertian selalu memberi doa, kasih sayang dan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan Doktor ini. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan, keselamatan, rezeki dan kebahagiaan dunia akhirat kepada kalian aamiin Allahumma aamiin.
13. Seluruh rekan-rekan di Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Lampung yang telah banyak mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan Pendidikan Doktor ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian disertasi dan penelitian ini telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa penulisan disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karenanya dengan segala kerendahan hati, penulis menerima setiap kritikan, saran atau ide demi kesempurnaannya. Harapan penulis semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan memberikan ide baru bagi penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 01 November 2022

Hormat Saya

ANANG RISGIYANTO

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER DISERTASI	i
JUDUL DISERTASI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Hipotesa	6
1.5. Urgensi atau Keutamaan Penelitian.....	6
1.6. Kebaruan (<i>Novelty</i>).....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Profil Umum Wilayah Penelitian	10
2.1.1. Karakteristik Lokasi dan Wilayah.....	10
2.1.2. Potensi Pengembangan Wilayah	19
2.1.3. Sumber Daya Bahan Galian	24
2.1.4. Kondisi Demografi.....	30
2.1.5. Sungai Way Umpu	34

2.2. Perairan dan Pencemaran.....	37
2.2.1. Karakteristik Sungai.....	37
2.2.2. Pencemaran Lingkungan.....	44
2.2.3. Penyebab Pencemaran Air.....	47
2.2.4. Dampak Pencemaran Air Sungai.....	50
2.2.5. Peranan Air Dalam Penyebaran Penyakit.....	53
2.3. Kesehatan dan Lingkungan Masyarakat.....	55
2.3.1. Penyakit Berbasis Lingkungan.....	55
2.3.2. Kesehatan Masyarakat.....	59
2.4. Parameter Kualitas Air Sungai.....	65
2.4.1. Suhu.....	66
2.4.2. Daya Hantar Listrik.....	67
2.4.3. Total Padatan Tersuspensi.....	67
2.4.4. Kecepatan Arus.....	68
2.4.5. Kecerahan atau Warna.....	68
2.4.6. Kekeruhan.....	69
2.4.7. pH.....	70
2.4.8. <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	71
2.4.9. <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	72
2.4.10. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	74
2.4.11. Ammonia.....	75
2.4.12. Nitrat.....	77
2.4.13. Nitrit.....	79
2.4.14. Fosfat.....	80
2.4.15. Logam Berat.....	82
2.4.16. <i>Coliform</i>	92
2.4.17. Makrozoobentos.....	93
2.5. Indeks Kualitas Air.....	97
2.5.1. Baku Mutu.....	99
2.5.2. Indeks Pencemaran (IP).....	101
2.5.3. Metode Storet.....	103
2.6. Pengukuran Parameter Biologi.....	104
2.6.1. Indeks Keanekaragaman (H').....	104
2.6.2. Indeks Keseragaman Jenis (Kemerataan/E).....	106
2.6.3. Indeks Dominansi (C).....	107
2.7. <i>Interpretive Structural Modelling</i> (ISM).....	108
III. METODE PENELITIAN.....	111
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	111
3.2. Jenis Penelitian.....	112
3.3. Rancangan Penelitian.....	112
3.4. Pengumpulan Data.....	115
3.5. Analisis Data.....	118
3.6. Alat dan Bahan.....	123

3.6.1. Alat.....	123
3.6.2. Bahan.....	123
3.7. Cara Kerja.....	124
3.7.1. Penentuan Titik Lokasi	124
3.7.2. Pengambilan Data Parameter Fisika, Kimia dan Biologi.....	126
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	137
4.1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Sungai Way Umpu	137
4.1.1. Parameter Fisika.....	137
4.1.2. Parameter Kimia.....	145
4.1.3. Logam Berat.....	157
4.1.4. Parameter Biologi.....	170
4.2. Indeks Pencemaran (IP).....	176
4.3. Pengukuran Parameter Biologi	179
4.3.1. Indeks Keanekaragaman (H')	179
4.3.2. Indeks Keseragaman Jenis (E)	181
4.3.3. Indeks Dominansi (C)	183
4.4. Korelasi Antara Kualitas Air Sungai Way Umpu dengan Tingkat Kesehatan Masyarakat	184
4.5. Perubahan Morfologi Sempadan Sungai Way Umpu.....	191
4.5.1. Tutupan Lahan Tahun 2009	194
4.5.2. Tutupan Lahan Tahun 2013	197
4.5.3. Tutupan Lahan Tahun 2018	200
4.5.4. Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2009, 2013, dan 2018.....	203
4.6. Analisis Perilaku Masyarakat Terhadap Lingkungan dan Kesehatan	209
4.7. Analisis Strategi Kebijakan Pengelolaan Pencemaran Sungai di Sungai Way Umpu Terhadap Peningkatan Derajat Kesehatan Masyarakat ...	212
4.7.1. Analisis Elemen Kendala dalam Pengelolaan Pencemaran Air di Sungai Way Umpu terhadap Kesehatan Masyarakat di Kabupaten Way Kanan.....	213
4.7.2. Program atau Aktivitas dalam Pengelolaan Pencemaran Air di Sungai Way Umpu terhadap Kesehatan Masyarakat di Kabupaten Way Kanan.....	222
4.8. Rumusan Rekomendasi Kebijakan	230
V. SIMPULAN DAN SARAN	233
5.1. Kesimpulan	233
5.2. Saran	234
DAFTAR PUSTAKA	236
LAMPIRAN.....	255

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Luas Wilayah, Jumlah Kampung/Kelurahan Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Way Kanan.....	12
2. Nama-nama Sungai, Panjang Sungai dan Luas Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Way Kanan	15
3. Luas Tutupan Lahan per Kecamatan di Kabupaten Way Kanan.....	17
4. Jumlah dan Persentase Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Way Kanan Tahun 2020	31
5. Kepadatan Penduduk di Kabupaten Way Kanan Tahun 2019.....	32
6. Jumlah Penduduk Kabupaten Way Kanan Tahun 2016-2020.....	33
7. Jenis Pencemar yang Berasal dari Kegiatan Pemanfaatan Lahan	39
8. Daftar Persyaratan Kualitas Air Sungai Secara Kimia.....	40
9. Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih Secara Fisik.....	41
10. Parameter Kualitas Air Sungai dan Baku Mutu Kelas III	65
11. Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan	70
12. Tingkat Pencemaran Berdasarkan Nilai BOD	73
13. Tingkat Pencemaran Berdasar Nilai COD.....	75
14. Gejala atau Pengaruh Berbagai Konsentrasi Ammonium	76
15. Contoh Makrozoobentos Berdasarkan Kepekaannya Terhadap Bahan Pencemar	93
16. Tingkat Cemar Perairan Berdasarkan Makrozoobentos Indikator.....	95
17. Pengaruh pH Terhadap Keberadaan Makrozoobentos	96
18. Klasifikasi Kualitas Air	99
19. Hubungan Antara Indeks Pencemaran dengan Tingkat Ketercemaran	102
20. Klasifikasi Kualitas Air Berdasarkan Metode Storet.....	103

21.	Skor Setiap Parameter untuk Metode Storet.....	104
22.	Kategori Indeks Keanekaragaman (H') dan Kriterianya.....	106
23.	Kategori Indeks Keseragaman (E).....	107
24.	Kategori Indeks Dominansi (C).....	107
25.	Tujuan, Jenis dan Sumber Data, Metode Analisis, dan Output.....	113
26.	Sub Elemen Kendala	115
27.	Sub Elemen Program atau Aktivitas.....	116
28.	Matriks SSIM Sub Elemen Kendala.....	116
29.	Matriks SSIM Sub Elemen Program atau Aktivitas	117
30.	Matriks SSIM Sub Elemen Aktor atau Lembaga	118
31.	Parameter Fisika dan Baku Mutu Kualitas Air Sungai Kelas III.....	137
32.	Hasil Pengukuran Parameter Suhu Air Sungai Way Umpu	138
33.	Hasil Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik Air Sungai Way Umpu	139
34.	Hubungan pH dengan Nilai DHL Sungai Way Umpu	140
35.	Hasil Pengukuran Parameter TSS Air Sungai Way Umpu.....	141
36.	Hasil Pengukuran Parameter Arus Air Sungai Way Umpu.....	142
37.	Hasil Pengukuran Parameter Kecerahan Warna Air Sungai Way Umpu..	143
38.	Hasil Pengukuran Parameter Kekeruhan Air Sungai Way Umpu	144
39.	Parameter Kimia dan Baku Mutu Kualitas Air Sungai	145
40.	Hasil Pengukuran Parameter pH Air Sungai Way Umpu.....	146
41.	Hasil Pengukuran Parameter DO Air Sungai Way Umpu.....	148
42.	Hasil Pengukuran Parameter COD Air Sungai Way Umpu	149
43.	Hasil Pengukuran Parameter BOD Air Sungai Way Umpu	151
44.	Hasil Pengukuran Parameter Ammonia (NH ₃) Air Sungai Way Umpu....	152
45.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrat Air Sungai Way Umpu	154
46.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrit Air Sungai Way Umpu.....	155
47.	Hasil Pengukuran Parameter Fosfat Air Sungai Way Umpu	156
48.	Data hasil analisis kandungan logam Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn dan Pb pada air di sepanjang Sungai Way Umpu	158
49.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Cd pada Sungai Way Umpu	159
50.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Cr pada Sungai Way Umpu	161
51.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Cu pada Sungai Way Umpu	163

52.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Fe pada Sungai Way Umpu	164
53.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Hg pada Sungai Way Umpu	166
54.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Mn pada Sungai Way Umpu.....	168
55.	Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Pb pada Sungai Way Umpu	169
56.	Parameter <i>Coliform</i> dan Baku Mutu Kualitas Air Sungai	171
57.	Kedalaman Sungai Way Umpu Berdasarkan Lokasi Sampling	172
58.	Makrozoobentos Indikator untuk Menilai Kualitas Air.....	173
59.	Makrozoobentos yang ditemukan di Perairan Sungai Way Umpu.....	174
60.	Nilai Indeks Pencemaran pada Masing-masing Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Way Umpu	177
61.	Indeks Keanekaragaman (H') pada Empat Lokasi Pengamatan di Sungai Way Umpu.....	179
62.	Indeks Keseragaman Jenis (E) pada Empat Lokasi Pengamatan di Sungai Way Umpu.....	182
63.	Indeks Dominansi (C) pada Empat Lokasi Pengamatan di Sungai Way Umpu	183
64.	Hasil Analisis Statistika Korelasi Antara Kesehatan Masyarakat dengan Kualitas Air Sungai Way Umpu	186
65.	Analisis Jawaban Hasil Kuesioner.....	187
66.	Jumlah Total Hasil Skor Responden di setiap Pertanyaan Kuesioner	190
67.	Tutupan lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2009.....	194
68.	Jenis Tutupan lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2009.....	195
69.	Tutupan lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2013.....	197
70.	Jenis Tutupan lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2009.....	198
71.	Tutupan Lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2018	200
72.	Jenis Tutupan lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2009.....	201
73.	Perubahan Jenis Tutupan Lahan Sempadan Sungai Way Umpu Tahun 2009, 2013, dan 2018.	207
74.	Sub Elemen Kendala	214
75.	Matriks SSIM Sub Elemen Kendala.....	214
76.	Matriks SSIM Awal Hasil Agregasi 5 Pakar Hubungan Kontekstual Antar Sub Elemen Kendala	215

77.	Hasil <i>Reachibility Matriks</i> (RM) Awal Hasil Agregasi Lima Pakar Hubungan Kontekstual Antar Sub Elemen Kendala	215
78.	Hasil <i>Reachibility Matriks</i> (RM) Revisi Hasil Agregasi Lima Pakar Hubungan Kontekstual Antar Sub Elemen Kendala Dengan Konsistensi 86,11%.....	216
79.	Hasil Matriks RM Final Hasil Agregasi Lima Pakar Hubungan Kontekstual Antar Sub Elemen Kendala	216
80.	Matriks SSIM Sub Elemen Program atau aktivitas	222
81.	Matriks SSIM Awal hasil agregasi 5 pakar hubungan kontekstual antar sub elemen Program atau aktivitas.....	223
82.	Hasil <i>Reachibility Matriks</i> (RM) awal hasil agregasi lima pakar hubungan kontekstual antar sub elemen Program atau aktivitas.....	224
83.	Hasil matriks RM final hasil agregasi lima pakar hubungan kontekstual antar sub elemen Program atau aktivitas	224
84.	Hasil matriks RM final hasil agregasi lima pakar hubungan kontekstual antar sub elemen Program atau aktivitas	225
85.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Kadmium ..	264
86.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Kromium...	265
87.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Tembaga ...	266
88.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Besi	267
89.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Merkuri	268
90.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Mangan	269
91.	Konsentrasi, Absorbansi, Intersep dan Slop Larutan Standar Timbal.....	270
92.	Data Hasil Indeks Pencemaran (IP) di Titik Lokasi Pengamatan Kasui ..	271
93.	Data Hasil Indeks Pencemaran (IP) di Titik Lokasi Pengamatan Ojolali	272
94.	Data Hasil Indeks Pencemaran (IP) di Titik Lokasi Pengamatan Negeri Baru	273
95.	Data Hasil Indeks Pencemaran (IP) di Titik Lokasi Pengamatan Blambangan Umpu	274
96.	Data Hasil Analisis Makrozoobentos	275
97.	Data Makrozoobentos pada Lokasi Kasui	276
98.	Data Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (Kasui)	276

99.	Data Indeks Dominansi Makrozoobentos (Kasui).....	276
100.	Data Indeks Keseragaman Makrozoobentos (Kasui)	276
101.	Data Makrozoobentos pada Lokasi Ojolali	277
102.	Data Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (Ojolali).....	277
103.	Data Indeks Dominansi Makrozoobentos (Ojolali).....	278
104.	Data Indeks Keseragaman Makrozoobentos (Ojolali).....	278
105.	Data Makrozoobentos pada Lokasi Negeri Baru.....	278
106.	Data Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (Negeri Baru)	279
107.	Data Indeks Dominansi Makrozoobentos (Negeri Baru)	279
108.	Data Indeks Keseragaman Makrozoobentos (Negeri Baru)	279
109.	Data Makrozoobentos pada Lokasi Blambangan Umpu	280
110.	Data Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (Blambangan Umpu).....	280
111.	Data Indeks Dominansi Makrozoobentos (Blambangan Umpu).....	280
112.	Data Indeks Keseragaman Makrozoobentos (Blambangan Umpu)	281

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Administrasi Kabupaten Way Kanan	11
2. Status Kampung di Kabupaten Way Kanan Tahun 2019-2020.....	13
3. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Way Kanan.....	18
4. Bagian Hulu Sungai Way Umpu	34
5. Bagian Badan Sungai Way Umpu	35
6. Bagian Hilir Sungai Way Umpu.....	36
7. Diagram Alir Penelitian Disertasi.....	114
8. Lokasi Penelitian	125
9. Lokasi daerah sungai Way Umpu.....	126
10. Peta Keadaan Sungai Way Umpu.....	193
11. Peta Tutupan Lahan Sempadan Sungai Way Umpu dengan Lebar 100 m Tahun 2009.....	196
12. Peta Tutupan Lahan Sempadan Sungai Way Umpu dengan Lebar 100 m Tahun 2013.....	199
13. Peta Tutupan Lahan Sempadan Sungai Way Umpu dengan Lebar 100 m Tahun 2018.....	202
14. Pola Perubahan Pada Sempadan Sungai Pada Tahun 2009.....	204
15. Pola Perubahan Pada Sempadan Sungai Pada Tahun 2013.....	205
16. Pola Perubahan Pada Sempadan Sungai Pada Tahun 2018.....	206
17. Grafik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2009, 2013, dan 2018.....	207
18. Grafik Peningkatan Perubahan Sempadan Sungai Way Umpu dari Aspek Pemukiman, Kenaikan 46,71%.	208
19. Grafik Pola Peningkatan Perubahan Sempadan Sungai Way Umpu dari Aspek Pertanian Lahan Kering Campur, Kenaikan 70,38%.	209

20.	Hubungan <i>Driving Power</i> dan <i>Dependence</i> dari Sub Elemen Kendala	217
21.	Model Struktur Sub Elemen Kendala	221
22.	Hubungan <i>Driving Power</i> dan <i>Dependence</i> dari Sub Elemen Program atau Aktivitas.....	226
23.	Model Struktur Sub Elemen Program atau Aktivitas	228
24.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kadmium	264
25.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kromium	265
26.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Tembaga	266
27.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Besi	267
28.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Merkuri	268
29.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Mangan	269
30.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Timbal	270

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Uji Analisis Parameter Fisika, Kimia dan Biologi	256
2. Kurva Kalibrasi, Absorbansi dan Konsentrasi Logam Berat	264
3. Indeks Pencemaran Masing-masing Lokasi Penelitian.....	271
4. Indeks Keanekaragaman, Indeks Dominansi dan Indeks keseragaman Masing- masing Lokasi Penelitian.....	275

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sub daerah aliran sungai Way Umpu merupakan bagian dari daerah aliran sungai Tulang Bawang dengan total daerah aliran sungai 9.865 km^2 , sedangkan sungai Way Umpu memiliki sub daerah aliran sungai sebesar $3.696,155 \text{ km}^2$. Sub daerah aliran sungai Way Umpu terletak di Kabupaten Way Kanan dengan pola aliran dendritik yang mengalir Kecamatan Banjit, Bahuga, Blambangan Umpu, Kasui dan Pakuon Ratu. Sungai Way Umpu merupakan salah satu sungai di Kabupaten Way Kanan Provinsi Lampung yang memiliki panjang kurang lebih 100 km dengan luas area tubuh sungai kurang lebih 1.179 km^2 (Ismail, 2016). Kondisi sungai Way Umpu mengalami penyempitan sejak tahun 1980 yang sebelumnya memiliki lebar kurang lebih 70 m hingga saat ini lebar sungai kurang lebih 30 m, selain itu sungai Way Umpu juga mengalami proses pendangkalan yang sebelumnya kurang lebih 7-10 m saat ini hanya kurang lebih 3-4 m (Hendra, 2020).

Potensi sungai Way Umpu sangat mendukung dalam sektor pertanian di beberapa kampung yang ada di Kabupaten Way Kanan dikarenakan sebagian besar mata pencaharian penduduk adalah sektor pertanian dan perkebunan. Selain pada sektor pertanian dan perkebunan, sungai Way Umpu juga dimanfaatkan oleh masyarakat di sektor perikanan, transportasi, pertambangan, industri, dan kebutuhan domestik masyarakat (Hendra, 2020). Umumnya, sungai Way Umpu masih digunakan untuk mencuci, mandi dan juga pengairan sawah. Pada beberapa lokasi di sepanjang sungai Way Umpu terdapat lahan yang dijadikan pertambangan oleh masyarakat. Sehingga perairan tersebut rentan terhadap kontaminasi unsur logam berat yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan.

Adanya kegiatan pertambang di Kampung Ojolali dan Negeri Baru tentunya akan berdampak buruk bagi keadaan perairan dan akan mempengaruhi tingkat kesehatan masyarakat di sekitar lokasi tersebut.

Ketersediaan dan kualitas air sungai Way Umpu kini kondisinya telah menurun karena dipengaruhi oleh beberapa faktor penting seperti aktivitas manusia pada sektor pertanian, perkebunan, produksi industri, pertambangan, pembangkit listrik, dan faktor lain penyebab penurunan kualitas air (Tyagi *et al.*, 2013). Sumber daya air yang terbatas ini berada di bawah ancaman pencemaran yang pada akhirnya akan mempengaruhi manusia secara umum. Aktivitas manusia inilah yang menyebabkan sungai menjadi rentan terhadap pencemaran air. Begitu pula pertumbuhan industri dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perairan (Soemarwoto, 2003). Sumber-sumber antropogenik seperti limbah industri yang tidak diolah, pembuangan limbah domestik yang tidak benar dan limpasan pertanian adalah kontributor utama mengenai pencemaran air. Berbagai kontaminan seperti logam berat, *coliform*, serta polutan organik dan anorganik lainnya menjadi sumber pencemar pada lingkungan perairan (Buhani *et al.*, 2019).

Lingkungan perairan yang telah tercemar akan memiliki pola hubungan terhadap tingkat kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air tersebut (Widiyani, 2020). Berbagai macam penyakit masyarakat timbul karena terjadinya pencemaran lingkungan perairan. Sebagai contoh, penyakit bawaan air seperti diare, *cholera*, *typhus abdominalis*, hepatitis A, dan *dysentrie amoeba*. Pada tahun 2017, berdasarkan laporan Seksi Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit Kabupaten Way Kanan, terdapat 14 kasus penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD). Berdasarkan data sepuluh penyakit terbanyak di wilayah kerja Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) sungai Way Umpu tahun 2020, diketahui bahwa jumlah penyakit yang berhubungan dengan hipertensi merupakan salah satu penyakit terbanyak dengan jumlah 876 kasus. Selain itu penyakit dengan jumlah kasus terbanyak lainnya yaitu penyakit yang berhubungan dengan kulit dan pernapasan. Pada tahun 2018 sebanyak 1.042 kasus penyakit ISPA (Infeksi Saluran

Pernafasan Atas) dialami oleh masyarakat sekitar sungai Way Umpu dan pada tahun 2019 jumlah kasus meningkat menjadi 1.142. Penyakit lainnya yang dimungkinkan karena terdampak dari pencemaran air sungai Way Umpu yaitu *Functional dispepsia*, *Reumatoid arthritis*, demam, *Common cold*, *Dermatitis unspecified*, *Arthritis* dan *Acute pharyngitis*. Penyakit-penyakit tersebut merupakan sepuluh penyakit terbanyak di wilayah kerja Puskesmas sungai Way Umpu yang disebabkan karena pengaruh dari kualitas air sungai.

Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Parameter tercemarnya air dapat dianalisis secara fisika, kimia, dan biologi yang meliputi suhu, daya hantar listrik, *Total Suspended Solid* (TSS) atau total padatan tersuspensi, arus, warna, kekeruhan, derajat keasaman (pH), *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) atau kebutuhan oksigen biologi, *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi, ammonia, nitrat dan nitrit, fosfat, kandungan logam berat seperti kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), merkuri (Hg), mangan (Mn) dan timbal (Pb), serta kandungan bakteri *coliform* dan makrozoobentos.

Kebutuhan masyarakat Kabupaten Way Kanan terhadap sumber daya air semakin tinggi, namun demikian kualitas sumber daya air yang bersumber dari sungai Way Umpu mengalami penurunan akibat adanya pencemaran dan penurunan performa tubuh sungai. Penurunan kualitas sungai Way Umpu akan berdampak pada aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Dampak lingkungan yaitu perubahan parameter fisika-kimia dan biota perairan sungai yang tidak memenuhi baku mutu sesuai dengan regulasi sehingga mengganggu ekosistem sungai. Dampak ekonomi adalah menurunnya nilai ekonomi yang dapat dirasakan oleh masyarakat dengan pemanfaatan sumber daya air sungai selain itu juga meningkatkan biaya kesehatan. Dampak sosial yaitu menimbulkan gangguan kesehatan terhadap masyarakat yang memanfaatkan air sungai. Pencemaran lingkungan perairan pada sungai Way Umpu secara signifikan mempengaruhi kesehatan mental dan fisik diantara masyarakat yang berpenghasilan rendah, dan

apabila dilakukan proses pengelolaan lingkungan perairan maka akan terjadi peningkatan kesehatan masyarakat yang lebih baik. Untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat tersebut maka diperlukan suatu model strategi pengelolaan pencemaran sungai. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian mengenai strategi pengelolaan pencemaran sungai Way Umpu di Kabupaten Way Kanan yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat dalam pemanfaatan air sungai sangat perlu dilakukan lebih mendalam. Keterkaitan antara kegiatan masyarakat, kualitas sungai Way Umpu dan derajat kesehatan masyarakat sekitar wilayah sungai Way Umpu saling terkait dan dinamis. Selain itu penelitian sejenis ini di sungai Way Umpu dan pengaruh kesehatan masyarakat di sekitar sungai belum pernah dilakukan, sehingga dapat mengisi kekosongan referensi ilmiah tentang kajian sungai Way Umpu dan kajian tentang kesehatan masyarakat.

Selanjutnya dalam menyusun model strategi pengelolaan pencemaran sungai yang berdampak pada kesehatan masyarakat dalam pemanfaatan sungai Way Umpu akan dilakukan dengan menggunakan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM). Penggunaan metode analisis yang sesuai dan ilmiah akan memberikan hasil strategi pengelolaan yang tepat dan bermanfaat. ISM adalah suatu teknik yang digunakan untuk membantu menentukan urutan tujuan pada hubungan yang kompleks, menemukan sub-elemen kunci, karakter setiap sub-elemen dan memberikan gambaran yang konkrit tentang suatu struktur hirarki melalui pendapat para ahli. Metode ISM membantu dalam mengidentifikasi dan menyimpulkan hubungan antara kualitas sungai Way Umpu dengan tingkat kesehatan masyarakat di sekitar sungai tersebut. Penggunaan metode ISM juga telah luas digunakan, terutama untuk menganalisis struktural elemen-elemen berdasarkan hubungan kontekstualnya (Saxena *et al.*, 1992; Marimin 2008; Eriyanto, 2013). Prinsip dasar metode ini adalah menentukan elemen-elemen kunci dan pola hubungan struktural antar sub-sub elemen dalam strategi kebijakan yang akan dilakukan. Model strategi pengelolaan pencemaran sungai Way Umpu yang berdampak pada kesehatan masyarakat akan menjadi rekomendasi kebijakan bagi pemangku kepentingan, yaitu pemerintah, masyarakat, dan para *stakeholders*.

Pada penelitian ini akan melengkapi keterbatasan dari penelitian sebelumnya yaitu dengan membuat model strategi pengelolaan pencemaran air di sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan terhadap kesehatan masyarakat berbasis ISM. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menentukan parameter pencemaran air sungai, menganalisis dampak pencemaran sungai Way Umpu terhadap kesehatan masyarakat serta membuat model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran sungai. Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan solusi dalam pemanfaatan potensi sungai Way Umpu secara maksimal baik oleh masyarakat maupun pemerintah.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka beberapa pertanyaan dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kualitas air sungai Way Umpu akibat adanya pencemaran dan perubahan morfologi sungai?
2. Bagaimana pola hubungan antara sumber pencemaran sungai Way Umpu, lingkungan, dan kesehatan masyarakat?
3. Apa kendala utama yang dihadapi dalam pengelolaan sungai Way Umpu ?
4. Bagaimana strategi kebijakan pengelolaan pencemaran sungai di sungai Way Umpu yang dihasilkan dapat meningkatkan derajat kesehatan masyarakat?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kualitas sungai Way Umpu berdasarkan analisis parameter fisika, kimia dan biologi serta hasil analisis nilai Indeks Pencemaran dengan metode kuantitatif.
2. Menganalisis korelasi antara kualitas air sungai Way Umpu terhadap kesehatan masyarakat dengan metode analisis statistik.
3. Menganalisis kendala utama yang dihadapi dalam pengelolaan sungai Way Umpu

4. Merumuskan model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran sungai di sungai Way Umpu terhadap peningkatan derajat kesehatan masyarakat dengan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM).

1.4. Hipotesa

Berdasarkan perumusan masalah, teori yang ada dan tujuan penelitian maka hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diduga kualitas air sungai Way Umpu menurun dipengaruhi oleh nilai parameter pencemaran yang jauh di atas baku mutu dan adanya penurunan performa tubuh sungai karena penyempitan lebar sungai, pendangkalan sungai, dan kekeruhan air sungai
2. Diduga terdapat korelasi atau terdapat hubungan antara kesehatan masyarakat dengan kualitas air sungai Way Umpu
3. Diduga model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran air sungai Way Umpu menggunakan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM) dapat memberikan solusi dalam pemanfaatan potensi sungai Way Umpu secara maksimal baik oleh masyarakat maupun pemerintah serta dapat meningkatkan derajat kesehatan masyarakat

1.5. Urgensi atau Keutamaan Penelitian

Penelitian ini sangat penting dilakukan karena dapat memberikan informasi pola kesehatan masyarakat dan pemanfaatan sumber daya air di sekitar wilayah sungai Way Umpu. Pengguna yang terkait untuk memanfaatkan hasil penelitian ini adalah:

1. Pemerintah
Pemerintah dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk pengembangan kebijakan terkait pengelolaan lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai.
2. Masyarakat
Hasil penelitian ini akan memberikan manfaat kepada masyarakat karena dapat memberikan info terkait kualitas air sungai Way Umpu apakah baik atau tidak untuk digunakan dalam aktivitas sehari-hari, serta masyarakat akan

lebih menjaga kelestarian lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai.

3. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK)

Kajian pada penelitian ini akan berguna untuk pengembangan IPTEK terkait pengendalian lingkungan perairan sungai.

4. *Stakeholders*

Penelitian ini akan memberikan pertimbangan penggunaan teknologi dan metode dalam melakukan kegiatan usaha yang memanfaatkan sungai Way Umpu.

1.6. Kebaruan (*Novelty*)

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai kualitas air sungai dan hubungannya terhadap kesehatan masyarakat, contohnya seperti Farida *et al.*, (2021) dalam penelitiannya yaitu tentang “Dampak pencemaran sungai di Indonesia terhadap gangguan kesehatan”. Berdasarkan analisis yang telah dipelajari dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa masih banyak masyarakat yang menggunakan sungai dalam aktivitas sehari-hari, hal ini terlihat jelas dari hasil penelitian yang menganalisa kualitas air sungai dari parameter kimia, fisika, serta biologi yang melebihi baku mutu, seperti *E. Coli* serta kualitas air pada parameter COD, dan BOD. Masalah kesehatan dari pencemaran tersebut didapatkan penyakit seperti gangguan kulit, dermatitis, dan diare.

Penelitian serupa mengenai pola hubungan antara kualitas air sungai dengan kesehatan masyarakat juga pernah dilakukan oleh Rismawati *et al.*, (2022) yaitu dalam penelitiannya yang berjudul “hubungan pola perilaku masyarakat dan penggunaan air sungai dengan kejadian keluhan gangguan kulit di Kampung Sasirangan Kota Banjarmasin”. Hasil penelitian tersebut menunjukkan pola perilaku masyarakat yang memiliki hubungan yang nyata dengan kejadian penyakit kulit adalah mandi di sungai (*p-value* 0,025), lama kontak (*p-value* 0,02), dan frekuensi kontak (*p-value* 0,001).

Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, kajian mengenai pengaruh kualitas air sungai terhadap kesehatan masyarakat perlu dilakukan tidak hanya sebatas menentukan parameter kualitas air sungai maupun menganalisis uji statistik korelasi diantara kedua variabel tersebut. Hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya dapat dikembangkan kembali untuk membuat suatu kebijakan pengelolaan pencemaran air sungai terhadap kesehatan masyarakat, sehingga dapat meningkatkan kualitas air sungai serta derajat kesehatan masyarakat. Studi mengenai pencemaran sungai Way Umpu terkait dampak terhadap kesehatan masyarakat di Kabupaten Way Kanan dari hasil penelusuran pustaka sampai saat ini belum ada yang melakukan studi pada wilayah tersebut, sehingga diharapkan penelitian ini akan menjadi referensi bagi semua pihak terkait yang membutuhkan informasi mengenai pencemaran dan kualitas air sungai Way Umpu, serta kesehatan masyarakat.

Berdasarkan penjelasan di atas maka keterbaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pola hubungan sumber pencemar sungai Way Umpu dengan kesehatan masyarakat dan membuat model strategi kebijakan kesehatan masyarakat di wilayah sungai Way Umpu dengan metode *Interpretive Structural Modelling (ISM)*.
2. Menghasilkan model struktur sub elemen kendala yang menunjukkan beberapa level hirarki, di mana sub elemen kendala “Rendahnya kesadaran atau kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan sungai “ dan “Perilaku dan kebiasaan masyarakat pinggir sungai yang membuang limbah domestik ke sungai” merupakan elemen kendala kunci sebagai dasar dari sub elemen kendala yang lain, sub elemen kendala “Kebijakan pemerintah daerah belum sepenuhnya dilakukan untuk pengelolaan sungai”, “Lemahnya penegakan aturan terhadap perlindungan sungai” dan “Dukungan regulasi untuk pengelolaan sungai masih kurang” merupakan elemen kendala yang harus diselesaikan oleh pengambil kebijakan dan penegak hukum, sedangkan sub elemen kendala “Masih terdapat kegiatan penambangan di pinggir sungai” menjadi kewenangan pemerintah daerah dan aparat penegak hukum.

3. Menghasilkan model struktur sub elemen program atau aktivitas yang menunjukkan beberapa level hirarki, di mana sub elemen program atau aktivitas “Dukungan terhadap pengelolaan sungai Way Umpu yang berkelanjutan “ dan “Peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan sungai Way Umpu “ sebagai elemen kunci program atau aktivitas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Profil Umum Wilayah Penelitian

2.1.1. Karakteristik Lokasi dan Wilayah

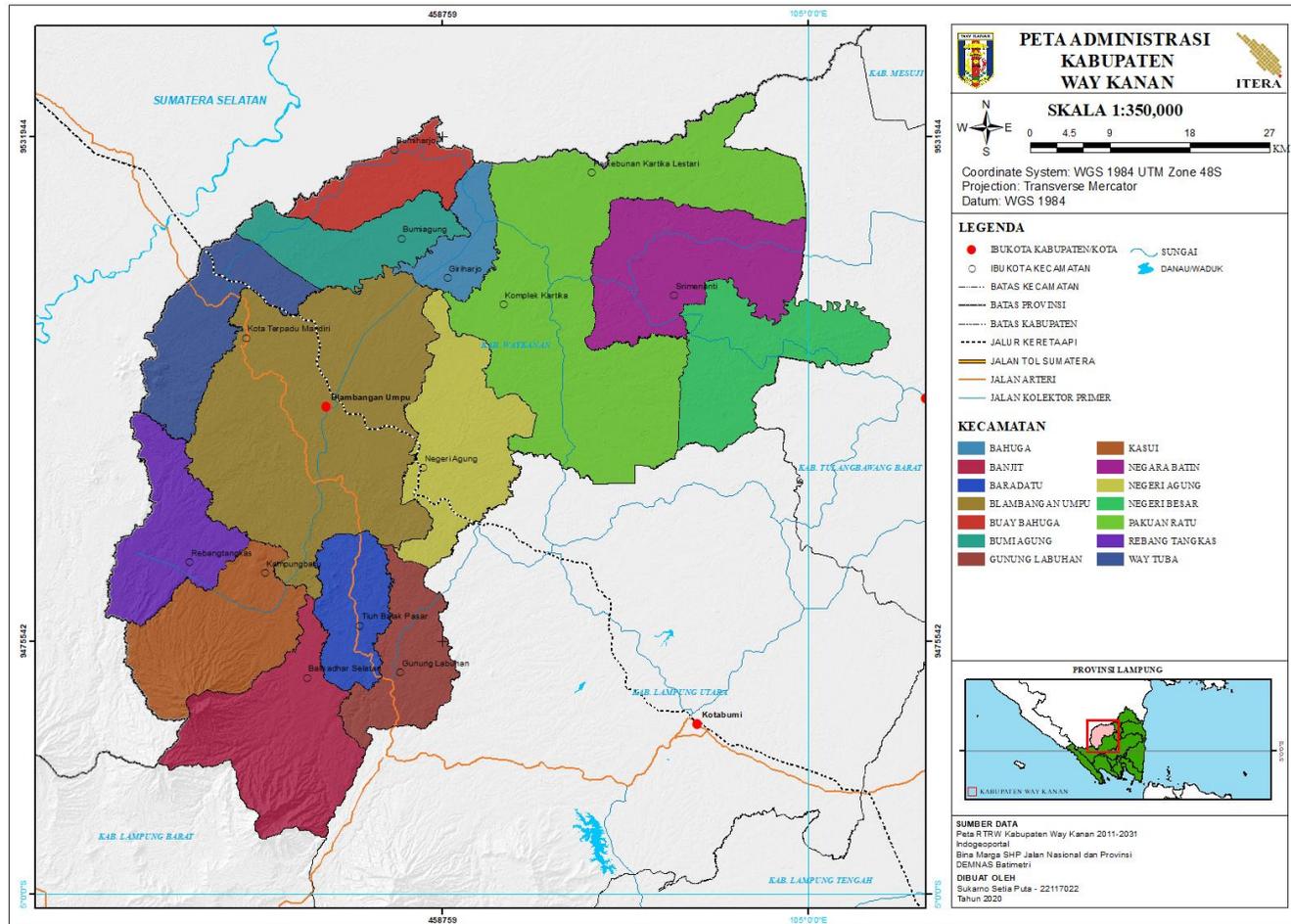
2.1.1.1. Aspek Geografi dan Batas Wilayah Administrasi

Kabupaten Way Kanan adalah salah satu dari 15 Kabupaten di Propinsi Lampung yang memiliki luas wilayah 3.921,63 km² atau sebesar 11,11% dari luas Provinsi Lampung. Ibukota Kabupaten Way Kanan adalah Blambangan Umpu yang menjadi salah satu kampung tua yang ada di Kabupaten Way Kanan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021). Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021, secara geografis Kabupaten Way Kanan terletak pada posisi Utara-Selatan 4.12°-4.58° Lintang Selatan dan arah Timur-Barat 104.17°-105.04° Bujur Timur. Secara administratif, Kabupaten Way Kanan pada awal terbentuknya pada tahun 1999 terbagi dalam 6 wilayah kecamatan dengan jumlah desa atau kampung sebanyak 192 kampung, pada tahun 2003 wilayah kecamatan menjadi 12 kecamatan dengan jumlah desa atau kampung sebanyak 198 kampung. Kemudian hingga tahun 2005 terjadi pemekaran wilayah kecamatan berdasarkan Keputusan Bupati Way Kanan Nomor 2 Tahun 2003 dan Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2005, sehingga jumlah kecamatan menjadi 14 kecamatan dengan jumlah desa atau kampung sebanyak 214 kampung.

Kabupaten Way Kanan Berbatasan dengan :

- Utara berbatasan dengan Provinsi Sumatera Selatan
- Selatan berbatasan dengan Kabupaten Lampung Utara
- Timur berbatasan dengan Kabupaten Tulang Bawang
- Barat berbatasan dengan Kabupaten Lampung Barat (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015).

Peta administrasi Kabupaten Way Kanan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Way Kanan

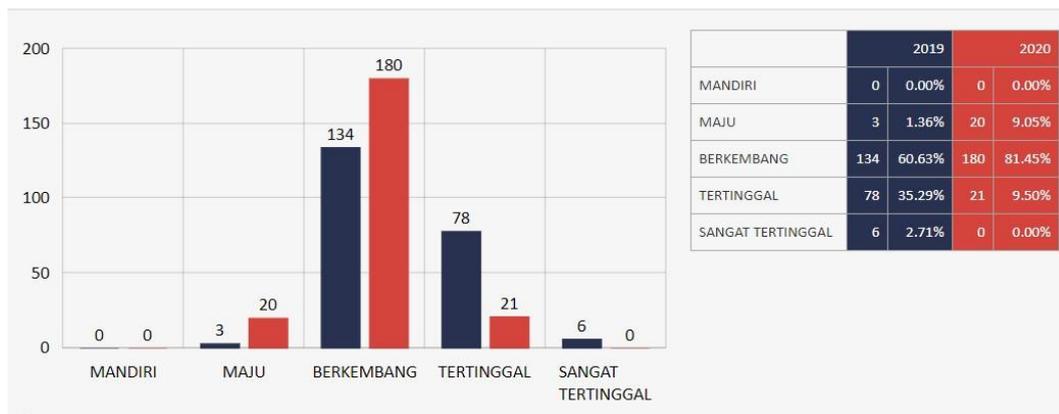
Kabupaten Way Kanan mempunyai kecamatan terluas dan terkecil, kecamatan yang terluas adalah Kecamatan Pakuan Ratu ($\pm 14,80\%$), sedangkan yang terkecil adalah Kecamatan Buay Bahuga ($\pm 2,09\%$). Data keseluruhan luas wilayah kecamatan di Kabupaten Way Kanan beserta jumlah kampung di tiap-tiap kecamatannya dapat dilihat pada Tabel 1 (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Tabel 1. Luas Wilayah, Jumlah Kampung/Kelurahan Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Way Kanan.

No	Kecamatan	Ibu Kota	Luas Wilayah		Jumlah	
			(Km ²)	(%)	Kampung/ Kelurahan	(%)
1	Banjit	Pasar Banjit	331,60	8,46	20	8,81
2	Baradatu	Tiuh Balak Pasar	152,03	3,88	22	9,69
3	Gunung Labuhan	Gunung Labuhan	115,22	2,94	21	9,25
4	Kasui	Jaya Tinggi	150,27	3,83	19	8,37
5	Rebang Tangkas	Gunung Sari	207,18	5,28	10	4,41
6	Blambangan Umpu	Blambangan Umpu	532,99	13,59	13	11,45
7	Way Tuba	Way Tuba	206,25	5,26	13	5,73
8	Negeri Agung	Negeri Agung	562,98	14,36	19	8,37
9	Bahuga	Mesir Ilir	138,22	3,52	11	4,85
10	Buay Bahuga	Bumi Harjo	102,04	2,60	9	3,96
11	Bumi Agung	Bumi Agung	131,75	3,36	10	4,41
12	Pakuan Ratu	Pakuan Ratu	580,34	14,80	19	8,37
13	Negara Batin	Negara Batin	348,40	8,88	15	6,61
14	Negeri Besar	Negeri Besar	362,37	9,24	13	5,73
Luas total			3.921,63	100	214	100

Sumber: Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021

Pada tanggal 30 Agustus 2012 Bupati Way Kanan melantik 12 Kepala Kampung hasil pemekaran sehingga total kampung di Kabupaten Way Kanan menjadi 222 kampung yang terdiri 216 kampung dan 6 kelurahan. Hingga kini dengan Peraturan Daerah Nomor 9 Tahun 2013 Kabupaten Way Kanan terdiri dari 14 kecamatan, yang meliputi 221 Kampung dan 6 Kelurahan. Berikut grafik status kampung yang ada di Kabupaten Way Kanan pada tahun 2019-2020 ditunjukkan pada Gambar 2 (Peraturan Daerah Nomor 9 Tahun 2013).



Gambar 2. Status Kampung di Kabupaten Way Kanan Tahun 2019-2020

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa dari 221 kampung, pada tahun 2020 sudah tidak ada lagi kampung dengan kategori sangat tertinggal, kampung tertinggal sudah berkurang dari 78 kampung menjadi hanya 21 kampung, dan kampung berkembang juga meningkat dari semula 134 kampung meningkat menjadi 180 kampung, serta kampung kategori maju sudah bertambah menjadi 20 kampung dari sebelumnya hanya 3 kampung (Peraturan Daerah Nomor 9 Tahun 2013).

2.1.1.2. Topografi dan Fisiografi

Secara topografi, Kabupaten Way Kanan dapat dibagi menjadi 2 (dua) unit topografi, yaitu: daerah topografi berbukit sampai bergunung dan daerah *river basin*. Topografi Kabupaten Way Kanan terdiri dari lereng-lereng curam atau terjal dengan ketinggian bervariasi antara 450–1.500 m dari permukaan laut. Bentuk medan topografi di sebelah barat berbukit-bukit, kurang dari 7% dari luas wilayah Kabupaten Way Kanan sedangkan sebelah timur lebih kurang 93% dari luas wilayah Kabupaten Way Kanan terbentang dataran yang sebagian besar berupa sawah serta perkebunan dataran rendah (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Bentang alam daerah Kabupaten Way Kanan juga dapat dikelompokkan ke dalam bentuk wilayah datar sampai bergelombang dengan kemiringan lereng 0–15° mencakup luasan kurang lebih 73,9%, bergelombang sampai berbukit dengan kemiringan lereng 15–25° memiliki sebaran kurang lebih 20,2 % dan berbukit

sampai bergunung dengan kemiringan lereng 25-40° memiliki sebaran kurang lebih 5,9%. Lereng-lereng curam atau terjal dengan ketinggian bervariasi 450–1.500 m dari permukaan laut, daerah ini meliputi Kecamatan Kasui dengan puncak tonjolannya ada pada Bukit Punggur (1700 m). Daerah Kecamatan Banjit dengan puncak tonjolannya ada pada Bukit Remas (1600 m) dan Bukit Duduk (1500 m) (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Sama seperti daerah lainnya di Indonesia, Kabupaten Way Kanan memiliki iklim tropis dengan 2 (dua) musim yang selalu berganti sepanjang tahun, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Suhu udara tertinggi sepanjang tahun 2020 tercatat pada bulan April, sebesar 32,72 °C dan terendah pada bulan September, sebesar 22,90 °C. Adapun secara rata-rata, suhu udara tertinggi pada tahun 2020 tercatat pada bulan Mei dengan 27,61 °C dan terendah pada bulan Juli 26,39 °C. Curah hujan tertinggi pada tahun 2020 tercatat pada bulan Februari dengan 462,70 mm. Sebagian besar sungai-sungainya mengalir dari arah barat yang berbukit-bukit menuju ke arah timur yang landai, hal ini sangat potensial untuk pengembangan irigasi (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021).

2.1.1.3. Geologi

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan Tahun 2021, peta geologi Kabupaten Way Kanan dapat diinventarisir bahwa bahan tambang utama yang ada di Way Kanan adalah mineral batuan diantaranya potensi andesit diperkirakan sebesar 176,9 juta m³ terdapat di Kecamatan Blambangan Umpu, Way Tuba, Banjit, Kasui dan Baradatu. Radiosit diperkirakan sebesar 3 juta m³, marmer 15,8 juta m³, bentonite 60 juta m³, kaolin 7,5 juta m³, tanah liat, gamping dan fosfat terdapat di Kecamatan Blambangan Umpu. Sedangkan potensi tufa 123,6 juta m³ di Blambangan Umpu dan Baradatu. Pasir batu 1,3 juta m³ di Baradatu, Banjit dan Blambangan Umpu. Kandungan bahan galian basalt diperkirakan sebesar 0,4 juta m³ di Banjit. Data tentang endapan mineral di Kabupaten Way Kanan belum banyak ditemukan sehingga besarnya potensi endapan bahan tambang belum banyak diketahui secara pasti (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.1.4. Hidrologi, Klimatologi dan Hidrogeologi

Kabupaten Way Kanan terdapat cukup banyak sungai. Sungai–sungai tersebut sebagian besar mengalir dari arah barat yang berbukit–bukit menuju ke arah timur yang landai. Hal ini sangat potensial untuk pengembangan irigrasi. Selain itu juga memiliki potensi yang tinggi untuk pengembangan di sektor perikanan dan pertanian. Keberadaan sungai–sungai tersebut sangat penting bagi masyarakat Way Kanan yaitu menjadi sumber air utama, terutama ketika kekeringan melanda. Oleh karena itu, upaya menjaga kualitas air sungai perlu dilakukan agar tidak membahayakan kesehatan masyarakat setempat yang mengandalkan sungai sebagai sumber tangkapan ikan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Wilayah Kabupaten Way Kanan dilalui oleh beberapa sungai besar seperti Way Umpu, Way Giham, Way Besai, Way Tahmi dan Way Kanan. Sungai-sungai sebagian besar berfungsi sebagai drainase makro wilayah menuju laut Jawa di pantai Timur Lampung. Arah drainase makro secara umum dari barat ke timur. Sungai-sungai tersebut merupakan bagian dari daerah aliran sungai Tulang Bawang dengan total daerah aliran sungai seluas 9.865 km². Way Umpu memiliki sub daerah aliran sungai terbesar 3.696,155 km² dengan pola aliran dendritik dan mengalir wilayah-wilayah Kecamatan Banjit, Bahuga, Blambangan Umpu, Kasui dan Pakuan Ratu. Daerah aliran sungai kritis berada di sekitar wilayah Timur Kabupaten Way Kanan yang mencakup Kecamatan Blambangan Umpu dan Pakuan Ratu (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Nama-nama sungai di Kabupaten Way Kanan dan panjang serta alirannya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nama-nama Sungai, Panjang Sungai dan Luas Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Way Kanan

No.	Nama Sungai	Panjang (km)	Daerah Aliran (km ²)
1.	Way Kanan	51	1.198
2.	Way Pisang	50	386
3.	Way Umpu	100	3.696,155
4.	Way Besai	113	870
5.	Way Giham	80	506
6.	Way Tahmi	60	448

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015

Secara umum Wilayah Kabupaten Way Kanan terbagi menjadi dua tipe iklim, yaitu pada bagian barat memiliki curah hujan cukup tinggi, berkisar antara 3000–5000 mm per tahun dan bagian timur memiliki curah hujan yang cukup rendah, berkisar antara 2000–3000 mm per tahun dengan temperatur rata-rata 26-30 °C. Musim hujan berlangsung dari bulan November sampai dengan bulan Mei, sedangkan musim kemarau berlangsung dari bulan Juni sampai bulan Agustus. Bulan agak kering adalah bulan September sampai bulan Oktober. Jumlah hari hujan di musim penghujan rata-rata tiap bulannya 10–16 hari dan di musim kemarau 4–8 hari (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

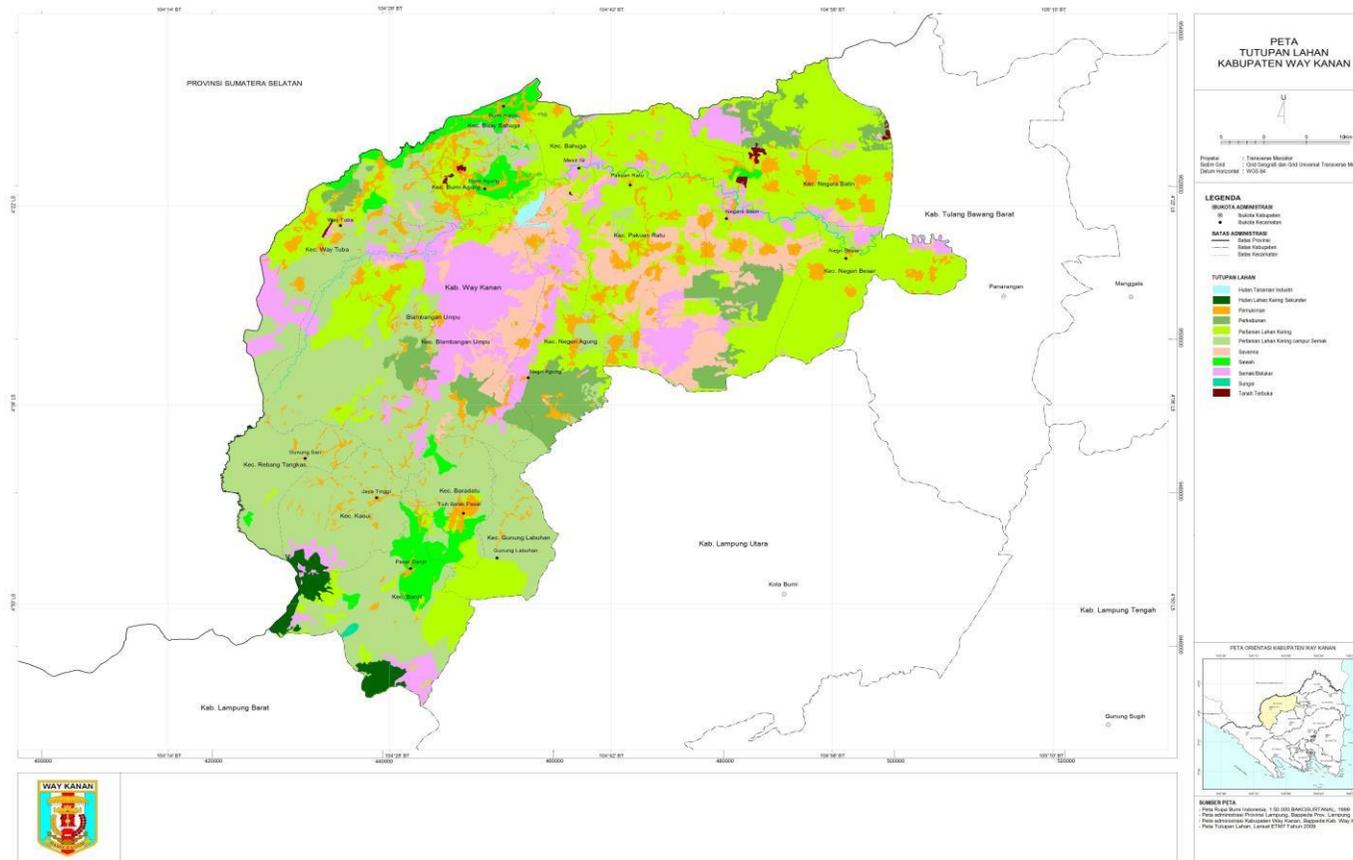
Dengan luas 3.921,63 km² Kabupaten Way Kanan menurut pola tata guna lahannya terdiri dari berbagai kegiatan seperti permukiman, jasa, pariwisata, industri, sawah, pertanian lahan kering, kebun campuran, perkebunan, perikanan, peternakan, hutan, semak belukar, waduk, pertambangan, tanah kosong dan lain-lain yang tidak diidentifikasi. Berdasarkan data yang diterima, pertanian lahan kering merupakan jenis tutupan lahan paling luas yaitu sekitar 114.437,64 Ha, sedangkan hutan tanaman industri dan tanah terbuka merupakan tutupan lahan paling kecil yaitu seluas 776,48 Ha dan 659,77 Ha (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Selengkapnya setiap tutupan lahan di Kabupaten Way Kanan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Luas Tutupan Lahan per Kecamatan di Kabupaten Way Kanan

No.	Tutupan (Kecamatan)	HTI	Pemukiman	Lahan Kering	Lahan Kering Campur Semak	Savana	Sawah	Sungai	Tanah Terbuka	Hutan Lahan Kering Sekunder	Semak/Belukar	Perkebunan	Jumlah
1	Bahuga	1,000	1.135,576	5.403,26	1,330	1.146,016	642,308	61,81	11,537	3.636,114	2.249,587		1.428,854
2	Banjit		481,201	5.260,849	13.682,271		4.269,16						5.923,370
3	Baradatu		1.073,821	1.121,928	7.770,651	39,078	2.444,382				0,227		2.075,015
4	Blambangan Umpu		7.905,182	9.336,727	28.310,818	7.941,158	51,208	239,771			17.364,73		10.164,228
5	Buay Bahuga		1.283,101	969,277	1.593,581		2.392,204				226,004		1.292,833
6	Bumi Agung	655,532	2.908,982	6.730,748	5.169,962	312,888	3.272,208	142,21	132,08		342,481	191,814	1.985,890
7	Gunung Labuhan		237,440	3.788,639	9.245,422		9,648						3.320,287
8	Kasui		823,958	29,988	15.437,142		113,141			735,243	1.039,303		3.029,796
9	Negara Batin		3.605,944	25.642,757	608,284	3.789,956	152,47	173,591	355,99		3.712,635	4.254,774	4.699,600
10	Negeri Agung	98,565	2.401,263	5.149,863	3.130,657	2.893,22					3.745,028	5.800,82	3.317,059
11	Negeri Besar		1.234,430	16.330,27	566,708	650,637		242,679			1.145,527		3.361,709
12	Pakuan Ratu	21,382	4.327,720	30.216,837	1.013,111	14.664,729	187,259		94,58		6.176,323	5.648,32	6.927,807
13	Rebang Tangkas		378,908	106,775	13.295,993		135,582						3.479,315
14	Way Tuba		1.905,646	4.349,721	9.270,349	152,578	462,554	34,299	65,586		4.018,476	893,400	2.350,290
Jumlah Total		776,5	29.703,172	114.437,639	109.096,279	31.590,260	14.132,124	894,360	659,773	4.371,357	40.020,321	16.789,128	53.356,05

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015

Peta tutupan lahan Kabupaten Way Kanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Way Kanan

2.1.2. Potensi Pengembangan Wilayah

Kabupaten Way Kanan merupakan salah satu wilayah di Propinsi Lampung yang didominasi oleh usaha di bidang perkebunan dan pertanian. Hal ini dapat diamati melalui pemanfaatan lahan untuk sumber mata pencaharian masyarakat di bidang perkebunan dan pertanian sebesar 35,2% sedangkan sisanya lahan tersebut digunakan sebagai hutan produksi sebesar 17,10%, hutan lindung 5,68%, sawah 3,70%, perladangan 3,72%, pekarangan 3,72%, kolam tambak dan rawa 0,47%, dan tegalan 18,1% serta lahan yang tidak diusahakan 12,50 % (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Data tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat di Kabupaten Way Kanan sangat bergantung pada bidang perkebunan dan pertanian. Hasil perkebunan dan pertanian tersebut meliputi karet, kelapa sawit, kelapa, kopi, lada, kakao, singkong, dan cengkeh serta tanaman pangan lainnya (Buhani *et al.*, 2018).

2.1.2.1. Pertanian

Kegiatan sektor pertanian mencakup segala pengusahaan dan pemanfaatan benda atau barang biologis (hidup) yang didapat dari alam untuk memenuhi kebutuhan hidup atau usaha lainnya. Kegiatan pertanian pada umumnya meliputi usaha bercocok tanam, pemeliharaan ternak, budidaya perikanan, perkebunan dan kehutanan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021). Sektor pertanian merupakan salah satu potensi yang dapat menyebabkan pencemaran di sungai Way Umpu, yang diakibatkan oleh produk samping yang berasal dari biotik ataupun abiotik dari kegiatan pertanian, sehingga lingkungan dan ekosistem di sekitarnya terkena dampaknya. Pemakaian produk industri pertanian akan menghasilkan penumpukan buangan bahan kimia beracun di atas permukaan tanah. Penumpukan bahan buangan ini dapat mencemari tanah dan badan-badan perairan (Situmorang, 2012).

2.1.2.2. Subsektor Tanaman Pangan dan Hortikultura

Sub sektor ini meliputi kegiatan penanaman, pembibitan, pemeliharaan dan pemungutan hasil-hasil pertanian tanaman pangan, sayur-sayuran serta buah-buahan. Jenis tanaman pangan yang banyak dibudidayakan oleh petani adalah

padi, sebagai bahan pangan pokok. Selain padi tanaman pangan yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat di Kabupaten Way Kanan adalah jenis palawija, yaitu jagung, ubi kayu, ubi jalar, kacang kedelai, kacang hijau, dan kacang tanah (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Komoditas tanaman pangan padi banyak dihasilkan di Kecamatan Banjit, Bumi Agung, Bahuga dan Buay Bahuga. Hal ini didukung oleh sarana dan prasarana pendukung berupa irigasi, *rice milling plant*, dan suplesi Way Besai. Komoditas jenis palawija yang mayoritas dibudidayakan adalah jagung dengan sentra produksi di Kecamatan Baradatu, Blambangan Umpu, Rebang Tangkas, Banjit dan Pakuan Ratu. Kemudian tanaman palawija mayoritas lainnya adalah ubi kayu dengan sentra produksi di Kecamatan Negara Batin, Pakuan Ratu, Negeri Besar, Negeri Agung dan Blambangan Umpu (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Subsektor tanaman pangan dan hortikultura merupakan salah satu subsektor yang banyak berperan dalam pencemaran lingkungan. Penggunaan pupuk yang berlebihan pada subsektor ini bukan hanya berdampak terhadap terjadinya pencemaran, namun juga berdampak terhadap peningkatan laju pedangkalan badan-badan air, akibat terjadinya proses eutrifikasi atau pengkayaan badan-badan air. Penggunaan pupuk yang berlebih dalam jangka panjang juga bisa berdampak terhadap peningkatan pencemaran oleh logam berat (Hindersah *et al.*, 2009).

2.1.2.3. Subsektor Perkebunan

Sub sektor tanaman perkebunan meliputi tanaman perkebunan rakyat dan tanaman perkebunan besar. Tanaman perkebunan rakyat adalah suatu usaha tanaman perkebunan yang dilakukan oleh rakyat secara individu dengan luas areal tanaman kurang dari 25 Ha sedangkan tanaman perkebunan besar adalah suatu usaha tanaman perkebunan yang dilaksanakan oleh perusahaan, atau oleh rakyat yang luas arealnya lebih besar atau sama dengan 25 Ha. Berdasarkan kondisinya, Kabupaten Way Kanan mempunyai keragaman dan potensi tanaman perkebunan

yang sangat spesifik yaitu perkebunan karet, kopi, sawit, kakao, dan lada (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Salah satu perkebunan yang terdapat di Kabupaten Way Kanan dan khususnya di daerah sekitar Sungai Way Umpu adalah kebun sawit. Kelapa sawit bukan merupakan komoditas yang dapat dikembangkan di semua lahan karena sifatnya yang “rakus air” sehingga dikhawatirkan akan mengganggu persediaan air di wilayah yang merupakan daerah resapan dan kantong-kantong air, belum lagi dampak dari limbah minyak sawit yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola secara baik dan benar (Adhynugraha, 2006).

2.1.2.4. Perikanan

Sub sektor ini meliputi segala perusahaan perikanan yang mencakup usaha penangkapan, pengambilan, maupun pemeliharaan segala jenis ikan dan hasil-hasilnya di sungai. Termasuk pengolahan sederhana seperti pengasinan, pengasapan atau pengeringan ikan yang dilakukan oleh nelayan atau rumah tangga. Potensi perikanan di Kabupaten Way Kanan sangat potensial untuk dikembangkan, hal ini dikarenakan Kabupaten Way Kanan dilalui oleh sungai sungai besar yaitu Sungai Way Kanan, Way Umpu, Way Pisang, Way Besai, Way Tahmi dan Way Giham. Selain dilalui sungai-sungai besar sebagai sumber air, ketersediaan pakan juga cukup melimpah yaitu dedak dan katul karena lokasi persawahan dekat dengan sentra perikanan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Kerusakan lingkungan akibat masuknya usaha budidaya perikanan darat umumnya diawali oleh pembukaan lahan yang diperuntukkan untuk usaha budidaya yang tidak memperhatikan aspek lingkungan sekitar serta rangkaian proses budidaya yang dilakukan tidak tepat sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan sekitar. Sebagai contoh limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan budidaya ikan akan mempengaruhi kualitas perairan. Untuk menjaga kelestarian suatu perairan maka kegiatan budidaya harus memperhatikan jumlah beban limbah baik dari usaha budidaya ikan maupun dari lingkungan (Sukadi,

2002). Areal yang dimanfaatkan untuk kepentingan budidaya perikanan yang kurang terkontrol menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan. Masalah yang timbul adalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh berbagai kegiatan di sekitar perairan maupun dari usaha budidaya itu sendiri (Nastiti *et al.*, 2001).

2.1.2.5. Peternakan

Sub sektor ini meliputi kegiatan pembibitan dan budidaya segala jenis ternak dan unggas dengan tujuan untuk dimanfaatkan hasilnya, baik dilakukan oleh perorangan (rakyat) maupun perusahaan peternakan. Komoditas ternak di Kabupaten Way Kanan antara lain sapi, kerbau, kambing, domba, babi, unggas dan itik (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan terutama berupa kotoran, bau yang kurang sedap dan air buangan, di mana air buangan berasal dari cucian tempat pakan dan minum hewan ternak, penyemprotan disinfektan kandang dan pencucian kandang yang terkadang menggunakan detergen bisa membahayakan kehidupan organisme di perairan karena menyebabkan suplai oksigen dari udara sangat lambat akibat busanya yang menutupi permukaan air (Connel dan Miller, 1995).

2.1.2.6. Potensi Pertambangan Kabupaten Way Kanan

Secara geologi, wilayah Kabupaten Way Kanan dibentuk oleh formasi kikum berumur *Paleosen-Oligosen*, formasi kasai berumur *Pliosen-Plistosen* dan satuan batuan breksi gunung api-*tuff* yang diendapkan pada periode *Plistosen-Holosen*. Formasi kikum merupakan satuan stratigrafi tertua di wilayah ini terdiri atas breksi gunung api, *tuff* padu, *tuff*, lava, batu pasir dan batu lanau. Breksi gunung api berwarna abu-abu kehijauan hingga ungu, berbutir kasar, terpilah buruk, dengan fragmen andesitik-basaltik menyudut berukuran mencapai 30 cm yang tertanam dalam matriks tuffa; diduga merupakan breksi lahar. *Tuff* berwarna abu-abu kehijauan hingga ungu, padu dan berstruktur aliran. Lava bersusunan andesitik-basaltik. Batu pasir berwarna abu-abu, kompak, berukuran butir menengah-kasar,

berlapis baik dengan ketebalan 15-30 cm. Batu lanau berwarna abu-abu hingga ungu, berlapis baik dengan ketebalan 30 cm, setempat mengandung lensa-lensa batu bara. Formasi ini menempati sebagian kecil bagian utara wilayah tersebut dengan karakteristik telah mengalami perubahan hidrotermal dan termineralisasi terutama pada batuan piroklastiknya (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Formasi kasai terdiri atas konglomerat, batu pasir kuarsa, batu lempung tufan dan *tuff* asam masif berbatu apung. Konglomerat dengan fragmen berukuran menengah kasar, terpilah buruk, berbentuk membundar tanggung terdiri atas batu apung, batuan gunung api terubah dan kuarsa. Batu pasir kuarsa berwarna kuning putih, agak lunak dan mudah diremas, berukuran butir menengah kasar, disusun oleh 90% kuarsa dan batu apung dengan struktur perlapisan silang-siur. Batu lempung tuffa berwarna abu-abu kekuningan, sedikit terkonsolidasi, mengandung potongan-potongan gelas vulkanik dan kayu terkarsikkan. *Tuff* berwarna putih kekuningan, mengandung batu apung dan masif, dengan struktur perlapisan silang-siur. Lignit berupa sisipan-sisipan dan lensa-lensa di dalam satuan-satuan batu pasir dan batu lempung (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Satuan batuan breksi gunung api-*tuff* terdiri atas breksi lahar, lava dan *tuff* andesitik-basaltik. Breksi gunung api berwarna abu-abu kehitaman, terpilah buruk disusun oleh fragmen-fragmen menyudut lava andesit berukuran 0,5-150 cm. Lava basalt berwarna abu-abu kehitaman, *afanitik* dan *porfiritik*, dengan fenokris terdiri atas *olivin* dan *plagioklas* berukuran 0,4-1,0 cm. *Tuff* litik berwarna abu-abu kekuningan hingga coklat, terpilah buruk disusun oleh fragmen-fragmen menyudut berukuran 0,4-1,5 cm yang terdiri atas andesit, *tuff*, gelas vulkanik dan bahan-bahan karbonan. *Tuff* hibrid berwarna putih kekuningan, lunak dan mudah diremas, terpilah buruk, bentuk menyudut membundar tanggung berukuran 0,4-1,0 cm terdiri atas andesit, basalt, gelas, besi oksida, dan bahan-bahan karbonan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Penambangan secara langsung menyebabkan pencemaran air, yaitu dari limbah tersebut dalam hal memisahkan batu bara dengan sulfur. Limbah pencucian tersebut mencemari air sungai sehingga warna air sungai menjadi keruh, asam, dan menyebabkan pendangkalan sungai akibat endapan pencucian batu bara tersebut. Limbah pencucian batu bara setelah diteliti mengandung zat-zat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia jika airnya dikonsumsi. Limbah tersebut mengandung belerang, merkuri, mangan, asam sulfat dan timbal. Merkuri dan timbal merupakan logam berat yang dapat menyebabkan penyakit kulit pada manusia seperti kanker kulit (Maddusa, 2017).

2.1.3. Sumber Daya Bahan Galian

2.1.3.1. Emas

1. Lokasi di Kecamatan Kasui, Rebang Tangkas, dan Blambangan Umpu. Ditemukan bahan galian emas berupa cebakan sekunder (*placer*) pada aliran Way Umpu, yang terperangkap di dalam endapan aluvial terdiri dari aneka komponen batuan hasil rombakan formasi-formasi batuan yang lebih tua. Selain itu dari data disebutkan bahwa di lokasi Kecamatan Blambangan Umpu ditemukan emas *placer* dengan jumlah sumber daya tertunjuk 350.000 ton bijih dan 0,354 ton logam, dan sumber daya terukur 182.587 ton bijih, 0,184 ton logam, dengan rata-rata kadar emas = 2,6 gr/ton (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).
2. Kecamatan Baradatu dan Banjit. Sumber emas di wilayah Kecamatan Baradatu dan Banjit dilaporkan berasal dari daerah-daerah terubah terpropilitkan yang diterobos urat-urat kuarsa mengandung sulfida pirit. Daerah-daerah tersebut diduga berpotensi untuk dikembangkan menjadi wilayah pertambangan emas dan hingga saat ini masih merupakan sasaran eksplorasi bagi para investor (PT. Kurnia Dwipa Kencana, 1980-1991; China *National Gold Exploration* bekerjasama dengan PT. Kurnia Dwipa Kencana, 1992-1995; *Antares Mining & Exploration Corporation*, Kanada, 1997-1999; PT. Batutua Kharisma Permai atau Way Kanan Mineral, 2005-saat ini). Sementara para penambang tradisional masih

sedang melakukan usaha penambangan di daerah-daerah terindikasi mengandung cebakan emas primer dan atau sekunder (*placer*) di sekitar wilayah aliran Way Umpu dan Way Neki. Hasil eksplorasi terdahulu oleh *Antares Mining and Exploration Corporation* di daerah termineralisasi telah mengidentifikasi 3 (tiga) prospek Tambang, Chandra dan Siman dengan singkapan-singkapan urat kuarsa yang dapat dirunut sepanjang jurus ± 2500 m berasosiasi dengan zona-zona ubahan hidrotermal selebar ± 800 m, tetapi kemudian eksplorasi dipusatkan di daerah prospek tambang yang dilengkapi pemboran berpola kisi dengan kedalaman rata-rata 110 m (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Potensi cebakan logam mulia emas (Au) dan perak (Ag) terdeteksi mengalami peningkatan kadar ke arah kedalaman dan menghasilkan perkiraan sumber daya tereka 7,9 juta ton berkadar 167 gr/ton Ag dan 0,67 gr/ton Au dengan kadar *cut off* ekuivalen 1 gr/ton Au. Eksplorasi *pasca*-kegiatan terdahulu (*Antares Co.*) dalam tahun 2005 oleh PT. Batutua Kharisma Permai yang dipusatkan di daerah Ojolali telah mengidentifikasi bahwa daerah bukit Jambi merupakan daerah prospek baru, ditandai oleh keberadaan zona urat kuarsa-karbonat mengandung emas yang menerobos batuan vulkanik terbreksikan berubah hidrotermal dan teroksidasi (serupa *ghostan*) (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Pemboran eksplorasi telah dilakukan dalam 2 (dua) fase oleh PT. Batutua Kharisma Permai dengan jumlah kedalaman 1.860 m pada periode tahun 1986-1987 dan pemboran berkisi (50 x 25 m) oleh *Antares Co.*, dengan jumlah kedalaman 6.650 m pada periode tahun 1997-1998. Dari hasil eksplorasi ini diperoleh informasi sumber daya tereka sebesar 2,0 juta ton bijih berkadar 2,39 gr/ton Au dan 167 gr/ton Ag dengan kadar *cut off* 0,7 gr/ton Au, termasuk sumber daya di dekat permukaan sebesar 150.000 *troy ounce* Au. Serupa dengan hasil pemboran di daerah prospek tambang, bahwa ke arah kedalaman pemboran menunjukkan peningkatan kadar Au dan Ag. Eksplorasi lanjutan dalam tahun 2007-2008 untuk menemukan cadangan baru dilakukan oleh PT. Batutua Way

Kanan Mineral di wilayah KP1 dan KP2 serta perluasannya di sebelah utara dan selatan (KP3 dan KP4) yang meliputi luas total 5.911,7 Ha sehingga jumlah sumber daya hipotetik berjumlah sekitar 130,301 m³ ton. Dari data Pusat Sumber Daya Geologi Way Kanan tahun 2008, untuk potensi sumber daya emas primer daerah Kampung Donomulyo Kecamatan Banjit, cadangan yang terkira berjumlah sekitar 870,309 ton bijih dan 12.871,9 ton logam dengan kadar rata-rata Au = 14,79 gr/ton (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.3.2. Mangan (Mn)

Bahan galian mangan (Mn) di Kabupaten Way Kanan yang sudah ditambang berada di Kabupaten Banjit, dengan pengelola adalah Koperasi Tambang Intan Fajar dengan jumlah penambangan sebanyak 14.000 ton. Berdasarkan pengamatan lapangan, terindikasi bahwa di Kecamatan Kasui terdapat pula penyebaran bahan galian tambang tersebut. Terdapat indikasi sumber daya mangan (Mn) di daerah Karang Umpu, tetapi belum jelas bagaimana keterjadiannya. Perlu diselidiki lebih jauh apakah terbentuk sebagai zona mineralisasi primer logam mangan (Mn) di dalam sistem mineralisasi *stockwork* urat kuarsa mengandung logam mulia (Au-Ag), yang terbentuk melalui proses hidrotermal pada kegiatan akhir *magmatisme* atau sebagai rombakan hasil erosi dari cebakan primer. Hal tersebut dapat terjadi mengingat wilayah Kecamatan Kasui, Rebang Tangkas dan Blambangan Umpu seperti halnya wilayah Kecamatan Baradatu berada di dalam sistem kaldera yang sebagian wilayahnya disusun oleh formasi kikim. Berkaitan dengan produksi bijih mangan (Mn) oleh Koperasi Pertambangan Intan Fajar di wilayah Kecamatan Banjit, Baradatu dan Gunung Labuhan, belum diperoleh informasi perhitungan jumlah total sumber daya atau cadangan bijih yang sedang ditambang dan masa tambang. Namun sumber data sekunder mencatat bahwa telah ditambang sebanyak ±18.000 ton bijih mangan (Mn) secara tradisional, yang dijual langsung kepada konsumen dengan skala perusahaan perorangan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.3.3. Andesit

1. Kecamatan Blambangan Umpu

Berdasarkan hasil data, di Kecamatan Blambangan Umpu terdapat dua daerah yang memiliki sumber daya andesit ini:

- a. Kasui dengan sumber daya hipotetik sekitar 1.000.000 ton yang digunakan sebagai bahan dasar bahan bangunan.
- b. Tanjung Kurung, Kecamatan Blambangan Umpu dengan sumber daya hipotetik sekitar 15.600.000 ton yang digunakan sebagai pondasi jalan dan bahan bangunan.

2. Kecamatan Way Tuba

Bahan galian andesit dominan ditemukan di Kampung Bukit Gemuruh, Kecamatan Way Tuba. Masyarakat sekitarnya mengolahnya untuk dijadikan bahan bangunan atau penimbunan jalan. Andesit yang ditemukan di daerah ini cukup luas, sehingga banyak masyarakat di sana mengandalkannya menjadi mata pencaharian. Berdasarkan data hasil rekapitulasi tahun 2007 dari Pusat Sumber Daya Geologi, di Kampung Bukit Gumuruh tercatat memiliki sumber daya hipotetik sebesar 1.800.000 ton. Andesit yang dikelola oleh warga ini harus dikembangkan dan dikelola dengan baik, karena selain andesit merupakan bahan galian yang cukup berpotensi, juga dapat memajukan kesejahteraan warga dengan adanya penambangan yang lebih terkelola (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

Kesempaan daerah yang tidak begitu jauh dari jalan besar beraspal dengan kondisi jalan aspal curah dan berbatu hingga sampai lokasi andesit membuat daerah pertambangan bahan galian andesit ini menjadi nilai tambah dalam pertimbangan penetapan kawasan prospek tambang untuk dikembangkan dan dikelola dengan baik sehingga dapat meningkatkan tingkat kesejahteraan penduduk sekitar, selain itu juga akan meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Way Kanan (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.3.4. Batu Bara

Secara geologi, wilayah Kecamatan Way Tuba, Bumi Agung, Bahuga, dan Buay Bahuga dibentuk oleh formasi kikum berumur *Paleosen-Oligosen*, formasi kasai berumur *Pliosen-Plistosen*, dan satuan batuan breksi gunung api-*tuff* yang diendapkan pada periode *Plistosen-Holosen*. Berdasarkan hasil pengamatan langsung singkapan batu bara di lapangan dan mengacu pada data sekunder dari pemerintah daerah Kabupaten Way Kanan, di Kecamatan Way Tuba terdapat 7 (tujuh) singkapan batu bara di Dusun Sinar Bukit, Kampung Bukit Gemuruh. Lokasi keterdapatn batu bara di Dusun Sinar Bukit, Kampung Bukit Gemuruh dapat dijangkau dengan kendaraan roda empat dari Kecamatan Way Tuba ke arah Kota Martapura, Sumatera Selatan melalui Lintas Sumatra sampai Simpang Perikanan dengan kondisi jalan aspal yang baik. Kemudian dari Simpang Perikanan menuju ke arah selatan melalui jalan aspal curah dan sebagian baru diperbaiki, serta jalan berbatu melalui Kampung Bandarsari, Bangunrejo, Way Mencar, Bukit Gemuruh. Bahan galian batu bara di Kampung Sinar Bukit, Kecamatan Way Tuba yang tersebar di sekitar Sungai Pungkaw, Sungai Kepayang, Sungai Tigai, Sungai Betung, dan Sungai Cekru dengan sumber daya batu bara yang cukup besar $\pm 3.134.527$ m/ton (terukur) dan 17.462/064 m.ton (terunjuk) (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.3.5. Batu Gamping

Singkapan batu gamping di daerah penelitian pada umumnya ditemukan di lembah-lembah bukit yang dalam atau alur liar sungai dan sebagian berbentuk bukit di kanan kiri jalan di Kampung Bukit Harapan Dusun Sinar Bukit, Kecamatan Way Tuba dapat dijangkau dengan kendaraan roda empat dari Kecamatan Way Tuba ke arah Kota Martapura, Sumatera Selatan melalui Lintas Sumatra sampai Simpang Perikanan dengan kondisi jalan aspal yang baik. Kemudian dari Simpang Perikanan menuju ke arah selatan melalui jalan aspal curah dan sebagian baru diperbaiki, serta jalan berbatu melalui Kampung Bandarsari, Bangunrejo, Way Mencar, Bukit Gemuruh, Talang Tengah sampai Kampung Bukit Harapan dan Dusun Sinar Bukit sejauh 15 km.

1. Dusun Sinar Bukit

Batu gamping di Dusun Sinar Bukit, sebagian tertutup oleh *soil* yang cukup tebal dan memanjang ke arah barat, dengan ketinggian rata-rata adalah 5 m, di mana luasnya 3,2 Hektar. Dengan asumsi berat jenis batu gamping adalah 2,7, maka sumber daya batu gamping di lokasi penelitian ini adalah $32.000 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m} \times 2,7 = 432.000 \text{ ton}$.

2. Kampung Bukit Harapan

Luas batu gamping di belakang sekolah (lokasi singkapan 1) adalah 4,41 Ha, dengan ketinggian 10 m dan berbentuk kerucut. Maka sumber dayanya adalah sebesar $44.100 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} \times 2,7 \times 0,33 = 392.931 \text{ ton}$. Luas batu gamping di depan sekolah (lokasi singkapan 2) adalah 3,62 Ha, dengan ketinggian 12 m dan berbentuk kerucut. Maka sumber dayanya adalah sebesar $36.200 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m} \times 2,7 \times 0,33 = 387.050,4 \text{ ton}$. Jadi total sumber daya teraka batu gamping di Kampung Bukit Harapan adalah 1.211.981,4 ton. Untuk mengetahui sumber daya terukur, maka diperlukan eksplorasi lanjutan dengan melakukan pemboran dan pengukuran topografi (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.3.6. Industri Pengolahan

Sektor ini meliputi usaha kegiatan pengolahan bahan organik atau anorganik ataupun menjadi produk baru yang lebih tinggi mutunya, baik dilakukan dengan tangan, mesin atau proses kimiawi. Pembuatan dapat diproses melalui mesin pabrik ataupun di rumah tangga. Dalam penghitungan pendapatan regional Kabupaten Way Kanan, sektor ini hanya mencakup kegiatan industri tanpa migas.

1. Industri Makanan dan Minuman

Industri makanan dan minuman di Kabupaten Way Kanan terdapat 17 jenis industri, contohnya seperti: keripik pisang, keripik singkong, emping, opak singkong, kerupuk singkong, kerupuk sagu, susu kedelai, dodol, tahu, tempe dan makanan ringan.

2. Industri Pengolahan Hasil Pertanian, Hutan dan Perkebunan

Kabupaten Way Kanan memiliki industri pengolahan hasil pertanian, hutan dan perkebunan sebanyak 1.666 unit usaha, antara lain jenis industri mebel kusen, *heuler* padi, *heuler* kopi, meubelair, kopi bubuk, gula aren, gula kelapa, panglong kayu, ukiran kayu dan pembuatan arang.

3. Objek Pariwisata

Adapun kondisi pariwisata di Kabupaten Way Kanan terdapat 44 objek wisata dengan sarana dan prasarana yang didominasi oleh wisata curup, karena pada Kabupaten Way Kanan ini terdapat banyak sekali sungai. Selain itu, Kabupaten Way Kanan juga memiliki 9 (sembilan) buah hotel, yaitu 6 di Kecamatan Baradatu dan 3 hotel di Kecamatan Blambangan Umpu. Kesembilan hotel tersebut merupakan hotel melati (hotel non-bintang). Jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, terjadi penambahan sebuah hotel di Kabupaten Way Kanan tepatnya di Kecamatan Blambangan Umpu (Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021).

2.1.4. Kondisi Demografi

2.1.4.1. Komposisi Penduduk

Jumlah penduduk Way Kanan usia 0-14 tahun berjumlah 126.411 orang, jumlah penduduk usia 15-64 tahun berjumlah 300.100 orang dan penduduk usia 65 tahun ke atas berjumlah 23.598 orang. Penduduk Kabupaten Way Kanan tahun 2020 berjumlah 473.575 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,85 %. Jumlah penduduk usia produktif (15-64 tahun) Kabupaten Way Kanan Tahun 2019 merupakan kelompok umur yang paling besar yaitu berjumlah 300.100 jiwa atau 66,67% dari penduduk Kabupaten Way Kanan. Hal ini menunjukkan bahwa Kabupaten Way Kanan sudah memasuki era “Bonus Demografi” (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021).

Bonus demografi adalah besarnya penduduk usia produktif antara 15 tahun hingga 64 tahun dalam suatu negara. Berdasarkan komposisi penduduk tersebut di atas terlihat bahwa komposisi penduduk Kabupaten Way Kanan tertinggi berada pada usia produktif (15-64 tahun). Bonus demografi yang dimiliki Kabupaten Way Kanan ini, juga harus difikirkan agar tidak sampai menjadi bencana demografi.

Pemerintah harus menyiapkan lapangan pekerjaan yang layak agar warga di usia produktifnya tidak jadi pengangguran intelektual (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021). Jumlah dan persentase penduduk menurut kelompok umur dan jenis kelamin di Kabupaten Way Kanan tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 4 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021).

Tabel 4. Jumlah dan Persentase Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Way Kanan Tahun 2020

Kelompok Umur	Laki – laki		Perempuan		Jumlah
	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen	
0-4	23.770	5	22.439	5	41.344
5-9	22.365	5	21.396	5	43.836
10-14	20.612	4	19.747	4	41.231
15-19	19.895	4	19.033	4	37.204
20-24	19.582	4	19.125	4	37.921
25-29	20.299	4	19.135	4	35.734
30-34	20.858	4	19.692	4	33.793
35-39	18.970	4	17.558	4	32.022
40-44	16.909	4	16.149	3	31.623
45-49	14.547	3	13.840	3	29.679
50-54	12.197	3	11.966	3	24.999
55-59	10.601	2	10.307	2	21.253
60-64	8.399	2	7.861	2	15.872
65-69	6.237	1	5.427	1	10.701
70-74	3.767	1	3.437	1	6.216
75 Ke atas	3.866	1	3.589	1	6.681
Jumlah	242.874	51	230.701	49	473.575

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021

2.1.4.2. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk di Kabupaten Way Kanan tahun 2019 mencapai 115 jiwa/km² dengan rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga 4 orang. Kepadatan penduduk di 14 kecamatan cukup beragam dengan kepadatan penduduk tertinggi terletak di Kecamatan Baradatu dengan kepadatan sebesar 257 jiwa/km² dan terendah di Kecamatan Negeri Besar sebesar 50 jiwa/km² (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021). Kepadatan penduduk di Kabupaten

Way Kanan pada tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021).

Tabel 5. Kepadatan Penduduk di Kabupaten Way Kanan Tahun 2019

No	Kecamatan	Persentase Penduduk	Kepadatan Penduduk per km ²
1	Banjit	10,21	139
2	Baradatu	8,68	257
3	Gunung Labuhan	6,64	260
4	Kasui	7,03	211
5	Rebang Tangkas	4,92	107
6	Blambangan Umpu	14,81	125
7	Way Tuba	5,21	114
8	Negeri Agung	8,45	68
9	Bahuga	2,17	71
10	Buay Bahuga	4,29	189
11	Bumi Agung	5,76	197
12	Pakuan Ratu	9,02	70
13	Negara Batin	8,81	114
14	Negeri Besar	3,99	50
Jumlah		100	115

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021

2.1.4.3. Jumlah Penduduk

Penduduk Kabupaten Way Kanan berdasarkan proyeksi penduduk tahun 2019 sebanyak 450.109 jiwa yang terdiri 231.494 jiwa penduduk laki-laki dan 218.615 jiwa penduduk perempuan. Dibandingkan dengan proyeksi jumlah penduduk tahun sebelumnya, penduduk Kabupaten Way Kanan mengalami pertumbuhan sebesar 1%. Sementara itu besarnya angka rasio jenis kelamin 3 (tiga) tahun ke belakang tidak mengalami perubahan, yaitu sebesar 106. Secara rinci perkembangan jumlah penduduk Kabupaten Way Kanan kurun waktu Tahun 2016-2020 dapat dilihat pada Tabel 6 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021).

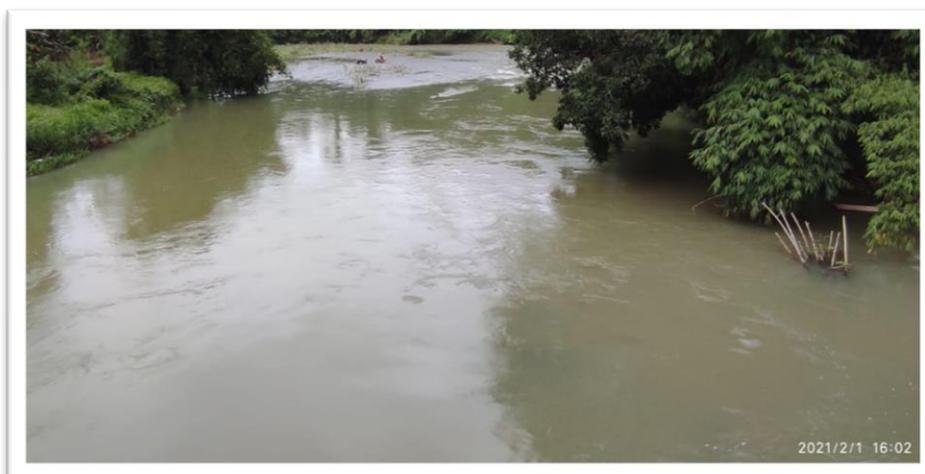
Tabel 6. Jumlah Penduduk Kabupaten Way Kanan Tahun 2016-2020

No	Kecamatan	Tahun 2016			Tahun 2017			Tahun 2018			Tahun 2019			Tahun 2020		
		LK	PR	JML	LK	PR	JML	LK	PR	JML	LK	PR	JML	LK	PR	JML
1	Banjit	22.990	21.603	44.593	23.163	21.808	44.971	23.342	21.979	45.321	23.504	22.144	45.648	23.638	22.312	45.950
2	Baradatu	19.645	19.099	38.744	19.686	19.174	38.860	19.729	19.221	38.950	19.758	19.258	39.016	19.763	19.299	39.062
3	Gunung Labuhan	14.573	14.169	28.742	14.718	14.339	29.057	14.868	14.487	29.355	15.008	14.631	29.639	15.131	14.777	29.908
4	Kasui	15.752	15.274	31.026	15.831	15.382	31.213	15.9158	15.465	31.380	15.987	18.542	31.529	16.039	15.622	31.661
5	Rebang Tangkas	11.042	10.147	21.189	11.164	10.281	21.445	11.292	10.400	21.692	11.411	10.515	21.926	11.518	10.634	22.152
6	Blambangan Umpu	31.576	29.940	61.516	32.215	30.606	62.821	32.876	31.237	64.113	33.524	31.872	65.396	34.143	32.518	66.661
7	Negeri Agung	18.411	17.354	35.765	18.696	16.657	36.353	11.833	11.008	22.841	19.271	18.214	37.485	19.536	18.496	38.032
8	Way Tuba	11.513	10.688	22.201	11.671	10.855	22.526	18.990	17.936	36.926	11.988	11.159	23.147	12.132	11.313	23.445
9	Bahuga	4.953	4.808	9.761	4.951	4.815	9.766	4.950	4.815	9.765	4.945	4.813	9.758	4.934	4.811	9.745
10	Buay Bahuga	9.971	9.338	19.309	9.972	9.357	19.329	9.975	9.360	19.335	9.969	9.360	19.329	9.952	9.361	19.313
11	Bumi Agung	13.123	12.313	25.436	13.186	12.396	25.582	13.252	12.460	25.712	13.307	12.520	25.827	13.348	12.580	25.928
12	Pakuan Ratu	20.712	18.626	39.338	20.878	18.813	39.691	21.051	18.971	40.022	21.208	19.123	40.331	21.342	19.278	40.620
13	Negara Batin	19.467	17.656	37.123	19.792	17.984	37.776	20.126	18.289	38.415	20.448	18.593	39.041	20.751	18.904	39.655
14	Negeri Besar	9.388	8.783	18.171	9.363	8.777	18.140	9.339	8.756	18.095	9.308	8.733	18.041	9.267	8.710	17.977
Jumlah		223.116	209.798	432.914	225.286	212.244	437.530	227.538	214.384	441.992	229.636	216.477	446.113	231.494	218.615	450.109

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Way Kanan, 2021

2.1.5. Sungai Way Umpu

Sungai Way Umpu, memiliki luas daerah aliran sungai dengan anak-anak sungainya secara keseluruhan $\pm 1.179 \text{ km}^2$. Panjang alur sungai Way Umpu secara keseluruhan adalah 100 Km dengan lebar rata-rata sungai yang ada di wilayah penelitian sekitar 90-110 m. Areal pelayanan sungai ini meliputi Kecamatan Bahuga, Bumi Agung, dan Blambangan Umpu. Sungai Way Umpu merupakan salah satu sungai yang potensial di Kabupaten Way Kanan. Hal ini selain mengingat letaknya yang strategis melewati Ibukota Kabupaten Way Kanan yaitu Blambangan Umpu, juga banyak anak sungai yang mengalir ke induk sungai Way Umpu seperti Way Talang Mangga, Way Kedaton, Way Kasui Lama, Way Neki, Way Menanga Siamang dan beberapa anak sungai lainnya. Bagian hulu sungai Way Umpu terletak di daerah Kelurahan Kasui Pasar, Kecamatan Kasui dengan titik koordinat lokasi yaitu BT: $104^{\circ}42'34,9''$; LS: $04^{\circ}28'41.4''$. (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Lokasi sungai Way Umpu pada bagian hulu atau daerah Kasui ini dapat dilihat pada Gambar 4.

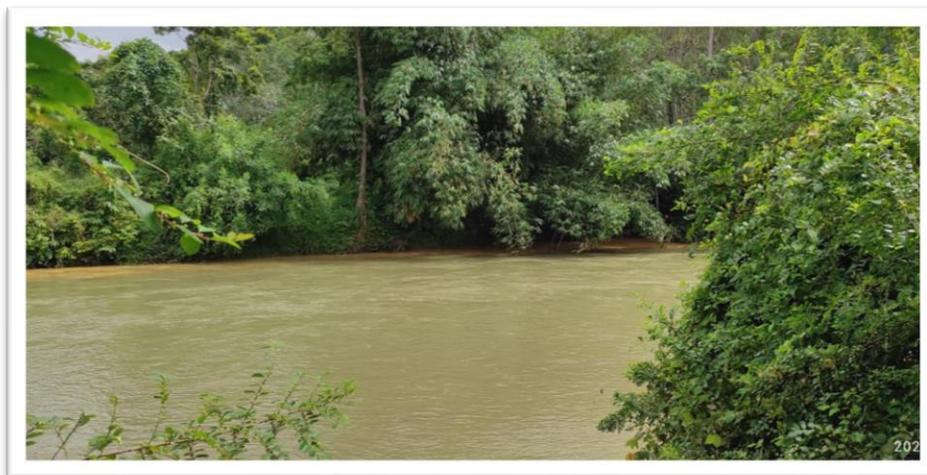


Gambar 4. Bagian Hulu Sungai Way Umpu

Daerah Kasui ini merupakan kepala sungai Way Umpu karena letaknya berada pada tempat di mana sungai bermula dan jauh dari titik muara. Kedalaman sungai Way Umpu di daerah hulu ini berkisar kurang lebih 2 m, lembah hulu sungai yang cukup curam dan bentuknya serupa dengan huruf V, selain itu arus sungai Way

Umpu cukup deras dan warna air sungai yang juga cukup jernih. Di daerah hulu ini banyak ditemukan bebatuan yang cukup besar dalam aliran sungai, Pada daerah ini masyarakat sekitar memanfaatkan air sungai Way Umpu untuk kegiatan mencuci kendaraannya seperti motor dan mobil, selain itu beberapa masyarakat sekitar juga sering menggunakan air sungai Way Umpu untuk mandi dan kegiatan domestik lainnya.

Bagian badan sungai Way Umpu terletak di daerah perbatasan Ojolali dan Negeri Baru, yaitu tepatnya di Kampung Ojolali dengan titik koordinat lokasi sungai Way Umpu yaitu BT: $104^{\circ}29'50,2''$; LS: $04^{\circ}41'08,9''$ dan di Kampung Negeri Baru Kecamatan Umpu Semengut dengan titik koordinat lokasi sungai Way Umpu yaitu BT: $104^{\circ}34'45,3''$; LS: $04^{\circ} 31 '20,6''$ (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Lokasi sungai Way Umpu pada bagian badan sungai ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagian Badan Sungai Way Umpu

Daerah tengah sungai ini merupakan badan sungai Way Umpu karena letaknya berada di tengah-tengah sungai Way Umpu. Kedalaman sungai Way Umpu dibagian badan sungai ini yaitu berkisar antara 2-2,5 m, dan bentuk kedalaman sungai serupa dengan huruf U. Arus sungai dibagian badan sungai ini tidak terlalu deras dan warna air sungai tidak sejernih pada bagian hulu sungai. Pada daerah ini masyarakat sekitar sungai Way Umpu memanfaatkan lahan sekitar

sungai dan air sungai untuk kegiatan perkebunan dan pertambangan. Banyak masyarakat yang membuka lahan perkebunan karet di dekat badan sungai, selain itu kegiatan pertambangan juga merupakan salah satu kegiatan masyarakat sebagai sumber mata pencaharian, kegiatan domestik lainnya juga terjadi pada daerah ini, seperti pemancingan ikan dan lain sebagainya.

Bagian hilir sungai Way Umpu terletak di daerah Kelurahan Blambangan Umpu, Kecamatan Belambangan Umpu dengan titik koordinat lokasi yaitu BT: $104^{\circ}31'60,3''$; LS: $04^{\circ}29'89.5''$. (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Lokasi sungai Way Umpu pada bagian hilir atau daerah Blambangan Umpu ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagian Hilir Sungai Way Umpu

Daerah Blambangan Umpu ini merupakan bagian akhir dari sungai Way Umpu yang sering juga disebut muara sungai. Kedalaman sungai Way Umpu di daerah hilir ini berkisar kurang lebih 3 m, lembah hilir sungai yang lebih lebar dan bentuknya serupa dengan huruf U, selain itu arus sungai Way Umpu cukup tenang dan warna air sungai yang keruh sebab adanya sedimentasi atau pengendapan. Di daerah hilir ini banyak ditemukan kelokan karena proses *meander* yang terjadi pada air sungai Way Umpu. Daerah hilir sering terjadi banjir karena posisi letak sungai yang berada di ujung sungai. Pada daerah ini masyarakat sekitar memanfaatkan air sungai Way Umpu untuk keperluan irigasi dan mengaliri

persawahan. Jarang ditemukan kegiatan domestik masyarakat di daerah ini (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015).

Keberadaan sungai Way Umpu sangat membantu sebagian masyarakat Kabupaten Way Kanan dalam hal pemanfaatan air untuk kegiatan rumah tangga sehari-hari seperti mencuci, pengairan sawah, dan keperluan domestik lainnya. Berdasarkan hal tersebut, diketahui juga bahwa tidak sedikit dari masyarakat Kabupaten Way Kanan yang memanfaatkan air sungai Way Umpu tetapi tidak menjaga serta mengelola air sungai Way Umpu dengan baik. Sehingga di beberapa titik lokasi sungai Way Umpu mengalami penurunan kualitas air sungai, hal ini jika dibiarkan terus menerus dapat merusak kesehatan lingkungan maupun mengganggu kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air sungai Way Umpu tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sungai, agar sungai Way Umpu tetap berada pada kondisinya dan dapat digunakan masyarakat Kabupaten Way Kanan sesuai dengan peruntukannya (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015).

2.2. Perairan dan Pencemaran

2.2.1. Karakteristik Sungai

Air sungai termasuk ke dalam air permukaan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Fungsi sungai terhadap kehidupan terutama kehidupan manusia antara lain sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olahraga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya. Beberapa fungsi sungai lainnya berkaitan dengan alam lingkungan yaitu sebagai pemulih kualitas air, penyalur banjir, dan sebagai habitat ekosistem flora dan fauna (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021). Sungai sebagaimana dimaksudkan harus selalu berada pada kondisi alaminya yang aman bagi lingkungan yaitu dengan cara dilindungi dan dijaga kelestariannya, ditingkatkan

fungsi dan kemanfaatannya, dan dikendalikan daya rusaknya terhadap lingkungan (Putri, 2011).

Sungai memiliki 3 (tiga) bagian kondisi lingkungan yaitu hulu, hilir dan muara sungai. Ketiga kondisi tersebut memiliki perbedaan kualitas air, yaitu:

1. Pada bagian hulu, kualitas airnya lebih baik, yaitu lebih jernih, mempunyai variasi kandungan senyawa kimiawi lebih rendah atau sedikit, kandungan biologis lebih rendah.
2. Pada bagian hilir mempunyai potensial tercemar jauh lebih besar sehingga kandungan kimiawi dan biologis lebih bervariasi dan cukup tinggi. Pada umumnya diperlukan pengolahan secara lengkap pada bagian hilir ini.
3. Muara sungai letaknya hampir mencapai laut atau pertemuan sungai-sungai lain, arus air sangat lambat dengan volume yang lebih besar, banyak mengandung bahan terlarut, lumpur dari hilir membentuk delta dan warna air sangat keruh (Asdak, 2002).

Sungai merupakan tempat akumulasi pembuangan limbah dari berbagai kegiatan manusia sebelum akhirnya dialirkan ke danau atau laut. Kondisi ini akan mengakibatkan semua bahan pencemar yang terlarut dalam bentuk limbah cair dan padat akan masuk ke dalam aliran sungai. Besarnya bahan pencemar yang masuk ke sungai akan berpengaruh terhadap kualitas air sungai. Pada titik tertentu akan mengakibatkan terjadinya pencemaran (Pairunan, 2012). Upaya penanganan dalam pengelolaan daerah aliran sungai diantaranya melalui penerapan kebijakan dalam pengelolaan lingkungan hidup, pencegahan alih fungsi lahan, rehabilitasi hutan dan lahan serta pengaturan kelembagaan dalam pengelolaan daerah aliran sungai (Mawardi, 2010).

Kerusakan lingkungan serta pencemaran perairan dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa kegiatan domestik manusia, pertanian, perkebunan, pertambangan dan kegiatan lainnya (Gunalan, 1993). Kerusakan yang terjadi diantaranya kerusakan bantaran sungai, air menjadi keruh dan ikan-ikan banyak yang mati. Sungai Way Umpu dijadikan salah satu sarana tempat pembuangan limbah, salah satunya terjadi di Kampung Blambangan Umpu, yaitu pada sektor tambang emas

yang menyebabkan kerusakan lingkungan cukup parah (Kiswandonono *et al.*, 2022). Parameter dominan dari kegiatan pemanfaatan lahan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Jenis Pencemar yang Berasal dari Kegiatan Pemanfaatan Lahan

Pemanfaatan lahan	Pencemar utama
Agrikultur	Sedimen, N, P, pestisida, logam berat
Aliran irigasi/ Pengairan	TDS
Peternakan	Sedimen, N, P, BOD
<i>Urban runoff</i>	Sedimen, N, P, BOD, pestisida, TDS, logam berat, koliform
Jalan raya	Sedimen, N, P, BOD, TDS, logam berat
Konstruksi	Sedimen, logam berat

Sumber: Canter (1996)

Kualitas air sungai dapat diamati dengan melihat status mutu air. Status mutu air menunjukkan tingkat mutu air dalam kondisi tercemar atau kondisi baik dengan membandingkan nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air (Fatmawati *et al.*, 2012). Baku mutu air sangat diperlukan dalam suatu proses untuk mencari sumber daya air yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Kualitas air sungai sangat tergantung pada komponen penyusunnya dan banyak dipengaruhi oleh masukan komponen yang berasal dari pemukiman. Perairan yang melintasi daerah pemukiman dapat menerima masukan bahan organik yang berasal dari aktivitas penduduk. Dengan demikian ekosistem sungai keberadaannya terkait integral dengan lingkungan sosial dan lingkungan fisik di sekitarnya (Alaerts dan Santika, 1987).

Syarat yang ditetapkan sebagai standar mutu air sungai berbeda dengan syarat yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, standar mutu air sungai berbeda-beda tergantung tujuan penggunaan, sebagai contoh air sungai yang digunakan untuk irigasi memiliki standar mutu yang berbeda dengan air sungai untuk dikonsumsi. Kualitas air sungai dapat diketahui nilainya dengan mengukur perubahan fisika, kimia, dan biologi. Parameter fisika adalah parameter yang dapat ditetapkan dengan cara pengukuran secara fisis seperti kekeruhan, bau,

lumpur, dan lain-lain. Parameter kimia merupakan parameter yang dominan yaitu mengukur kondisi air akibat buangan industri (Nangin, 2015).

Parameter biologi merupakan parameter yang berhubungan dengan kehadiran jasad renik seperti bakteri yang bersifat patogen, parasit maupun sebagai penghasil racun terutama yang berasal dari limbah domestik dan rumah sakit yang menimbulkan gangguan terhadap kesehatan (Riyadi, 1984). Parameter-parameter tersebut adalah:

1. Sifat kimia

Sifat kimia merupakan parameter yang dominan saat mengukur kualitas air sungai. Parameter yang banyak menciptakan pencemaran dan bahaya terhadap lingkungan meliputi kimia organik (minyak, lemak, peptisida hidrokarbon, protein, fenol) dan kimia anorganik (pH, oksigen terlarut, ammonia, *Biochemical Oxygen Demand* atau BOD, *Chemical Oxygen Demand* atau COD, nitrat, nitrit, fosfat, merkuri). Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar Persyaratan Kualitas Air Sungai Secara Kimia

No.	Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan (mg/L)
1	Merkuri	0,001
2	Arsen	0,05
3	Besi	1,0
4	Fluorida	1,5
5	Kadmium	0,005
6	Klorida	600
7	Kromium	0,05
8	Mangan	0,5
9	Nitrat	10
10	Nitrit	10
11	Selenium	0,01
12	Seng	15
13	Sianida	0,1
14	Sulfat	400
15	Timbal	0,05

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017

Tabel 8 di atas merupakan contoh sifat kimia yang dapat dijadikan indikator yang menentukan kualitas air berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan

Nomor 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *higiene* sanitasi, kolam renang, dan pemandian umum.

2. Sifat fisik

Air yang baik seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Parameter fisik ini selain penting efeknya terhadap kesehatan, juga sering berguna bagi masyarakat umum untuk membedakan kualitas air tanpa uji laboratorium sehingga orang mudah mengetahui kualitas air dari fisiknya saja. Parameter fisik air yang sangat menentukan kualitas air berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih Secara Fisik

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
1	Bau	-	-	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut	mg/L	1.500	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4	Rasa	-	-	Tidak berasa
5	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6	Warna	Skala TCU	-	-

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017

3. Sifat biologis (Mikrobiologis)

Air tidak boleh mengandung *Coliform*, air yang mengandung golongan *Coli* dianggap telah terkontaminasi dengan kotoran manusia (Sutrisno, 2004).

Berdasarkan Kempenkes RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, persyaratan bakteriologis air minum adalah dilihat dari *Coliform* per 100 mL sampel air dengan kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 50. Kualitas air bersih apabila ditinjau berdasarkan kandungan bakterinya menurut Surat Keputusan Direktorat Jenderal Peraturan Pemerintah dan Pranata Laboratorium Pendidikan Nomor 1/PO.03.04.PA.91 dan Surat Keputusan Petunjuk Pelaksanaan Pedoman Kualitas Air Tahun 2000/2001, dapat dibedakan ke dalam 5 kategori sebagai berikut:

- a. Air bersih kelas A kategori baik mengandung total *Coliform* kurang dari 50
- b. Air bersih kelas B kategori kurang baik mengandung *Coliform* 51-100
- c. Air bersih kelas C kategori jelek mengandung *Coliform* 101-1.000
- d. Air bersih kelas D kategori amat jelek mengandung *Coliform* 1.001-2.400
- e. Air bersih kelas E kategori sangat amat jelek mengandung *Coliform* lebih 2.400.

Organisme dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator pencemaran suatu lingkungan perairan, misalnya bakteri, ganggang, plankton, dan ikan tertentu. Cara pengukuran yang dilakukan pada setiap parameter berbeda-beda sesuai dengan keadaannya (Sasongko, 2006). Penentuan daya tampung beban pencemar di sungai Way Umpu dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yang dapat mengindikasikan adanya pencemaran di sungai Way Umpu. Parameter yang digunakan diantaranya yaitu parameter fisika yang terdiri dari suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), *Total Suspended Solid* (TSS), arus, warna dan kekeruhan. Parameter kimia yang terdiri dari derajat keasaman atau pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), ammonia, nitrat dan nitrit, dan fosfat. Sedangkan parameter biologi terdiri dari bakteri *coli* dan makrozoobentos. Masing-masing parameter tersebut digunakan sebagai indikator pencemaran yang disebabkan oleh permukiman, pertanian, perkebunan, pertambangan dan limbah perindustrian yang dibuang ke dalam badan sungai Way Umpu. Parameter DO, BOD dan COD merupakan parameter yang komprehensif dalam menggambarkan polusi diperairan, hal tersebut menjadikan ketiga parameter tersebut digunakan dalam penelitian ini.

Proses *Self Purification* atau pemurnian alami merupakan kemampuan sungai untuk menguraikan zat-zat pencemar yang masuk ke dalam air sungai. Kemampuan *Self Purification* ini bekerja berdasarkan aktivitas biologi di air sungai. Karena itu, proses ini sangat dipengaruhi oleh organisme yang hidup di sungai dan debit sungai. Secara alamiah sistem perairan mampu melakukan

proses *Self Purification*, namun apabila kandungan polutan senyawa organik sudah melampaui batas kemampuan sungai untuk *Self Purification*, maka akumulasi bahan organik dan pembentukan senyawa–senyawa toksik di perairan tidak dapat dikendalikan, sehingga menyebabkan menurunnya kondisi kualitas air (Garno, 2000).

Pengembangan pemurnian alami atau *Self Purification* terdiri dari beberapa zona yaitu:

1. Zona air bersih, zona ini terdapat jauh di hulu sungai, jauh dari sumber pencemaran indikatornya adalah masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan air minum.
2. Zona dekomposisi, zona ini terdapat pada daerah sumber pencemaran, limbah yang mengalir akan didekomposisi atau dioksidasi proses pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme. Indikator daerah ini kaya akan bakteri dan mikroorganisme.
3. Zona biodegradasi, pada daerah ini terjadi penurunan DO. Sehingga nilai COD di perairan sangat tinggi.
4. Zona pemulihan, pada zona ini kualitas air kembali bersih, nilai oksigen terlarut kembali normal (Gunalan, 1993).

Kegiatan manusia dalam pemenuhan kebutuhan berorientasi pada produksi dan konsumsi. Kegiatan tersebut tentu menghasilkan buangan limbah, hanya saja besarnya volume limbah yang sedikit masih dalam kategori yang dapat ditolerir, dalam kondisi itu buangan atau limbah secara alami masih dapat terdaur ulang. Ketika semakin banyak populasi manusia dan segala kegiatannya, jumlah limbah yang dibuang semakin bertambah, sehingga kemampuan sungai untuk mendaur ulang limbah dalam suatu perairan semakin berkurang. Umumnya di kota-kota besar di Indonesia, suatu sungai masih dipersepsikan oleh masyarakat sebagai saluran perairan sehingga segala sesuatunya boleh dibuang ke dalam sungai, dengan anggapan bahwa hal tersebut tidak akan mencelakakan masyarakat di kemudian hari (Warlina, 2004).

Perairan sungai menjadi tercemar karena disebabkan oleh pencemar organik maupun anorganik. Menurut Warlina (2004) pencemar organik dapat meningkatkan kandungan kebutuhan oksigen biologis atau BOD dalam air sungai yang mengindikasikan telah terjadi penurunan kualitas air. Pencemar organik sebagian besar berasal dari buangan kegiatan pertanian dan limbah cair domestik. Sedangkan pencemar anorganik sebagian besar berasal dari buangan kegiatan industri. Temuan memburuknya penurunan kualitas air dapat dijumpai dari area yang semakin ke arah hilir pada daerah aliran sungai. Pada area ke hilir daerah aliran sungai, semakin bervariasi penggunaan lahan oleh masyarakat maka mengakibatkan parameter fisik kekeruhan air semakin keruh selain itu dapat menurunkan kualitas air sungai yang dapat diketahui dengan hasil analisis parameter fisika, kimia dan biologi lainnya. Semakin kecil tutupan hutan serta semakin beragamnya jenis penggunaan lahan dapat menyebabkan kondisi kualitas air sungai yang semakin buruk, terutama akibat adanya aktivitas pertanian dan pemukiman. Penggunaan lahan berupa tegalan, sawah, dan pemukiman yang sangat besar memberikan pengaruh terhadap kekeruhan sungai (Supangat, 2008). Begitu juga dengan semakin beragamnya penggunaan lahan maka kandungan BOD dan COD dalam air semakin tinggi. Kasus yang cepat dan mendesak kebutuhan misalnya terjadinya pencemaran karena kecelakaan di badan air tertentu, diperlukan penilaian kualitas air yang cepat dalam menentukan tingkat pencemaran untuk kemudian ditentukan langkah penanganannya (Effendi, 2003).

2.2.2. Pencemaran Lingkungan

Salah satu masalah utama saat ini adalah pencemaran air yang diakibatkan oleh berbagai aktivitas kehidupan manusia. Kemajuan teknologi dan industri yang semakin meningkat selama ini telah meningkatkan pelepasan kontaminan yang tidak diinginkan seperti pewarna, logam beracun, dan pestisida ke lingkungan (Buhani *et al.*, 2021). Pemanfaatan bahan alam untuk mengatasi masalah kehidupan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan belakangan ini telah menjadi perhatian para peneliti. Penggunaan bahan alami bertujuan untuk mengatasi masalah di dunia industri tanpa harus menimbulkan masalah baru bagi lingkungan (Suharso *et al.*, 2021).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup, zat atau komponen lain yang tidak diinginkan yang dapat mengakibatkan perubahan tatanan air dan menyebabkan penurunan kualitas air sehingga dapat merugikan bagi kehidupan organisme air. Pencemaran air didefinisikan sebagai perubahan langsung atau tidak langsung terhadap keadaan air, dari keadaan yang normal menjadi keadaan yang berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi lingkungan dan kehidupan makhluk hidup. Perubahan langsung dan tidak langsung ini dapat berupa perubahan fisik, kimia, termal, biologi, atau radioaktif. Kualitas air merupakan salah satu faktor dalam menentukan kesejahteraan manusia. Harus diingat bahwa air alamiah yang terdapat pada permukaan bumi, sudah mengandung senyawa kimia seperti mineral yang terlarut di dalamnya pada konsentrasi bervariasi. Namun demikian air tersebut tidak langsung disebut sebagai tercemar. Kehadiran bahan pencemar di dalam air dalam jumlah tidak normal mengakibatkan air dalam kondisi tercemar (Situmorang, 2012). Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan oleh berbagai aktivitas manusia maka perlu dilakukan pengendalian terhadap pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan, termasuk baku mutu air pada sumber air, baku mutu limbah cair dan sebagainya. Baku mutu air pada sumber air adalah batas kadar yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di dalam air, tetapi air tersebut tetap dapat digunakan sesuai dengan kriterianya (Nugroho, 2006).

Pencemaran air dapat menyebabkan berkurangnya keanekaragaman organisme perairan seperti bentos, perifiton, serta plankton. Hal ini dapat menyebabkan sistem ekologis dalam perairan akan terganggu. Sistem ekologis perairan mempunyai kemampuan untuk memurnikan kembali lingkungan yang telah tercemar (*self purification*). Apabila sistem ekologis perairan dalam kondisi yang baik maka ketersediaan pakan alami bagi *zooplankton* dan *fitoplankton* akan cukup tersedia bahkan berlimpah, dan dapat digunakan oleh setiap tingkat trofik secara efisien, terutama ikan yang termasuk dalam tingkat trofik teratas (Tugiyono *et al.*, 2018). Jika ketersediaan pakan alami bagi *fitoplankton* dan *zooplankton*

dalam kondisi normal di alam ekosistem perairan tersedia cukup merata melimpah, maka pakan ini dapat digunakan sebagai pakan alami oleh masing-masing tingkat trofik secara efisien dalam jaring-jaring makanan, terutama ikan yang menempati tingkat trofik tertinggi (Tugiyono *et al.*, 2017).

Pencemaran air diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Maksud dari tingkat tertentu tersebut adalah baku mutu kualitas air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolak ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran dalam suatu perairan (Matahelumual, 2007). Air lingkungan yang telah tercemar ditandai dengan adanya perubahan-perubahan seperti temperatur, pH atau konsentrasi ion hidrogen, warna, bau dan rasa air terlarut, adanya endapan, adanya koloid, adanya bahan terlarut, adanya mikroorganisme dan meningkatnya radioaktivitas air lingkungan (Gabriel, 2001).

Pencemaran lingkungan disebabkan oleh berbagai macam faktor seperti pencemaran oleh makhluk hidup, pencemaran oleh energi, pencemaran oleh komponen kimia, dan pencemaran oleh zat atau unsur kimia yang terlarut dalam air atau cairan dalam bentuk ion-ion terutama ion logam (Andaka, 2008). Logam berat merupakan salah satu polutan yang bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan serta kehidupan manusia. Upaya penurunan konsentrasi logam berat di lingkungan merupakan salah satu usaha yang sangat penting untuk dilakukan (Buhani dan Suharso, 2016).

Air perlu terus dilestarikan secara berkelanjutan dan dilindungi serta dicegah dari bahan-bahan pencemar sehingga dapat bertahan dengan baik tingkat mutu dan kualitasnya. Oleh karena itu diperlukan pengendalian dan pengelolaan terhadap pencemaran air dengan menetapkan baku mutu kualitas air. Dampak negatif dari pencemaran air yaitu dapat mempengaruhi nilai ekologi, sosial budaya dan nilai ekonomi, air yang tercemar akan sangat merugikan lingkungan serta masyarakat yang memanfaatkannya akan menghabiskan biaya yang besar. Pencemaran sungai dapat terjadi karena pengaruh kualitas air limbah yang melebihi baku mutu

air limbah yang telah ditetapkan, di samping itu juga ditentukan oleh debit air limbah yang dihasilkan (Alaerts dan Santika, 1987). Jika debit air sungai banyak saat musim penghujan maka konsentrasi limbah pencemar akan dinetralkan karena terjadi proses pengenceran dalam sungai. Hal ini merupakan karakteristik sungai yang memiliki kemampuan memperbaiki diri sendiri atau *Self Purification*. Sebaliknya, jika musim kemarau saat debit air sedikit, maka akan menyebabkan konsentrasi limbah dalam air sungai lebih pekat atau lebih tinggi (Batubara, 2011).

Penetapan dan penerapan standar kualitas air merupakan salah satu upaya efektif dalam pengendalian dan pengelolaan pencemaran air. Standar kualitas air yang ditetapkan untuk keperluan perlindungan kualitas air akan memberikan arahan atau panduan bagi pihak-pihak yang terlibat dalam program pengendalian dan pengelolaan pencemaran air. Tata ruang yang baik mengatur pemanfaatan ruang yang mempertimbangkan potensi beban atau tekanan terhadap lingkungan yang berasal dari aktivitas pemanfaatan ruang. Di samping penataan ruang tersebut diperlukan juga pendekatan dalam aspek legal berupa pembinaan dan penegakkan hukum, penetapan baku mutu, perlindungan sumber air, monitoring dan evaluasi, dan pengembangan industri yang bergerak dalam bidang pengolahan limbah (Agustiningsih, 2012).

2.2.3. Penyebab Pencemaran Air

Pencemaran air masih menjadi salah satu masalah yang perlu dipertimbangkan karena memiliki dampak serius pada sumber air dan keseimbangan ekosistem lingkungan. Pencemaran air berasal dari industri, pertanian dan sampah rumah tangga yang disebabkan oleh adanya bahan kimia seperti pewarna, fenol, detergen, pestisida, insektisida, logam berat, dan polutan lain yang dilepaskan ke dalam lingkungan (Buhani *et al.*, 2019). Ada banyak penyebab pencemaran air, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi dua yaitu sumber kontaminan langsung dan sumber kontaminan tidak langsung. Sumber kontaminan langsung meliputi efluen yang keluar dari hasil industri, Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber kontaminan tidak langsung

adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan (Darmono, 2001).

Sumber pencemaran air sangat ditentukan oleh jenis kegiatan serta pemanfaatan sumber daya air oleh manusia yang berada disekeliling air tersebut. Kualitas air menjadi menurun sebagai akibat dari masuknya berbagai limbah, baik limbah cair maupun limbah padat ke dalam aliran air ataupun danau. Pada dasarnya sumber pencemaran air berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian. Tanah dan air mengandung sisa-sisa dari aktivitas pertanian dan perkebunan seperti pupuk dan pestisida. Kontaminan dari atmosfer juga berasal dari aktivitas manusia yaitu pencemaran udara yang menghasilkan hujan asam (Pribadi *et al.*, 2016).

Menurut Soedomo (2011) sumber pencemaran sungai dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. Sumber pencemaran sungai menetap (*point source*) seperti limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian, dan limbah lain sebagainya pada satu titik pencemaran.
2. Sumber pencemaran sungai yang tidak menetap (*diffuse source*) seperti limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian dan lain sebagainya pada beberapa titik pencemaran atau secara menyebar dan jaraknya tidak konstan.
3. Sumber pencemaran sungai campuran (*compound area source*) yang berasal dari titik tetap dan tidak tetap.

Lesmana (2001) menjelaskan secara umum, pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai jenis polutan yang dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. *Infection Agent* (Agen Infeksius)
Infection agent (agen infeksius) merupakan bahan pencemar yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia (penyakit). Bahan pencemar ini berupa mikroorganisme patogen yang berasal dari *excreta* manusia dan hewan yang tidak dikelola dengan baik. Untuk mendeteksi keberadaan

mikroorganisme patogen di dalam air, dapat digunakan bakteri *Coliform* sebagai bakteri penunjuk indikator organisme.

2. Zat-zat Pengikat Oksigen

Apabila dalam suatu perairan banyak kemasukan sisa makanan, jumlah mikroorganisme dalam perairan tersebut akan meningkat. Hal ini akan berakibat pada peningkatan jumlah oksigen dalam air yang digunakan untuk pernapasan mikroorganisme sehingga menurunkan jumlah oksigen terlarut. Jika bahan organik telah habis, jumlah mikroorganisme akan berkurang pula sehingga secara alamiah kandungan oksigen di dalam akan naik dan kembali stabil.

3. Sedimen

Sedimen dapat menimbulkan kekeruhan air yang menghalangi penetrasi cahaya matahari sehingga mengganggu proses fotosintesis fitoplankton yang berarti pula berdampak pada berkurangnya pasokan oksigen dalam air.

4. Nutrisi atau Unsur Hara (Nitrat dan Fosfat)

Nutrisi atau unsur hara dapat mengakibatkan peningkatan produktivitas primer yang ditimbulkan oleh adanya penyaringan air dengan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan (*eutrofikasi*). Keadaan ini dapat meningkatkan populasi ganggang dan bakteri dalam perairan tersebut. Akibatnya, air menjadi keruh dan bau. Selain itu, juga menghambat proses masuknya oksigen ke perairan yang secara tidak langsung dapat menurunkan kadar oksigen di dalam air.

5. Pencemar Anorganik

Bahan pencemar anorganik adalah logam, garam, asam, dan basa. Merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan nikel (Ni) adalah logam dengan kadar yang relatif kecil sudah dapat mengakibatkan pencemaran. Asam dapat masuk ke dalam air dari produk samping proses industri dan pelapisan logam. Asam dan basa ini dapat menyebabkan perubahan pH air yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air.

6. Zat Kimia Organik

Bahan kimia organik seperti minyak, plastik, pestisida, larutan pembersih, detergen dan masih banyak lagi bahan organik terlarut yang digunakan oleh

manusia dapat menyebabkan kematian pada ikan maupun organisme air lainnya.

7. Pencemaran Mikroorganisme dalam Air

Berbagai kuman penyebab penyakit pada makhluk hidup seperti bakteri, virus, protozoa, dan parasit sering mencemari air. Kuman yang masuk ke dalam air tersebut berasal dari buangan limbah rumah tangga maupun buangan dari industri peternakan, rumah sakit, tanah pertanian dan lain sebagainya. Pencemaran dari kuman penyakit ini merupakan penyebab utama terjadinya penyakit pada orang yang terinfeksi. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air ini disebut *water-borne disease* dan sering ditemukan pada penyakit tifus, kolera, dan disentri.

8. Energi Panas

Kualitas air akan turun jika terjadi perubahan temperatur pada lingkungan sekitar perairan. Pembuangan air limbah yang mengandung panas mengakibatkan kenaikan temperatur yang menyebabkan turunnya jumlah kadar oksigen terlarut dalam air. Air yang panas atau air yang memiliki temperatur tinggi pada permukaan air dapat menghambat masuknya oksigen ke dalam air di level bawah.

9. Zat Radioaktif

Zat radioaktif yang teraplikasi dalam teknologi nuklir yang digunakan pada berbagai bidang dapat menimbulkan sisa pembuangan atau limbah.

2.2.4. Dampak Pencemaran Air Sungai

Menurut Gabriel (2001), akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran air antara lain: terganggunya kehidupan organisme air, pendangkalan dasar perairan, punahnya biota air misalnya ikan, menjalarnya wabah penyakit misalnya muntaber, dan banjir akibat tersumbatnya saluran air. Pencemaran sungai adalah tercemarnya air sungai yang disebabkan oleh limbah industri, limbah penduduk, limbah peternakan, bahan kimia dan unsur hara yang terdapat dalam air serta gangguan kimia dan fisika yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Pencemaran sungai oleh air buangan domestik dan industri mempengaruhi pencemaran bakteri terhadap bahan organik. Banyaknya bahan organik akan merangsang

pertumbuhan mikroorganisme menjadi pesat. Hal ini mengakibatkan pemakaian oksigen akan cepat dan meningkat. Akibatnya, kadar oksigen terlarut dalam air akan menipis dan menjadi sedikit sekali, yang akhirnya mengakibatkan mikroorganisme dan organisme air lainnya yang memerlukan oksigen menjadi mati. Ekologi air akan berubah drastis, keadaan menjadi anaerobik, sehingga air sungai busuk. Lingkungan hidup yang demikian ini sudah rusak dan tidak layak lagi bagi kebutuhan hidup (Sugiharto, 1987).

Selain berdampak pada menurunnya kualitas air yang dilihat dari parameter-parameter tersebut, pencemaran air juga berdampak pada gangguan kesehatan pada manusia dan makhluk hidup di lingkungan yang tercemar. Pengaruh limbah terhadap kesehatan yaitu penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lokasi tercemar akan mengalami penyakit sistem pencernaan, penyakit sistem pernafasan, dan penyakit sistem *integument*. Pencemaran air dapat berdampak sangat luas, misalnya dapat meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidakseimbangan ekosistem air sungai dan lainnya. Dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran air sungai yaitu mengganggu kesehatan dan merusak estetika lingkungan (Kristiana, 2003).

1. Dampak terhadap kesehatan

Uraian terdahulu mengenai sirkulasi air, pemanfaatan air, serta sifat-sifat air telah memberi gambaran tentang kemungkinan terjadinya pengaruh air terhadap kesehatan. Secara khusus, pengaruh air terhadap kesehatan dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam antara lain sebagai media untuk hidup mikroba patogen, sebagai sarang insekta penyebar penyakit dan jumlah air yang tersedia tak cukup, sehingga manusia tak dapat membersihkan diri (Anggraeni, 2016).

a. Disebabkan oleh Mineral

- Kadmium (Cd): dapat menyebabkan kerusakan pada sistem ginjal, tulang, mempengaruhi otot polos dan pembuluh darah.

- Merkuri (Hg): dapat menimbulkan sakit kepala, sukar menelan, penglihatan menjadi kabur dan daya dengar menurun, mulut terasa tersumbat oleh logam.
- Kobalt (Co): dapat merusak kelenjar gondok, mengubah sel darah merah, tekanan darah menjadi tinggi dan pergelangan kaki membengkak (Wardhana, 2004).

b. Disebabkan oleh Mikrobiologi dalam Air

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran air sungai yang disebabkan oleh mikrobiologi dalam air contoh penyakit yang ditimbulkan seperti tifoid (disebabkan oleh *Salmonella thyposa*), kolera (disebabkan oleh *Vibrio cholerae*), leptospirosis (disebabkan oleh *Spirochaeta*), disentri (disebabkan oleh *Entamoeba histolityca*), serta virus polio dan hepatitis (Ginting, 2006).

c. Disebabkan oleh Pestisida

Penggunaan pestisida yang paling berbahaya yaitu DDT (*Dichlor Diphenyl Trichlorethan*), pestisida jenis ini bersifat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dan larut dalam lemak. Tercemarnya air oleh pestisida dapat menyebabkan kanker kulit, keracunan, kerusakan jaringan, bahkan kematian (Sudarmaji, 2006).

2. Dampak Terhadap Vegetasi

a. Terjadi akumulasi bahan pencemar pada vegetasi, seperti:

- Kobalt: menyebabkan kerusakan sel pada tumbuhan dan bersifat racun.
- Nikel: sangat beracun bagi beberapa jenis tanaman.
- Fenol: sangat beracun bagi beberapa jenis tanaman.
- Pestisida: dapat terakumulasi pada beberapa tanaman sehingga lebih lanjutnya dapat membahayakan manusia.

b. Terjadi perubahan morfologi, pigmen, dan kerusakan fisiologi pada sel tumbuhan.

c. Dapat mempengaruhi komposisi dan proses reproduksi pada beberapa tanaman (Anggraeni, 2016).

3. Dampak Terhadap Hewan

a. Pestisida

- Menyebabkan kerusakan jaringan sel pada hewan.
- Menyebabkan racun bagi beberapa hewan ternak.

b. Panas (temperatur air tinggi)

Menyebabkan beberapa jenis hewan tidak mampu beradaptasi untuk mempertahankan hidupnya.

c. Nikel

Menyebabkan racun dan mempengaruhi produksi ikan tertentu (Sudarmaji, 2006).

4. Dampak Terhadap Pertanian

Merusak produk pertanian atau mengganggu pertumbuhannya jika konsentrasi zat-zat pencemar yang terkandung di air irigasi melampaui ambang batas konsentrasinya (Sunu, 2001).

Pencemaran air berdampak luas, misalnya dapat meracuni sumber air minum, meracuni makanan hewan, ketidakseimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam, dan sebagainya. Dalam badan air sungai dan danau, nitrogen dan fosfat (dari kegiatan pertanian) telah menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang di luar kendali (*eutrofikasi* berlebihan). Ledakan pertumbuhan ini menyebabkan oksigen, yang seharusnya digunakan bersama oleh seluruh hewan dan tumbuhan air sehingga menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati, dekomposisi mikroorganisme akan menyerap lebih banyak oksigen. Sebagai akibatnya, ikan akan mati, dan aktivitas bakteri jadi menurun (Pribadi *et al.*, 2016).

2.2.5. Peranan Air Dalam Penyebaran Penyakit

Air adalah salah satu di antara pembawa penyakit yang berasal dari tinja untuk sampai ke manusia. Supaya air yang masuk ketubuh manusia baik berupa makanan dan minuman tidak menyebabkan penyakit, maka pengolahan air baik berasal dari sumber, jaringan transmisi atau distribusi adalah mutlak diperlukan

untuk mencegah terjadinya kontak antara kotoran sebagai sumber penyakit dengan air yang diperlukan. Air mempunyai peranan yang cukup besar dalam penularan beberapa penyakit menular. Besarnya peranan air dalam penularan penyakit adalah disebabkan dari keadaan air itu sendiri sangat membantu dan sangat baik untuk kehidupan mikrobiologis. Air dapat bertindak sebagai tempat berkembang biak mikrobiologis dan juga bisa sebagai tempat tinggal sementara (perantara) sebelum mikrobiologis berpindah kepada manusia (Sutrisno, 2004).

Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam diantaranya yaitu:

1. Air sebagai media untuk hidup mikroba patogen.
2. Air sebagai sarang insekta penyebar penyakit.
3. Jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri.
4. Air sebagai media untuk hidup vektor penyakit (Anggraeni, 2016).

Akibat semakin tingginya buangan domestik memasuki badan air di negara yang berkembang, maka tidak mengherankan jika berbagai jenis penyakit, secara epidemik ataupun endemik berjangkit dan merupakan masalah rutin yang ada di mana-mana (Anggraeni, 2016). Disamping itu air juga merupakan suatu bahan yang sangat dibutuhkan oleh manusia serta dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan terhadap pemakainya karena mengandung mineral atau zat-zat yang tidak sesuai dan tidak tepat untuk dikonsumsi sehingga air dapat menjadi media penular penyakit. Adapun penyakit-penyakit yang ditularkan melalui air ataupun yang berasal dari sumber air dapat dibagi menjadi 4 (empat) bagian menurut agen penularannya (Kusnosaputro, 1983):

1. *Water Borne Disease*, terjadi apabila kuman penyebab berada di dalam air. Jika air yang mengandung kuman tersebut terminum, maka dapat terjadi penjangkitan penyakit pada yang bersangkutan. Penyakit tersebut diantaranya adalah kolera, *thypoid*, hepatitis, *infecsia*, disentri, *gastroentritis*.
2. *Water Washed Disease*, cara penularan penyakit ini berkaitan erat dengan air bagi kebersihan umum, terutama alat-alat dapur, makanan dan kebersihan

perorangan. Kelompok penyakit ini adalah penyakit menular saluran pencernaan, kulit dan mata.

3. *Water Based Disease*, dalam siklus penyakit ini memerlukan pejamu sementara (*Intermediate Host*) yang hidup di dalam air.
4. *Water Related Insect Vektor*, air dapat dijadikan sebagai tempat perindukan dan perkembangbiakan bagi beberapa insekta sebagai vektor penyebar penyakit, seperti malaria, *dengue*, dan *tripanosomiasis*.

2.3. Kesehatan dan Lingkungan Masyarakat

2.3.1. Penyakit Berbasis Lingkungan

Penyakit adalah suatu kondisi patologis yaitu berupa kelainan fungsi dan morfologi suatu organ atau jaringan tubuh makhluk hidup (Achmadi, 2005).

Penyakit berbasis lingkungan adalah suatu kondisi patologis berupa kelainan fungsi atau morfologi suatu organ tubuh yang disebabkan oleh interaksi manusia dengan segala sesuatu di lingkungan sekitarnya yang memiliki potensi adanya sumber penyakit. Ada beberapa contoh jenis penyakit berbasis lingkungan yang pertama yaitu karena disebabkan oleh virus seperti Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), *Tuberculosis* (TBC) paru, diare, polio, campak dan kecacingan, yang kedua karena disebabkan oleh binatang yaitu seperti flu burung, pes, *anthrax* dan yang ketiga karena disebabkan oleh vektor nyamuk diantaranya Demam Berdarah *Dengue* (DBD), chikungunya dan malaria (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

Beberapa penyakit berbasis lingkungan tersebut masih menjadi permasalahan cukup besar untuk bangsa Indonesia, menurut hasil survei mortalitas Subdit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada tahun 2005 di 10 provinsi diketahui bahwa penyakit *pneumonia* merupakan penyakit yang menyebabkan kematian terbesar pada bayi (22,3%) dan pada balita (23,6%). Diare juga merupakan penyakit yang menjadi persoalan tersendiri di mana pada tahun 2009 terjadi Kejadian Luar Biasa (KLB) untuk kasus penyakit diare di 38 lokasi yang tersebar pada 22 kabupaten atau kota dan 14 provinsi dengan angka kematian akibat diare saat KLB 1,74%. Pada tahun 2007 angka kematian akibat *Tuberculosis* (TBC)

paru adalah sebanyak 250 orang per hari. Prevalensi untuk penyakit kecacangan pada anak SD di beberapa kabupaten yang terpilih pada tahun 2009 sebesar 22,6%. Angka kesakitan untuk kasus penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) pada tahun 2009 sebesar 67/100.000 penduduk dengan angka kematian 0,9%. Kejadian pada tahun yang sama yaitu pada tahun 2009 untuk penyakit chikungunya dilaporkan bahwa sebanyak 83.533 kasus tanpa kematian. Jumlah kasus untuk penyakit flu burung pada tahun 2009 di Indonesia diketahui yaitu terdapat sejumlah 21 kasus, data tersebut menurun dibandingkan pada tahun 2008 yaitu sebanyak 24 kasus namun angka kematiannya pada tahun 2009 meningkat menjadi 90,48% (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

Para ahli kesehatan masyarakat pada umumnya sepakat bahwa kualitas kesehatan lingkungan adalah salah satu dari empat faktor yang mempengaruhi kesehatan manusia, kualitas kesehatan lingkungan merupakan faktor yang memberikan kontribusi cukup besar terhadap pencapaian derajat kesehatan manusia. Hal ini memang tidak selalu bahwa lingkungan menjadi faktor penyebab utama, melainkan juga sebagai faktor penunjang, media transmisi maupun memperberat atau memperparah penyakit yang telah ada. Faktor yang menunjang munculnya penyakit berbasis lingkungan antara lain:

1. Ketersediaan dan akses terhadap air yang aman

Dampak kesehatan dari tidak terpenuhinya kebutuhan dasar terhadap air bersih dan sanitasi diantaranya dapat terlihat dengan jelas pada anak-anak sebagai kelompok usia yang rentan terhadap penyakit. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa pada tahun 2005 sebanyak 1,6 juta balita (rata-rata 4.500 setiap tahunnya) meninggal akibat air yang tidak aman dan kurangnya higienitas.

2. Akses sanitasi dasar yang layak

Kepemilikan dan penggunaan fasilitas tempat buang air besar merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam menentukan kualitas sanitasi lingkungan untuk mencegah munculnya berbagai penyakit.

3. Penanganan sampah dan limbah

Pengelolaan sampah yang belum tertata dengan rapih dan teratur akan menimbulkan banyak gangguan lingkungan baik dari segi estetika berupa ongkongan dan serakan sampah, pencemaran lingkungan udara, pencemaran lingkungan tanah dan pencemaran lingkungan perairan. Potensi pelepasan gas metana (CH_4) memberikan kontribusi yang kurang baik terhadap pemanasan global, pendangkalan sungai yang dapat berujung pada terjadinya banjir serta gangguan kesehatan masyarakat seperti diare, kolera, tifus, penyakit kulit, kecacingan, atau keracunan akibat mengkonsumsi makanan seperti daging, ikan ataupun tumbuhan yang tercemar zat beracun dari sampah.

4. Vektor penyakit

Vektor penyakit semakin sulit diberantas, hal ini disebabkan karena vektor penyakit telah beradaptasi sedemikian rupa terhadap kondisi lingkungan sekitarnya, sehingga kemampuan bertahan hidup mereka menjadi semakin lebih tinggi. Hal ini didukung oleh faktor lain yang membuat perkembangbiakan vektor semakin pesat yaitu antara lain perubahan lingkungan fisik seperti kegiatan pertambangan, industri dan ataupun pembangunan perumahan.

5. Perilaku masyarakat

Perilaku hidup bersih dan sehat masih belum banyak diterapkan oleh masyarakat, menurut studi *Basic Human Services* (BHS) di Indonesia pada tahun 2006, perilaku masyarakat dalam mencuci tangan adalah:

- a. setelah buang air besar 12%.
- b. setelah membersihkan tinja bayi dan balita 9%.
- c. sebelum makan 14%.
- d. sebelum memberi makan bayi 7%.
- e. sebelum menyiapkan makanan 6 % (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

Studi *Basic Human Services* (BHS) terhadap perilaku masyarakat dalam pengelolaan air untuk kebutuhan air minum rumah tangga menunjukkan bahwa sebanyak 99,20 % masyarakat merebus air untuk mendapatkan air minum, namun

sebanyak 47,50 % dari air tersebut masih mengandung bakteri *Eschericia coli*. Berdasarkan studi *Indonesia Sanitation Sector Development Program* (ISSDP) pada tahun 2006 terdapat sejumlah 47% masyarakat masih berperilaku buang air besar ke sungai, sawah, kolam, kebun dan atau tempat terbuka lainnya. Patogenesis (proses kejadian) penyakit berbasis lingkungan dapat diuraikan pada teori simpul yang terdiri dari 5 simpul yaitu:

1. Simpul 1, sebagai sumber penyakit. Sumber penyakit digolongkan menjadi dua kelompok yaitu sumber penyakit alamiah seperti gas beracun dari gunung berapi, proses pembusukan dan hasil kegiatan manusia seperti industri, knalpot kendaraan bermotor atau penderita penyakit menular.
2. Simpul 2, komponen lingkungan yang merupakan media transmisi penyakit. Media transmisi penyakit yakni seperti udara ambien, air yang digunakan untuk dikonsumsi atau untuk keperluan lainnya, tanah atau pangan, binatang atau serangga penular penyakit atau vektor.
3. Simpul 3, penduduk dengan berbagai latar belakang seperti pendidikan, perilaku, kepadatan, gender yang berbeda-beda.
4. Simpul 4, penduduk yang dalam keadaan sehat atau sakit setelah mengalami interaksi atau pajanan dengan komponen lingkungan yang mengandung agen penyakit.
5. Simpul 5, semua variabel yang mempengaruhi keempat simpul seperti iklim, kebijakan, suhu, dan topografi (*Indonesia Sanitation Sector Development Program*, 2006).

Pencegahan munculnya atau timbulnya penyakit yang sama perlu dilakukan dengan cara pengurangan atau pengendalian faktor risiko lingkungan. Patogenesis atau proses kejadian penyakit berbasis lingkungan perlu dipahami untuk menentukan pada titik mana atau simpul mana yang dapat dilakukan pencegahan (Achmadi, 2012). Kejadian penyakit pada sekelompok individu bermula dari sebuah agen penyakit yang dikeluarkan dari sumbernya. Menurut Achmadi (2012), agen penyakit dikelompokkan menjadi tiga yakni:

1. Agen mikroorganisme

Mikroorganisme yang mampu menimbulkan gangguan penyakit khususnya yaitu penyakit menular. Kelompok mikroorganisme yaitu seperti virus, bakteri, jamur dan parasit. Penyakit yang timbul akibat agen mikroorganisme seperti influenza, Demam Berdarah *Dengue* (DBD), malaria, kolera, diare dan *tuberculosis*.

2. Agen bahan kimia toksik

Bahan kimia berbahaya dan digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama dapat menimbulkan gangguan timbulnya penyakit. Contoh bahan kimia tersebut seperti pestisida, logam timbal (Pb), logam kadmium (Cd), logam merkuri (Hg) dampak dari agen bahan toksik tersebut bagi tubuh yaitu dapat mengganggu sistem ginjal, gangguan fungsi organ tubuh, hipertensi, leukemia dan gangguan penyakit lainnya.

3. Agen fisik

Gangguan fungsi pada jaringan tubuh akibat keterpaparan manusia terhadap agen yang dikelompokkan sebagai agen fisik. Agen fisik yaitu seperti kebisingan, getaran, cahaya, radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Gangguan kesehatan yang ditimbulkan akibat keterpaparan agen fisik adalah gangguan pendengaran, vertigo, gangguan syaraf, kerato konjunktivitis atau radang akut kornea.

2.3.2. Kesehatan Masyarakat

2.3.2.1. Diare

Diare merupakan salah satu dari kumpulan gejala penyakit *gastroenteritis* atau gangguan perut yang terjadi secara umum baik untuk anak-anak maupun pada orang dewasa. Penyakit diare merupakan salah satu penyakit endemis yang berada di Indonesia dan juga merupakan penyakit potensial KLB (Kejadian Luar Biasa) yang sering disertai dengan kasus kematian. Berdasarkan laporan Seksi Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit, pada tahun 2019 tidak terdapat kasus KLB diare akut di Kabupaten Way Kanan. Diare terjadi di dalam pencernaan setiap individu yang memiliki kondisi tubuh lemah (Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan, 2019).

2.3.2.2. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) didefinisikan sebagai penyakit infeksi akut yang menyerang salah satu bagian atau lebih dari saluran napas mulai hidung sampai alveoli termasuk jaringan *adnaksanya* (sinus, rongga telinga tengah, pleura) (*World Health Organization*, 2011). Infeksi saluran pernapasan akut disebabkan oleh virus atau bakteri. Contoh patogen yang menyebabkan infeksi saluran pernapasan akut adalah *rhino virus*, *respiratory syncytial virus*, *parainfluenza virus*, *severe acute respiratory syndrome associated coronavirus* (SARS-CoV), dan *virus Influenza* (*World Health Organization*, 2007).

Sekelompok penyakit yang termasuk infeksi saluran pernapasan akut adalah pneumonia, influenza, dan pernapasan *syncytial virus* (RSV). Berikut ini adalah beberapa mikroorganisme yang menjadi penyebab munculnya infeksi saluran pernapasan akut:

1. Adeno virus: dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti pilek, bronkitis, dan pneumonia.
2. *Rhino virus*: virus ini menyebabkan pilek, tetapi pada anak kecil dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah.
3. *Pneumococcus*: penyakit meningitis disebabkan oleh virus (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

2.3.2.3. Tuberculosis (TBC)

Tuberculosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis* tipe *Humanus*. *Mycobacterium tuberculosis* menyebabkan sejumlah penyakit berat pada manusia dan juga penyebab terjadinya infeksi tersering. Kemungkinan seseorang terinfeksi *tuberculosis* paru ditentukan oleh konsentrasi droplet dalam udara dan lamanya menghirup udara tersebut. Faktor yang mempengaruhi kemungkinan seseorang menjadi penderita *tuberculosis* paru adalah daya tahan tubuh yang rendah, diantaranya gizi buruk atau (*Human Immunodeficiency Virus* atau HIV)/*Acquired Immune Deficiency Syndrome* atau AIDS) (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

2.3.2.4. Demam Berdarah *Dengue* (DBD)

Demam berdarah *dengue* sering disebut pula *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) adalah suatu penyakit yang disebabkan oleh virus *dengue* yang tergolong arbovirus dan masuk ke dalam peredaran darah tubuh penderita melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* yang betina (Suriadi, 2001). Nyamuk *Aedes aegypti* adalah vektor yang paling banyak ditemukan sebagai penyebab utama terjadinya penyakit ini, nyamuk dapat membawa virus *dengue* setelah menghisap darah orang yang telah terinfeksi virus tersebut. Pada tahun 2017, berdasarkan laporan Seksi Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit Kabupaten Way Kanan, terdapat 14 kasus penyakit DBD, pada tahun 2018 dan tahun 2019 tidak terdapat kasus Kejadian Luar Biasa (KLB) DBD di Kabupaten Way Kanan (Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan, 2019).

Timbulnya suatu penyakit dapat diterangkan melalui konsep segitiga epidemiologi. Faktor tersebut adalah *agent* (agen), *host* (manusia), *environment* (lingkungan). Timbulnya penyakit DBD bisa disebabkan oleh ketidakseimbangan antara faktor *host* (manusia) dengan segala sifatnya seperti biologis, fisiologis, psikologis dan sosiologis, adanya *agent* (agen) sebagai penyebab dan faktor *environment* (lingkungan) yang mendukung.

1. Pembawa Penyakit (*Agent*)

Pembawa penyakit atau *agent* adalah suatu faktor yang keberadaannya baik ada ataupun tidak ada akan menimbulkan penyakit. Pembawa penyakit *agent* paling utama yang dapat menyebabkan penyakit DBD tentunya adalah nyamuk *Aedes aegypti*.

2. Pejamu (*Host*)

Pejamu (*host*) merupakan salah satu faktor penyebab munculnya penyakit artinya bahwa pejamu (*host*) adalah kelompok yang dapat mudah terserang penyakit ini.

3. Lingkungan (*Environment*)

Lingkungan atau *environment* yang dimaksud adalah lingkungan yang memudahkan terjadinya kontak antara pejamu (*host*) dengan pembawa penyakit (*agent*) (Widoyono, 2011).

2.3.2.5. Malaria

Malaria adalah salah satu jenis penyakit menular yang disebabkan oleh parasit (*protozoa*) dari genus *Plasmodium*, yang dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*. Penyakit malaria ini juga mempunyai nama lain, seperti demam roma, demam rawa, demam tropik, demam pantai, demam *charges*, demam kura dan *paludisme*. Faktor geografis di Indonesia sangat menguntungkan untuk terjadinya transmisi penyakit malaria. Faktor-faktor geografis tersebut diantaranya yaitu seperti lingkungan fisik, lingkungan biologi dan lingkungan sosial budaya (Prabowo, 2004).

2.3.2.6. Ankilostomiasis

Ankilostomiasis adalah penyakit cacing tambang yang disebabkan oleh *Ancylostoma duodenale*. Cacing tambang mengisap darah sehingga menimbulkan keluhan yang berhubungan dengan anemia, gangguan pertumbuhan terutama pada anak dan dapat menyebabkan retardasi mental. Infeksi cacing tambang pada manusia terutama disebabkan oleh *Ancylostoma duodenale* dan *Necator americanus* (Pohan, 2009).

2.3.2.7. Demam Tifoid

Demam tifoid adalah infeksi akut pada saluran pencernaan yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*. Demam paratifoid adalah penyakit sejenis yang disebabkan oleh *Salmonella paratyphi* A, B, dan C. Gejala dan tanda kedua penyakit tersebut hampir sama, tetapi manifestasi klinis paratifoid lebih ringan. Kedua penyakit di atas disebut tifoid. Terminologi lain yang sering digunakan adalah *typhoid fever*, *paratyphoid fever*, *typhus*, dan *paratyphus abdominalis* atau demam *enteric* (Widoyono, 2008).

Penularan dapat terjadi jika penderita atau *carrier* tidak dapat menjaga kebersihan perorangan dan kebersihan lingkungan. Penularan tifoid dapat terjadi melalui berbagai cara, yaitu dikenal dengan 5F, *Food* (makanan), *Fingers* (jari tangan atau kuku), *Fomitus* (muntah), *Fly* (lalat), dan *Feses* (Zulkoni, 2010). Penularan dapat terjadi di mana saja dan kapan saja, biasanya terjadi melalui konsumsi makanan

dari luar, apabila makanan atau minuman yang dikonsumsi kurang bersih. Di beberapa negara penularan terjadi karena mengonsumsi kerang-kerangan yang berasal dari air yang tercemar, buah-buahan, sayur mentah yang dipupuk dengan kotoran manusia, susu atau produk susu yang terkontaminasi oleh *carrier* atau penderita yang tidak teridentifikasi. Di daerah endemik, air yang tercemar merupakan penyebab utama penularan penyakit. Adapun di daerah non-endemik, makanan yang terkontaminasi oleh *carrier* dianggap paling bertanggung jawab terhadap penularan (Artanti, 2013).

2.3.2.8. Rubella

Rubella atau yang biasa disebut campak adalah penyakit yang disebabkan oleh virus. Rubella menyebar melalui tetes mikroskopis dari nafas orang yang terinfeksi melalui udara, tetesan membawa virus mencapai mulut, tenggorokan dan hidung. Berdasarkan laporan Seksi Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit, pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 tidak terdapat kasus Kejadian Luar Biasa (KLB) Rubella di Kabupaten Way Kanan (Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan, 2019).

2.3.2.9. Polio dan *Acute Flacid Paralysis/Lumpuh Layu Akut (AFP)*

Polio adalah salah satu penyakit menular yang termasuk PD3I (Penyakit yang Dapat Dicegah Dengan Imunisasi). Penyakit ini disebabkan oleh infeksi virus yang menyerang sistem syaraf hingga penderita mengalami kelumpuhan. Pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 tidak terdapat kasus Kejadian Luar Biasa (KLB) Polio di Kabupaten Way Kanan (Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan, 2019).

2.3.2.10. Hepatitis A

Hepatitis biasanya terjadi karena virus, terutama salah satu dari kelima virus hepatitis, yaitu hepatitis A, B, C, D dan E. Hepatitis juga bisa terjadi karena infeksi virus lainnya, seperti *monoukleus infeksiosa*, demam kuning dan infeksi *sitomegalovirus*, penyebab hepatitis non virus yang utama adalah alkohol dan obat-obatan. Berdasarkan laporan Seksi Pencegahan dan Pemberantasan

Penyakit, pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 tidak terdapat kasus Kejadian Luar Biasa (KLB) Hepatitis A di Kabupaten Way Kanan (Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan, 2019).

2.3.2.11. Kolera

Kolera merupakan suatu sindrom epidemiologik klinis yang disebabkan oleh *Vibrio cholerae*. Kolera tetap merupakan masalah utama kesehatan masyarakat walaupun secara epidemiologi dan bakteriologi penyakit kolera sudah diketahui sejak abad yang lalu (Lesmana, 2004; Ryan and Ray, 2004). Telah diketahui bahwa penyebaran kolera secara primer melalui air minum yang terkontaminasi (Chen *et al.*, 2004; Hill *et al.*, 2011; Sathiyamurthy *et al.*, 2013).

2.3.2.12. Disentri

Disentri basiler (*Shigellosis*) adalah penyakit infeksi usus akut yang secara umum disebabkan oleh *Shigella flexneri* 70,6 %, *Shigella sonnei* 17,6 %, *Shigella boydii* 5,9 %, dan *Shigella dysenteriae* 5,9 %. Anggota genus *Shigella* yang memiliki persentase tertinggi sebagai penyebab disentri adalah *Shigella flexneri* (Santoso *et al.*, 2004). Faktor-faktor yang berhubungan dengan risiko epidemik *Shigella* seperti sanitasi dan kebersihan personal yang buruk, tidak tersedianya air, malnutrisi, dan peningkatan penduduk (Sukandar, 2013). Disentri basiler dapat terjadi di daerah yang populasinya padat tetapi sanitasinya sangat buruk. Penyebarannya dapat terjadi melalui kontaminasi makanan atau minuman dengan kontak langsung atau melalui vektor, misalnya lalat. Namun faktor utama dari disentri basiler ini adalah melalui tangan yang tidak dicuci sehabis buang air besar (World Health Organization/WHO, 2005).

2.3.2.13. Thyphus

Tipes atau *thyphus* adalah penyakit infeksi bakteri pada usus halus dan terkadang pada aliran darah yang disebabkan oleh makanan dan minuman yang tercemar bakteri *Salmonella typhosa* atau *Salmonella paratyphi* A, B dan C, selain ini dapat juga menyebabkan *gastroenteritis* (radang lambung) (Widoyono, 2002). Seseorang yang sering menderita penyakit *thyphus* menandakan bahwa dia

mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi bakteri ini (Zulkoni, 2011).

2.4. Parameter Kualitas Air Sungai

Faktor fisika dan kimia air merupakan parameter untuk menentukan kualitas suatu perairan. Secara alami keberadaan dan distribusi biota di perairan sungai dipengaruhi oleh aktivitas manusia, terutama yang menyebabkan perubahan faktor fisika dan kimia air, polusi dan pemasukan spesies baru ke dalam badan air sungai. Suatu ekosistem dikatakan baik jika faktor biotik dan abiotiknya saling mendukung (Citri *et al.*, 2013). Parameter fisika, kimia dan biologi yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Parameter Kualitas Air Sungai dan Baku Mutu Kelas III

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu
1.	Suhu	°C	Deviasi 3
2.	Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	400
3.	Derajat Keasaman (pH)	-	5-9
4.	Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	3
5.	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	50
6.	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/L	6
7.	Nitrat	mg/L	20
8.	Nitrit	mg/L	0,06
9.	Fosfat	mg/L	1
10.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,5
11.	Kromium (Cr)	mg/L	0,05
12.	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02
13.	Timbal (Pb)	mg/L	0,05
14.	Fecal Coliform	Jml/mL	2000
15.	Total Coliform	Jml/mL	10000

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Parameter kualitas air sungai yang akan dianalisis pada penelitian ini mengikuti Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 untuk kualitas air kelas III, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanian, atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.4.1. Suhu

Suhu sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem suatu perairan. Suhu juga mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme (Nybakken, 1992). Suhu yang mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen di dalam suatu perairan, apabila suhu air naik maka kelarutan oksigen di dalam air menurun. Bersamaan dengan meningkatnya suhu juga akan meningkatkan aktivitas metabolisme akuatik sehingga kebutuhan akan oksigen juga meningkat (Sinaga, 2009). Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air (Effendi, 2003). Kenaikan suhu air akan mengakibatkan:

1. Jumlah oksigen terlarut dalam air menurun.
2. Kecepatan reaksi kimia meningkat.
3. Kehidupan ikan dan biota air lainnya terganggu.
4. Jika batas suhu yang mematikan terlampaui, akan menyebabkan ikan dan biota air mati (Fardiaz, 1992).

Menurut Setiana (1996), suhu akan mempengaruhi tingkat ketersediaan oksigen dan nutrisi dalam air. Perubahan suhu akan berpengaruh pula terhadap pola kehidupan dan aktivitas biologi dalam air, termasuk pengaruhnya terhadap penyebaran biota menurut batas kisaran toleransinya. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan berkisar 20 °C – 30 °C (Effendi, 2003). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 bahwa temperatur maksimum yang diperbolehkan adalah 30 °C.

Menurut Mutiara (1999), perubahan suhu baik naik maupun turun yang berlangsung secara mendadak, seringkali berakibat *lethal* (yang dapat menyebabkan kematian) bagi organisme-organisme perairan terutama ikan, dan seringkali disebut "*shock-thermal*". Pembuangan air yang bersuhu tinggi dalam jumlah banyak dapat menaikkan suhu perairan penerima beberapa derajat di atas

suhu normal. Kenaikkan itu akan mempengaruhi organisme-organisme penghuni perairan terutama ikan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Mahida, 1993). Suhu air yang baik mempunyai temperatur normal, ± 3 °C dari suhu kamar (27 °C) untuk *higiene* sanitasi. Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar (misalnya fenol atau belerang) atau sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme (Barus, 2004).

2.4.2. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya Hantar Listrik (DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik, oleh karena itu semakin banyak garam-garam (mineral) terlarut yang dapat terionisasi semakin tinggi pula nilai DHL. Besarnya nilai daya hantar listrik digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan perairan. Tingginya daya hantar listrik menandakan banyaknya jenis bahan organik dan mineral yang masuk sebagai limbah ke perairan. Pada kondisi normal, nilai DHL limbah industri dapat mencapai 10.000 $\mu\text{mhos/cm}$. Jika kadar garam tinggi maka air sungai tidak layak sebagai baku untuk minum dan irigasi (Irawan, 2013).

2.4.3. Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi dalam air merupakan partikel-partikel padat anorganik, organik, dan cairan yang tak dapat bercampur dalam air dapat berupa mikroba, kotoran manusia maupun binatang, dan limbah industri (Mulyanto, 2017). Senyawa padat anorganik antara lain berupa tanah, tanah liat dan lumpur, sedangkan senyawa padat organik yang sering dijumpai adalah serat tumbuhan, sel ganggang dan bakteri. Padatan-padatan ini merupakan pencemar alam yang berasal dari pengikisan air (erosi) saat mengalir (Underwood dan Day, 2002). Senyawa residu tersuspensi lainnya berasal dari aktivitas penduduk yang menggunakan air. Limbah penduduk dan limbah industri biasanya banyak mengandung residu tersuspensi. Keberadaan residu tersuspensi dalam air tidak diinginkan karena alasan menurunnya estetika air disamping residu tersuspensi dapat menjadi tempat penyerapan bahan kimia atau biologi seperti mikroorganisme penyebab penyakit (Sunu, 2001). *Total Suspended Solid*

(TSS) yang berlebihan dapat membahayakan ikan dan jasad akuatik lainnya melalui penyelimutan insang, reduksi radiasi matahari, dan selanjutnya akan berpengaruh pada rantai makanan alami. Total padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan, tidak larut, dan tidak mengendap langsung dalam air. Semakin tinggi padatan tersuspensi dalam air maka air akan semakin keruh yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Effendi, 2003).

2.4.4. Kecepatan Arus

Kecepatan arus suatu badan air sangat berpengaruh terhadap kemampuan badan air untuk mengasimilasi dan mengangkut bahan pencemar. Kecepatan arus digunakan untuk memperkirakan waktu suatu bahan pencemar akan mencapai suatu lokasi tertentu (Effendi, 2003). Kecepatan arus air dari suatu badan air ikut menentukan penyebaran organisme dan sumber makanan yang terdapat di perairan. Arus juga dapat berdampak pada kandungan oksigen yang ada dalam air tersebut melalui proses difusi secara langsung dari udara. Kecepatan arus setiap aliran air sungai berbeda-beda. Hal ini dikarenakan kondisi fisik dan lokasi sungai yang berbeda. Aliran sungai dipengaruhi oleh adanya dua kekuatan yaitu gravitasi dan hambatan (friksi). Oleh karena itu, kekuatan arus di sungai tergantung pada letak daerahnya. Pada daerah hulu, kecepatan arusnya tinggi, sedangkan di daerah hilir kecepatan arusnya menurun (Rejeki, 2001).

2.4.5. Kecerahan atau Warna

Kecerahan adalah ukuran transparansi perairan yang diamati secara visual dengan menggunakan keping *Secchi*. Kecerahan perairan dipengaruhi oleh kandungan bahan-bahan halus yang terdapat dalam air baik berupa bahan organik seperti plankton, jasad renik, detritus maupun bahan anorganik seperti partikel pasir dan lumpur. Semakin keruh suatu badan air akan semakin dekat batas pandangan, sebaliknya apabila semakin jernih suatu badan air maka batas pandangan akan semakin jauh (Effendi, 2003).

Warna air dapat diketahui bahwa sumber air ada dari beberapa tempat sehingga warna yang dimiliki pun berbeda-beda. Warna air yang dapat ditimbulkan dikarenakan adanya ion besi (Fe), mangan (Mn), humus, biota laut, plankton, dan limbah industri. Deteksi warna air dapat dilakukan oleh indra penglihatan, deteksi ini akan lebih akurat jika dilanjutkan dengan deteksi kekeruhan. Apabila warna air tidak lagi bening, keruh atau tidak lagi jernih misalnya berwarna kecoklatan, dapat diduga air tersebut tercemar oleh besi. Air yang berwarna penyimpang dengan warna aslinya, tidak baik digunakan sebagai air minum. Adapun tujuan dari deteksi warna pada air minum ini adalah untuk mengetahui warna yang tampak pada air. Persyaratan air minum yaitu harus tidak berwarna atau jernih. Air yang menyimpang dengan warna tersebut, tidak baik dikonsumsi (Suwittoku, 2013).

2.4.6. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air terhadap transmisi cahaya di mana kekeruhan membatasi masuknya cahaya ke dalam sungai. Semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listriknya dan banyak pula padatnya. Kekeruhan air pada umumnya disebabkan oleh adanya bahan-bahan tersuspensi dan senyawa koloid partikel-partikel lumpur, pasir, bahan organik dan anorganik, plankton serta organisme mikroskopis lainnya di dalam air (Boyd, 1982). Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya proses respirasi dan daya lihat organisme akuatik, serta dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Effendi, 2003). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kekeruhan dalam ekosistem perairan berkisar 50–1000 mg/L. Kekeruhan walaupun hanya sedikit dapat menyebabkan warna lebih tua dari warna yang sesungguhnya. Setiap tingkat kekeruhan dipengaruhi oleh pH air. Kekeruhan pada air minum pada umumnya telah diupayakan sedemikian rupa sehingga air menjadi jernih (Sutrisno, 2004).

Air yang memiliki kekeruhan yang tinggi dan dipergunakan sebagai bahan baku, maka air tersebut dinyatakan tidak layak konsumsi, karena tidak memenuhi baku

mutu atau persyaratan yang ada. Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel kecil yang tersuspensi lainnya. Padatan tersuspensi berkolerasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Akan tetapi tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan, artinya nilai padatan terlarut tinggi, tidak berarti memiliki kekeruhan yang tinggi (Efendi, 2003).

2.4.7. pH (*potential of hydrogen*) atau Konsentrasi Ion Hidrogen.

Derajat keasaman atau *potential of hydrogen* (pH) menunjukkan suatu proses reaksi yang berada dalam perairan seperti reaksi dalam kondisi asam atau basa. Pengukuran pH adalah sesuatu yang penting dan praktis, karena banyak reaksi-reaksi kimia dan biokimia yang penting terjadi pada tingkat pH yang khusus atau pada lingkungan pH yang sangat sempit (Mahida, 1993; Odum, 1993). Pengaruh pH terhadap komunitas biologi perairan yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0 - 6,5	<ul style="list-style-type: none"> – Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun. – Kelimpahan total, biomass, dan produktivitas tidak mengalami perubahan. – Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak. – Kelimpahan total, biomass, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti.
5,5 - 6,0	<ul style="list-style-type: none"> – Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral. – Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifiton, dan bentos semakin besar. – Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomass zooplankton dan bentos.
5,0 - 5,5	<ul style="list-style-type: none"> – Algae hijau berfilamen semakin banyak. – Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifiton, dan bentos semakin besar. – Penurunan kelimpahan total dan biomass zooplankton dan bentos.
4,5 - 5,0	<ul style="list-style-type: none"> – Algae hijau berfilamen semakin banyak. – Proses nitrifikasi terhambat.

Sumber: Effendi, 2003.

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap tingkat toksisitas bahan beracun. Pada pH kurang dari 5 atau lebih besar dari 10, proses-proses aerobiologi menjadi sangat kacau. Oleh karena itu diperlukan pengendalian pH secara *artificial* (buatan) sehingga sesuai bagi organisme-organisme yang khusus terlibat dalam pembenahan air limbah dan sampah industri secara biologis (Mahida, 1993).

Sebagai salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air, secara empiris pH yang optimum untuk tiap spesifik harus ditentukan. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan dari penyimpanan standar kualitas air minum dalam pH ini yaitu bahwa pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,2 akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa air dan menyebabkan beberapa senyawa menjadi racun, sehingga mengganggu kesehatan (Sutrisno, 2004). Pengaruh perubahan pH secara langsung dapat meningkatkan daya racun ammonia dan unsur logam dalam air (Agustin, 2014). Air limbah dan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik yang sensitif terhadap perubahan pH (Wardhana, 2004). Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi yang akan berakhir pada pH yang rendah (Effendi, 2003).

2.4.8. Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. DO sangat dibutuhkan bakteri aerobik dalam proses respirasi (Yuliastuti, 2011). Kekurangan DO menyebabkan kematian mikroorganisme karena DO digunakan untuk proses metabolisme dalam tubuh

mikroorganisme dan berkembang biak (Warlina, 2004). Semakin besar oksigen yang terlarut menunjukkan pengotoran yang semakin kecil. Parameter DO merupakan parameter yang paling fluktuatif karena pengaruh reaerasi (transfer oksigen) di badan air dari atmosfer, metabolisme organisme, difusi yang terjadi dan banyak faktor lainnya (Kadyonggo, 2013).

Oksigen terlarut penting digunakan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik pada proses aerobik dalam air. Sumber utama oksigen dalam perairan berasal dari udara melalui proses difusi dan hasil fotosintesis organisme di perairan tersebut (Salmin, 2005). Di perairan tawar kadar oksigen terlarut pada suhu 25° C berkisar 8 mg/L (Effendi, 2003). Menurut Sastrawijaya (2000), pada perairan mengalir, biasanya oksigen tidak menjadi faktor pembatas. Dalam sungai yang jernih dan deras kepekatan oksigen mencapai kejenuhan. Jika air berjalan lambat atau ada pencemar maka oksigen yang terlarut mungkin di bawah kejenuhan, sehingga oksigen kembali menjadi faktor pembatas. Kejenuhan oksigen dinyatakan 100% pada air tawar, apabila kandungan oksigennya 14 mg/L pada suhu 0 °C, atau 9 mg/L pada suhu 20 °C atau 7,6 mg/L pada suhu 30 °C (Mahida, 1993).

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem air, yaitu untuk respirasi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air sangat dipengaruhi temperatur, di mana kelarutan maksimum oksigen di dalam air pada temperatur 0 °C sebesar 14,16 mg/L O₂, kelarutan ini akan menurun jika temperatur air meningkat (Barus, 2004). Faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai kadar oksigen terlarut dalam air alamiah ialah pergolakan di permukaan air, khususnya daerah permukaan air yang terbuka, tekanan atmosfer dan prosentase oksigen dalam udara di sekelilingnya (Mahida, 1993).

2.4.9. Kebutuhan Oksigen Biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air

lingkungan tersebut. Mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk memecah bahan buangan organik sering disebut dengan bakteri aerobik, mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen disebut dengan bakteri anaerobik (Ayuningtyas, 2009). Tingkat pencemaran berdasarkan nilai BOD dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Tingkat Pencemaran Berdasarkan Nilai BOD

Nilai BOD (mg/L)	Tingkat Pencemaran
< 200	Ringan
200-350	Sedang
350-750	Berat
>750	Sangat Berat

Sumber: Winarno dan Fardiaz (1984)

Baku mutu limbah cair domestik untuk parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah maksimum 50 mg/L. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis. Parameter BOD merupakan salah satu indikator pencemar di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik. Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik. BOD merupakan parameter utama dalam menentukan tingkat pencemaran perairan. BOD merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan pencemaran sungai karena makin tinggi nilai BOD pada badan air maka mengindikasikan bahwa badan air tersebut telah mengalami pencemaran umumnya oleh limbah permukiman dan industri (Rahmawati, 2011). Perairan dapat dikatakan tercemar dengan parameter BOD menurut Effendi (2003) adalah jika nilai BOD pada perairan tersebut telah melebihi 10 mg/L. Nilai BOD akan secara langsung mempengaruhi jumlah oksigen terlarut diperairan karena semakin besar nilai BOD, maka kadar oksigen diperairan juga akan cepat habis. Sumber yang menyebabkan tingginya nilai BOD adalah sisa-sisa dedaunan, tumbuhan atau hewan yang mati, kotoran hewan atau manusia, limbah ternak atau domestik, dan lainnya (US EPA, 2006).

Jika limbah organik yang dilepaskan ke perairan semakin banyak, nilai BOD akan semakin meningkat pula. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kandungan oksigen terlarut dalam air, sehingga terjadi defisiensi oksigen. Jika BOD dan laju

dioksidasi melampaui laju reoksidasi, terjadi defisiensi oksigen yang berkepanjangan. Jika hal ini dibiarkan terus terjadi kerusakan ekosistem perairan karena oksigen terlarut kecil, sehingga tidak dapat mendukung kehidupan organisme akuatik yang ada di dalamnya. Sebaliknya, jika tidak ada tambahan limbah organik lagi, limbah yang ada akan teroksidasi sempurna secara bertahap (Dix, 1981).

2.4.10. Kebutuhan Oksigen Kimiawi atau *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bahan-bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan yang terdapat di dalam badan air melalui reaksi kimia. Nilai COD umumnya lebih tinggi dibanding nilai BOD karena dalam proses pengukuran COD, bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dapat teroksidasi dalam uji COD (Fardiaz, 1992). COD digunakan sebagai indikator pencemar karena COD dapat mengindikasikan adanya kandungan limbah beracun non-organik yang umumnya berasal dari limbah domestik dan limbah perindustrian (Rahmawati, 2011) dan hal tersebut menurut Effendi (2003) sangat tidak menguntungkan bagi keperluan pertanian dan perikanan. Maka konsentrasi COD dalam air harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Batas maksimum kandungan COD dalam air untuk Kelas III peruntukan air badan air adalah 50 mg/L hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Rumah tangga dan industri adalah sumber utama limbah organik dan merupakan penyebab utama tingginya konsentrasi COD. Dalam hal ini yang dimaksud dengan rumah tangga adalah perumahan penduduk, perhotelan, perkantoran dan rumah sakit. Sedangkan yang dimaksud dengan industri adalah industri yang mengolah dan memproduksi bahan organik seperti industri makanan, susu, kulit dan sebagainya. Sumber lain yang juga merupakan penyebab tingginya konsentrasi COD adalah limbah peternakan seperti peternakan ayam, babi, domba dan sebagainya (Lumaela, dkk., 2013).

Secara umum penjelasan tentang sumber dan manfaat COD dapat dilihat pada parameter BOD, karena kedua parameter ini mempunyai hubungan yang erat, yaitu keduanya berasal dari senyawa organik dan merupakan parameter petunjuk pencemaran oleh limbah organik. Seperti halnya BOD, air dengan nilai COD yang tinggi memberikan dampak negatif terhadap keseimbangan ekosistem perairan (Purwanto, 2004). Tingkat pencemaran berdasarkan nilai COD dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Tingkat Pencemaran Berdasar Nilai COD

Nilai COD (mg/L)	Tingkat Pencemaran
< 400	Ringan
400-700	Sedang
700-1500	Berat
>1500	Sangat Berat

Sumber: Winarno dan Fardiaz, 1984.

Baku mutu limbah cair domestik untuk parameter COD adalah maksimum 80 mg/L. Kadar maksimum COD yang diperkenankan untuk menopang kehidupan organisme akuatik dan untuk keperluan irigasi berkisar 10 – 100 mg/L. Perairan yang tidak tercemar pada umumnya memiliki nilai COD kurang dari 200 mg/L (Effendi, 2003). Konsentrasi COD yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah, bahkan habis sama sekali. Akibatnya oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk air (hewan dan tumbuhan-tumbuhan) tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut menjadi mati (Manahan, 1993). Secara umum, konsentrasi COD yang tinggi dalam air menunjukkan adanya bahan pencemar organik dalam jumlah yang banyak. Sejalan dengan hal ini jumlah mikroorganisme, baik yang merupakan patogen maupun tidak patogen juga banyak. Adapun mikroorganisme patogen dapat menimbulkan berbagai macam penyakit bagi manusia. Karena itu, dapat dikatakan bahwa konsentrasi COD yang tinggi di dalam air dapat menyebabkan berbagai penyakit bagi manusia (Effendi, 2003).

2.4.11. Ammonia

Sumber ammonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air yang berasal

dari dekomposisi bahan tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003). Kadar ammonia bebas untuk kepentingan air minum tidak boleh lebih dari 0,5 mg/L, sementara bagi perikanan kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka adalah $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH_3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Adanya ammonia merupakan indikator masuknya buangan permukiman. Ammonia dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja dan oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari buangan pemukiman penduduk (Sastrawijaya, 2000). Keberadaan ammonia sangat tergantung pada kondisi pH dan suhu perairan. Pada $\text{pH} < 7$ sebagian besar ammonia akan mengalami ionisasi sedangkan pada $\text{pH} > 7$ ammonia tidak terionisasi sehingga bersifat toksik (Effendi, 2003).

Ammonium secara alami terdapat pada air permukaan dan air tanah serta air limbah. Sebagian besar terjadi dari peruraian zat organik yang mengandung nitrogen oleh mikroorganisme dan dari hidrolisa urea. Secara alami merupakan reduksi nitrat pada kondisi anaerob. Maka adanya ammonium merupakan satu petunjuk adanya pencemaran zat organik pada badan air (Taras, 1971). Ammonia dalam air limbah sering terbentuk karena adanya proses kimia secara alami (Ginting, 2007). Dampak konsentrasi ammonium terhadap manusia terdapat dalam Tabel 14.

Tabel 14. Gejala atau Pengaruh Berbagai Konsentrasi Ammonium

Konsentrasi Ammonium (mg/L)	Gejala/pengaruh yang ditimbulkan pada manusia
5	Kadar yang paling rendah yang tercium baunya
6	Mulai timbul iritasi pada mukosa mata dan saluran nafas
25	Kadar maksimum yang bisa ditolerir selama 8 jam
35	Kadar maksimum yang bisa ditolerir selama 10 menit
40	Mulai menyebabkan sakit kepala, mual, hilang nafsu makan pada manusia

Sumber: Setiawan, 1996

Pengaruh ammonia pada kesehatan manusia, yaitu dapat menyebabkan iritasi pada mata jika kandungan ammonia dalam air lebih besar dari 0 mg/L. Ammonia dalam perairan pada konsentrasi 1-3 mg/L dapat meracuni ikan dan makhluk air

lainnya, konsentrasi 400-700 mg/L akan memberikan efek jangka pendek atau akut yaitu iritasi terhadap saluran pernafasan, hidung, tenggorokan dan mata, sedangkan pada 5000 mg/L dapat menimbulkan kematian (Soeparman, 2001). Ammonia dapat bersifat racun pada manusia jika jumlah yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Pada manusia, risiko terbesar adalah dari penghirupan uap ammonia yang berakibat beberapa efek diantaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang sangat tinggi, penghirupan uap ammonia sangat bersifat fatal. Jika terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi ammonia yang menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan (Murti *et al.*, 2014). Dengan demikian diperlukan adanya pemeriksaan senyawa ammonia dalam air sungai Way Umpu ini.

2.4.12. Nitrat

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan utama dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Keberadaan nitrat di perairan sangat dipengaruhi oleh buangan yang berasal dari industri dan pemupukan dari daerah pertanian. Secara alamiah, kadar nitrat biasanya rendah namun kadar nitrat dalam air dapat menjadi tinggi di daerah yang terdapat aktivitas pemupukan yang mengandung nitrogen (Silalahi, 2009). Pengaruh nitrat pada kesehatan manusia yaitu, dapat menyebabkan terjadinya *methemoglobinemia* pada bayi yang mengkonsumsi air dengan konsentrasi nitrat lebih dari 45 mg/L (Soeparman, 2001).

Kadar nitrat pada perairan oligotrofik berkisar 0–1 mg/L, perairan mesotrofik berkisar 1–5 mg/L, dan perairan eutrofik berkisar 5–50 mg/L. Kadar nitrat-nitrogen pada perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/L. Kadar NO_3 lebih dari 5 mg/L menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat-nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya *eutrofikasi* (pengayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat

(*blooming*). Pada perairan yang menerima limpasan air daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1000 mg/L. Kadar nitrat untuk keperluan air minum sebaiknya tidak melebihi 10 mg/L hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Orang dewasa mempunyai toleransi yang tinggi untuk ion nitrat, tetapi untuk bayi dan binatang memamah biak ion tersebut bersifat toksik. Dalam sistem pencernaan dari bayi dan binatang memamah biak, nitrat direduksi nitrit (Wardhana, 2004).

Nitrat dan nitrit dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan GI (*Gastro Intestinal*), diare campur darah, disusul oleh konvulsi, koma, dan bila tidak tertolong akan menyebabkan kematian. Keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala, dan gangguan mental. Nitrit terutama bereaksi dengan hemoglobin dan membentuk *methemoglobin* (metHb). Dalam jumlah melebihi normal *methemoglobin* akan menimbulkan *methemoglobinemia*. Pada bayi *methemoglobinemia* sering dijumpai karena pembentukan enzim untuk mengurai *methemoglobinemia* menjadi *hemoglobin* masih belum sempurna. Sebagai akibat *methemoglobinemia*, bayi akan kekurangan oksigen maka mukanya akan berwarna biru, karenanya penyakit ini juga dikenal sebagai penyakit “*blue babbies*” (Wardhana, 2004).

Salah satu contoh sumber pencemaran nitrat terhadap perairan yakni akibat kegiatan pertanian. Meskipun pencemaran nitrat juga dapat terjadi secara alami, tetapi yang paling sering yakni akibat pencemaran yang berasal dari air limbah pertanian yang banyak mengandung senyawa nitrat akibat pemakaian pupuk nitrogen (urea) (Wardhana, 2004). Masuknya nitrat ke dalam badan sungai disebabkan manusia yang membuang kotoran dalam air sungai, kotoran banyak mengandung ammoniak. Kemungkinan lain penyebab konsentrasi pembusukan sisa tanaman dan hewan, pembuangan industri, dan kotoran hewan. Nitrat menyebabkan kualitas air menurun, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk, dan rasa tidak enak. Nitrat adalah ancaman bagi kesehatan manusia terutama bayi, air tanah yang digunakan untuk membuat susu

bayi yang mengandung nitrat, saat nitrat masuk ke dalam tubuh bayi nitrat dikonversikan dalam usus menjadi nitrit, yang kemudian berikatan dengan *hemoglobin* dan membentuk *methemoglobin*, sehingga mengurangi daya angkut oksigen oleh darah (Sastrawijaya, 2000).

2.4.13. Nitrit

Nitrit bersumber dari bahan-bahan yang bersifat korosif dan banyak dipergunakan di pabrik-pabrik. Nitrit tidak tetap dan dapat berubah menjadi ammonia atau dioksidasi menjadi nitrat (Ginting, 2007). Pengaruh nitrit pada kesehatan manusia yaitu, dapat menyebabkan *methemoglobinemia* dan efek racun kandungan nitrit dalam air lebih besar dari 0 mg/L (Soeparman, 2001). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air, kadar maksimum nitrit yang diperbolehkan untuk kelas mutu lingkungan perairan I sampai dengan III adalah 0,06 mg/L sedangkan untuk kelas IV tidak dipersyaratkan.

Nitrit dapat mengikat hemoglobin dalam darah. Nitrit juga dapat mengakibatkan penurunan tekanan darah karena efek *vasodilatasinya*. Gejala klinis yang timbul dapat berupa nausea (mual), muntah, nyeri abdomen, nyeri kepala, pusing, penurunan tekanan darah, selain itu sianosis dapat muncul dalam jangka waktu beberapa menit sampai 45 menit. Pada kasus yang ringan, sianosis hanya tampak di sekitar bibir dan membran mukosa. Adanya sianosis sangat tergantung dari jumlah total hemoglobin dalam darah, saturasi oksigen, pigmentasi kulit dan pencahayaan saat pemeriksaan. Bila mengalami keracunan yang berat, korban dapat tidak sadar seperti *stupor* (koma) atau kejang sebagai akibat hipoksia berat. Prognosis sangat tergantung dari terapi yang diberikan (Rukaesih, 2004). Mula-mula timbul gangguan gastrointestinal dan sianosis tanpa sebab akan sering dijumpai. Pada kasus yang berat, koma dan kematian dapat terjadi dalam satu jam pertama akibat timbulnya hipoksia dan kegagalan sirkulasi. Akibatnya, terjadi *iskemia* terutama organ-organ yang vital. Efek *vasodilatasi* ini tidak dapat di blok oleh atropin atau obat-obatan lain. Tubuh seharusnya mengkompensasinya dengan *takikardi* (detak jantung cepat > 100 denyut/menit) tetapi karena pada

korban dapat terjadi *vasovagal reflex* (kerusakan system saraf) yang mengakibatkan *bradikardi* (denyut jantung lambat < 60 denyut/menit). Pada sistem pernafasan mulai tampak *takipnea* (napas cepat) dan *hiperventilasi* disertai dengan sianosis. Apabila dibiarkan maka akan timbul koma dan kejang sebagai akibat anoksia serebri (*Argonne National Laboratory EVS*, 2005). Selama ini yang diketahui efek racunnya adalah konversi dari nitrit. Efek racun yang akut dari nitrit adalah *methemoglobinemia*, di mana lebih dari 10% hemoglobin diubah menjadi *methemoglobin*. Bila konversi ini melebihi 70% maka akan sangat fatal (Morris, 1996).

2.4.14. Fosfat

Fosfat merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mendeteksi pencemaran air. Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah, fosfat di dalam air limbah dijumpai dalam bentuk *orthofosfat* (seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), *polyfosfat* seperti $\text{Na}_2(\text{PO}_4)^{6-}$ yang terdapat dalam detergen dan fosfat organik. Semua *polyfosfat* dan fosfat organik dalam air secara bertahap akan dihidrolisa menjadi bentuk *orthofosfat* yang stabil, melalui dekomposisi secara biologi (Hammer, 1986). *Orthofosfat* merupakan sumber fosfat terbesar yang digunakan oleh fitoplankton dan akan diserap dengan cepat pada konsentrasi kurang dari 1 mg/L (Reynold, 1993). Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah (< 0,01 mg/L), pertumbuhan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan *eutrop*), sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut air. Hal ini tentu sangat berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan (Alaerts dan Santika, 1987).

Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. *Orthofosfat* berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. *Polyfosfat* dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja)

dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari *orthofosfat* yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya (Alaerts dan Santika, 1987).

Di daerah pertanian *orthofosfat* berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai melalui saluran drainase dan air *run-off* dari air hujan. *Polyfosfat* dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya (Sutrisno, 2006). Kandungan fosfat dalam perairan umumnya tidak lebih dari 0,1 mg/L, kecuali pada perairan yang menerima limbah dari aktivitas rumah tangga dan industri tertentu serta dari daerah pertanian yang mendapat pemupukan fosfat. Oleh karena itu, perairan yang mengandung kadar fosfat yang tinggi akan menyebabkan terjadinya *eutrofikasi* (Silalahi, 2009).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, bahwa kadar fosfat yang diperkenankan sebagai bahan baku air minum adalah 0,2 mg/L. Kadar fosfat dalam perairan alami umumnya berkisar antara 0,005–0,02 mg/L. Kadar fosfat melebihi 0,1 mg/L tergolong perairan yang *eutrof*. Berdasarkan kadar fosfat total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: perairan dengan tingkat kesuburan rendah, yang memiliki kadar fosfat total berkisar antara 0-0,02 mg/L, perairan dengan tingkat kesuburan sedang, yang memiliki kadar fosfat total 0,021-0,05 mg/L dan perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, yang memiliki kadar fosfat total 0,051-0,1 mg/L (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021).

Kerusakan ginjal disebabkan penumpukan fosfat di dalam tubuh. Fosfat yang tidak dapat dibuang, akan mengerak dan menumpuk di bawah kulit. Hal tersebut dapat menyebabkan gatal-gatal dan infeksi pada kulit. Kadar maksimum fosfat sebagai fosfat dalam air minum yang masih diperbolehkan 0,2 mg/L sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Djabu (1991) mengemukakan jika kandungan fosfat rata-rata dalam waktu 24 jam lebih besar dari 2 mg/L akan menyebabkan gangguan pada tulang. Kadar fosfat berbahaya

terhadap kesehatan. Jika kandungan fosfat melebihi batas kadar maksimum (0,5 mg/L) dapat mengganggu pencernaan. Keracunan oleh zat ini adalah menurunkan kadar enzim *cholinesterase* dalam tubuh karena terblokirnya enzim ini oleh fosfat sehingga banyak *acetylcholin* terkumpul dalam jaringan tubuh. Gejalanya berupa penglihatan menjadi kabur, mual, pusing, kejang usus, dada sesak, badan terasa lemah dan buang-buang air. Sebelum terjadinya koma karena keracunan ini, biasanya didahului oleh banyaknya keluar keringat dari tubuh, mata berair, badan menjadi biru dan kejang-kejang (Supardi, 2003). Bahaya fosfat bagi manusia, fosfat dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal dan bisa juga pada hati. Diduga penyebab dari kerusakan-kerusakan tersebut adalah masuknya fosfat ke dalam peredaran tubuh, fosfat menempel pada jaringan otot dan terakumulasi pada hati dan ginjal, mengakibatkan gagalnya fungsi organ vital (Warlina, 2004).

2.4.15. Logam Berat di Perairan

Logam berat merupakan sumber pencemar yang sering dijumpai di lingkungan terutama di perairan. Logam berat dihasilkan dari produk sampingan atau berbagai limbah industri seperti tekstil dan petrokimia. Logam berat seperti tembaga (Cu) yang terpapar lingkungan dapat berasal dari pabrik elektroplating, pertambangan, industri, dan limbah kota (Buhani *et al.*, 2021). Pencemaran perairan merupakan masalah lingkungan hidup yang perlu dipantau sumber dan dampaknya terhadap ekosistem. Salah satu indikator terjadinya pencemaran pada lingkungan adalah analisis logam pada sampel perairan (Palar, 1994). Sungai Way Umpu merupakan salah satu sungai besar yang terdapat di Kabupaten Way Kanan Provinsi Lampung. Pada beberapa lokasi di sepanjang sungai Way Umpu ini terdapat lahan yang dijadikan pertambangan oleh masyarakat sekitar sungai Way Umpu. Sehingga perairan tersebut rentan terhadap kontaminasi unsur logam berat yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan (Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan, 2015). Peningkatan kadar logam berat dalam air sungai yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh masuknya limbah industri, pertambangan, pertanian dan domestik yang banyak mengandung logam berat (Yu, 2004). Aktivitas masyarakat sekitar sungai Way Umpu serta adanya kegiatan pertambangan dan perkebunan karet dimungkinkan dapat

menjadi sumber pencemar logam berat di sepanjang sungai Way Umpu. Adanya kegiatan pertambang di daerah Ojolali dan Negeri Baru tentunya akan berdampak buruk bagi keadaan perairan dan biota yang ada di perairan sungai Way Umpu hingga akhirnya ke masyarakat sekitar lokasi tersebut. Kadar logam berat di lokasi tersebut perlu diuji karena pada umumnya para penambang ilegal menggunakan unsur tersebut dalam proses pengolahannya. Seperti yang diungkapkan Simange *et al.*, (2010) bahwa proses penambangan dan ekstraksi emas biasa menggunakan zat kimia berbahaya seperti merkuri dan sianida. Selain itu logam berat kadmium dan timbal juga dapat masuk ke dalam perairan dalam bentuk limbah pertambangan yang digunakan untuk memisahkan emas dari batuan dan tanah dalam bentuk *sulfide* (Buyang, 2013).

Keberadaan logam berat pada air sungai dapat menjadi polutan apabila konsentrasinya melebihi ambang batas yang ditentukan. Logam berat masuk ke badan air dan mengendap pada sedimen terjadi karena tiga tahap, yaitu adanya curah hujan, adsorpsi dan penyerapan oleh organisme air (Fajri, 2001). Dalam hubungannya dengan kondisi hidrologi dan morfologis, bahan terlarut seperti logam dapat terakumulasi di sepanjang perairan yang terjadi bahkan beberapa kilometer setelah sumber pencemar (Fadhilah *et al.*, 2018). Pencemaran logam berat yang paling banyak terkandung pada badan air meliputi arsen, timbal, merkuri, kadmium, kromium, tembaga, nikel, dan seng (Leguizamo *et al.*, 2017). Kasus keracunan logam berat sering diakibatkan pencemaran lingkungan oleh logam berat itu sendiri, seperti penggunaan logam sebagai pembasmi hama (pestisida), pemupukan atau karena pembuangan limbah pabrik yang menggunakan logam (Yu, 2004).

Pada saat logam berat masuk ke dalam tubuh manusia, akan diakumulasi dalam jaringan tubuh dan tidak bisa diekskresikan lagi ke luar tubuh. Pada kadar yang sudah tinggi dalam tubuh manusia, akan menyebabkan dampak negatif yang serius, yakni menghambat aktivitas enzim sehingga proses metabolisme terganggu, menyebabkan abnormalitas kromosom atau gen, menghambat perkembangan janin, menurunkan fertilitas wanita, menghambat spermatogenesis,

mengurangi konduksi syaraf tepi, menghambat pembentukan hemoglobin, menyebabkan kerusakan ginjal, menyebabkan kekurangan darah atau anemia, pembengkakan kepala atau *encepalopati* dan menyebabkan gangguan emosional dan tingkah laku (Palar, 2004). Toksisitas logam pada manusia dapat menyebabkan timbulnya kerusakan jaringan, terutama jaringan detoksifikasi dan ekskresi (hati dan ginjal). Beberapa logam mempunyai sifat karsinogenik (pembentuk kanker), maupun teratogenik (salah bentuk organ) (Darmono, 1995).

2.4.15.1. Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) dan bentuk-bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek samping dari aktivitas yang dilakukan manusia. Secara sederhana dapat diketahui bahwa kandungan logam Cd akan dapat dijumpai di daerah-daerah penimbunan sampah dan aliran hujan, selain dalam air buangan. Selain itu logam Cd juga berasal dari pembakaran sampah rumah tangga dan pembakaran bahan bakar fosil karena secara alami bahan bakar mengandung logam Cd dan penggunaan pupuk fosfat buatan (Palar, 2008).

Logam Cd dan senyawanya diklasifikasikan sebagai karsinogen bagi manusia oleh Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (Henson & Chedrese, 2004). Logam Cd dapat menyebabkan intoksikasi baik yang akut dan kronis. Logam Cd merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena unsur ini berisiko tinggi terhadap pembuluh darah dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada hati dan ginjal. Kerusakan yang terjadi pada sistem ginjal dapat terjadi pada tubulus ginjal. Petunjuk kerusakan yang dapat terjadi pada ginjal akibat logam Cd, yaitu terbentuknya asam amniouria dan glikosuria, dan ketidaknormalan kandungan asam urat kalsium dan fosfor dalam urin (Chakraborty *et al.*, 2013).

Keracunan yang disebabkan oleh logam Cd dapat bersifat akut dan tidak dibutuhkan dalam proses metabolisme. Logam ini terabsorpsi oleh tubuh manusia yang akan menggumpal di dalam ginjal, hati dan sebagian dibuang keluar melalui

saluran pencernaan. Keracunan logam Cd dapat mempengaruhi otot polos pembuluh darah, akibatnya tekanan darah menjadi tinggi yang kemudian bisa menyebabkan terjadinya gagal jantung dan kerusakan ginjal (Darmono, 1995). Logam Cd sangat beracun ke ginjal dan terakumulasi dalam sel tubulus proksimal dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Efek keracunan logam Cd juga dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang. Logam Cd dapat menyebabkan mineralisasi tulang baik melalui kerusakan tulang atau gangguan fungsi ginjal. Studi pada manusia dan hewan telah menunjukkan bahwa osteoporosis (kerusakan tulang) adalah efek penting dari paparan logam Cd bersama dengan gangguan dalam metabolisme kalsium, pembentukan batu ginjal dan hiperkalsiuria (Arao, 2006).

Kadmium (Cd) lebih beracun bila terhisap melalui saluran pernafasan daripada saluran pencernaan. Gejala yang timbul berupa gangguan saluran pernafasan, mual, muntah, kepala pusing dan sakit pinggang. Akibat dari keracunan akut ini dapat menimbulkan penyakit paru-paru yang akut dan kematian. Pada konsentrasi rendah kadmium (Cd) berefek terhadap gangguan pada paru-paru yang kronis. Beberapa efek kadmium (Cd) terhadap paru-paru antara lain *emfisema* yaitu penyakit yang gejala utamanya adalah penyempitan (*obstruksi*) saluran napas, karena kantung udara di paru menggelembung secara berlebihan dan mengalami kerusakan yang luas dan *edema* yaitu pembengkakan yang diakibatkan kelebihan cairan di dalam tubuh (Mudgal *et al.*, 2010).

FAO dan WHO menyatakan bahwa ambang batas toleransi kadmium (Cd) sekitar 70 mg perhari. Sedangkan menurut WHO, kadar kadmium (Cd) maksimum pada air yang diperuntukan untuk air minum adalah 0,005 mg/L dan untuk peruntukan pertanian dan perikanan sebaiknya tidak lebih dari 0,05 mg/kg (Sembiring *et al.*, 2008).

2.4.15.2. Kromium (Cr)

Paparan jumlah yang lebih tinggi dari senyawa kromium (Cr) pada manusia dapat menyebabkan penghambatan *eritrosit glutathione reduktase*, yang pada gilirannya

menurunkan kapasitas untuk mengurangi *methemoglobin* dengan *hemoglobin* (Koutras *et al.*, 1965; Schlatter & Kissling, 1973). Senyawa kromat dapat menyebabkan kerusakan DNA dalam berbagai cara dan dapat menyebabkan pembentukan *adduct* DNA, penyimpangan kromosom, pertukaran kromatit, perubahan dalam replikasi dan transkripsi dari DNA (O'Brien *et al.*, 2001). Keracunan akut dapat mengakibatkan kanker pada alat pencernaan, iritasi mata dan kulit, kanker paru-paru, pembengkakan dan kemerahan pada kulit. Keracunan kronis akibat terpapar kromium (Cr) antara lain dapat menyebabkan gangguan alat pernafasan, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, asma, gangguan pada hati, ginjal, alat pencernaan dan sistem imunitas (Widowati, 2008).

2.4.15.3. Tembaga (Cu)

Di lingkungan perairan, tembaga (Cu) bisa berasal dari peristiwa alamiah dan dapat berasal dari aktivitas yang dilakukan manusia, seperti buangan limbah industri yang mengandung Cu, campuran bahan pengawet, industri pengelolaan kayu, buangan rumah tangga, dan sebagainya (Palar, 2004). Walaupun dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan atau mengakibatkan keracunan (Clark, 1989).

Tembaga (Cu) sebenarnya diperlukan pada perkembangan tubuh manusia, tetapi untuk dosis tinggi dapat menyebabkan gejala ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, dan lainnya bahkan dapat meninggal dunia. Pada perairan alami, kadar tembaga (Cu) biasanya 0,02 mg/L. Air tanah dapat mengandung tembaga (Cu) sekitar 12 mg/L sampai 0.005 mg/L. Batas konsentrasi dari unsur ini yang mempengaruhi pada air berkisar antara 1–5 mg/L merupakan konsentrasi tertinggi (Palar, 2004).

2.4.15.4. Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah satu dari lebih unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi (Fe) sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pakaian, porselin, dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum.

Pembentukan karat dapat menyebabkan masalah serius yang dihadapi oleh banyak industri di Indonesia dan negara lain seperti; industri minyak atau produksi gas, transportasi air, pembangkit listrik, dan *batch* pengendapan (Suharso *et al.*, 2017). Keberadaan besi (Fe) dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak (Joko, 2010). Meskipun besi (Fe) diperlukan oleh tubuh, pada kadar yang berlebih dapat merusak dinding usus, dan menyebabkan kematian (Soemirat, 2009). Kelebihan logam besi (Fe) dalam tubuh dapat menimbulkan efek-efek kesehatan seperti serangan jantung, gangguan pembuluh darah bahkan kanker hati. Logam ini bersifat akumulatif terutama di organ penyaringan sehingga dapat mengganggu fungsi fisiologis tubuh (Yu, 2004).

Tingginya kadar besi (Fe) melebihi batas maksimal yang ditetapkan dikhawatirkan dapat menyebabkan menumpuknya besi (Fe) dalam tubuh yang dapat mengakibatkan efek toksis dalam tubuh manusia. Kadar besi (Fe) dalam air tidak boleh melebihi 1,0 mg/L, karena dapat menimbulkan rasa, bau dan dapat menyebabkan air yang berwarna kekuningan, menimbulkan noda pakaian dan tempat berkembang biaknya bakteri *Creonothrix* yaitu bakteri besi (Fe) (Soemirat, 2009).

2.4.15.5. Merkuri (Hg)

Merkuri adalah salah satu jenis logam yang banyak ditemukan di alam dan tersebar dalam batu–batuan, biji tambang, tanah, air dan udara sebagai senyawa anorganik dan organik (Palar, 2004). Lingkungan yang tercemar oleh merkuri (Hg) dapat membahayakan kehidupan manusia melalui rantai makanan. Umumnya kadar merkuri (Hg) dalam tanah, air dan udara relatif rendah. Berbagai jenis aktivitas manusia dapat meningkatkan kadar ini, misalnya aktivitas penambangan yang dapat menghasilkan merkuri (Hg) sebanyak 10.000 ton/tahun. Kegiatan manusia juga merupakan suatu sumber utama pemasukan logam ke dalam lingkungan perairan. Sumber pencemaran dan keracunan logam berat dapat berasal dari berbagai jenis kegiatan, seperti kegiatan penambangan dan pertanian. Limbah dan buangan industri, beberapa logam dibuang ke dalam

lingkungan perairan melalui cairan limbah industri seperti tembaga (Cu), seng (Zn), timbal (Pb), dan merkuri (Hg). Aliran pertanian, tanah-tanah pertanian kaya akan logam runtuhan dan sisa-sisa hewan dan tumbuhan, pupuk fosfat, herbisida, dan fungisida tertentu. Endapan yang mengandung logam, hilang dari daerah pertanian sebagai akibat dari erosi tanah dan larut bersama aliran pertanian menuju ke sungai atau laut (Darmono, 2001).

Merkuri (Hg) adalah unsur kimia sangat beracun. Unsur ini dapat bercampur dengan enzim di dalam tubuh manusia menyebabkan hilangnya kemampuan enzim untuk bertindak sebagai katalisator untuk fungsi tubuh yang penting seperti kerusakan jaringan, biasanya di organ hati dan ginjal. Logam merkuri (Hg) ini dapat terserap ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan kulit. Sifatnya yang beracun dan cukup volatil, uap merkuri (Hg) sangat berbahaya mampu mengakibatkan pusing dan gangguan syaraf jika terhirup, meskipun dalam jumlah yang sangat kecil 80 ppm bahkan lebih kecil lagi (Wurdiyanto, 2007). Merkuri (Hg) bersifat racun yang kumulatif, dalam arti sejumlah kecil merkuri (Hg) yang terserap dalam tubuh dalam jangka waktu lama akan menimbulkan bahaya. Bahaya penyakit yang ditimbulkan oleh senyawa merkuri (Hg) diantaranya adalah kerusakan rambut dan gigi, hilang daya ingat dan terganggunya sistem syaraf (Setiabudi, 2005).

Walaupun merkuri (Hg) hanya terdapat dalam konsentrasi 0,08 mg/kg di kerak bumi, logam merkuri (Hg) ini banyak tertimbun di daerah pertambangan. Merkuri (Hg) dianggap logam berat paling beracun di lingkungan. Keracunan merkuri (Hg) disebut sebagai *acrodynia* atau penyakit pink. Merkuri (Hg) dilepaskan ke lingkungan oleh kegiatan industri seperti farmasi, kertas dan pengawet *pulp*, industri pertanian, dan klorin serta industri produksi soda kaustik (Morais *et al.*, 2012). Paparan peningkatan kadar logam, merkuri organik dan anorganik dapat merusak otak, ginjal dan janin yang sedang berkembang. Merkuri (Hg) hadir di sebagian besar makanan dan minuman di kisaran < 1 sampai 50 mg/kg (Alina *et al.*, 2012).

Peningkatan paparan merkuri (Hg) dapat mengubah fungsi otak dan menyebabkan rasa malu, tremor, masalah memori, mudah marah, dan perubahan dalam penglihatan atau pendengaran. Paparan uap logam merkuri (Hg) pada tingkat yang lebih tinggi untuk jangka waktu yang lebih singkat dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, muntah, diare, mual, ruam kulit, peningkatan jantung denyut atau tekanan darah (Martin & Griswold, 2009). Karena efek kesehatan kelebihan yang berhubungan dengan paparan merkuri (Hg), standar hadir untuk air minum telah ditetapkan pada tingkat yang lebih rendah dari 0,002 mg/L dan 0,001 mg/L dengan Undang-Undang Perlindungan Lingkungan dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2007).

Keracunan oleh merkuri (Hg) non-organik terutama mengakibatkan terganggunya fungsi ginjal dan hati. Merkuri (Hg) organik dari jenis metil- merkuri (Hg) dapat memasuki *placenta* dan merusak janin pada wanita hamil, mengganggu saluran darah ke otak serta menyebabkan kerusakan otak. Manifestasi klinis awal intoksikasi merkuri (Hg) didapatkan gangguan tidur, perubahan *mood* (perasaan) yang dikenal sebagai “*erethism*”, kesemutan mulai dari daerah sekitar mulut hingga jari dan tangan, pengurangan pendengaran atau penglihatan dan pengurangan daya ingat. Pada intoksikasi berat penderita menunjukkan gejala klinis tremor, gangguan koordinasi, gangguan keseimbangan, jalan sempoyongan (*ataxia*) yang menyebabkan orang takut berjalan. Hal ini diakibatkan terjadi kerusakan pada jaringan otak kecil (*serebellum*) (Bateman *et al.*, 1981).

Merkuri (Hg) yang berada pada kulit akan masuk melalui pori-pori kulit dan masuk ke saluran darah. Pada suhu ambien (26 °C-30 °C) merkuri (Hg) anorganik akan menguap, bila penggunaan merkuri (Hg) secara terus menerus maka akan dimungkinkan uap tersebut dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran nafas (inhalasi) dan pada akhirnya akan masuk ke saluran darah. Keberadaan merkuri (Hg) dalam darah merupakan indikator sementara bahwa senyawa tersebut telah masuk ke dalam tubuh, merkuri (Hg) dalam darah memiliki waktu paruh 2 hari. Setelah itu akan mengalami biotransformasi yang akan menjadi metabolit dan sebagian menuju target organ seperti syaraf, ginjal, dll

(Sastroasmoro, 2002). Merkuri (Hg) masuk ke dalam tubuh tidak hanya melalui pori kulit ataupun saluran nafas namun dapat juga melalui kontak cairan, misalnya lewat mata. Cara masuk dari merkuri (Hg) ke dalam tubuh turut mempengaruhi bentuk gangguan yang ditimbulkan, penderita yang terpapar dari uap merkuri (Hg) dapat mengalami gangguan pada saluran pernafasan atau paru-paru dan gangguan berupa kemunduran pada fungsi otak. Kontak langsung dengan merkuri (Hg) melalui kulit akan menimbulkan dermatitis lokal, tetapi dapat pula meluas secara umum bila terserap oleh tubuh dalam jumlah yang cukup banyak karena kontak yang berulang-ulang (Darmono, 2001).

Karena sifatnya yang sangat beracun, maka U.S. *Food and Drug Administration* (FDA) menentukan pembakuan atau Nilai Ambang Batas (NAB) kadar merkuri (Hg) yang ada dalam jaringan tubuh dan badan air, yaitu sebesar 0,005 ppm (Budiono, 2002). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, kadar maksimum merkuri (Hg) untuk keperluan air baku air minum kurang dari 0,001 mg/L dan untuk kegiatan perikanan yang diperbolehkan kurang dari 0,002 mg/L. Nilai Ambang Batas (NAB) yaitu suatu keadaan untuk larutan kimia, dalam hal ini merkuri (Hg) dianggap belum membahayakan bagi kesehatan manusia. Bila dalam air atau makanan, kadar merkuri (Hg) sudah melampaui NAB, maka air maupun makanan yang diperoleh dari tempat tertentu harus dinyatakan berbahaya. NAB air yang mengandung merkuri (Hg) total 0,002 baik digunakan untuk kegiatan perikanan, dan pencemaran perairan oleh merkuri (Hg) akibat kegiatan alam mempunyai kisaran antara 0,00001 sampai 0,0028 ppm (Budiono, 2002).

2.4.15.6. Mangan (Mn)

Air yang mengandung mangan (Mn) biasanya berwarna coklat gelap sehingga air menjadi keruh. Mangan (Mn) dalam air berguna untuk menghambat pertumbuhan microalgae *Nitschia clostorium* dan membuat air berwarna hijau dan dapat meningkatkan kesadahan dalam air. Faktor seperti limpasan air pertanian, limbah industri dan kota, berpotensi mempengaruhi kualitas air di sungai. Konsentrasi logam berat menunjukkan sampel air sungai secara signifikan terkontaminasi

logam berat. Tingginya konsentrasi logam tidak terlepas dari aktivitas manusia seperti pembuangan limbah sembarangan ke badan air (Amaal *et al.*, 2016).

2.4.15.7. Timbal (Pb)

Kegiatan manusia seperti pertambangan (Agustina, 2010), manufaktur dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengakibatkan akumulasi timbal (Pb) dan senyawanya di lingkungan, termasuk udara, air dan tanah (Martin & Griswold, 2009). Timbal (Pb) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan juga sebagai dampak dari aktivitas manusia, diantaranya adalah air buangan dari pertambangan bijih timah hitam, buangan sisa industri baterai dan bahan bakar angkutan air (Palar, 2004). Secara alamiah, timbal (Pb) dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan timbal (Pb) di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin juga merupakan salah satu jalur sumber timbal (Pb) yang akan masuk dalam badan perairan. Konsentrasi logam toksik salah satunya timbal (Pb) dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali. Timbal (Pb) dapat berbentuk logam murni maupun senyawa anorganik dan organik. Logam Pb, dalam bentuk apapun memiliki dampak toksisitas yang sama bagi makhluk hidup (Darmono, 2001). Menurut Badan Perlindungan Lingkungan (EPA), timbal (Pb) dianggap bersifat karsinogen.

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam timbal (Pb) dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya timbal (Pb) dapat melalui beberapa cara yaitu melalui pernafasan, oral (melalui makanan dan minuman) dan penetrasi pada lapisan kulit (Palar, 2008). Penyerapan lewat pernafasan akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Logam timbal (Pb) yang masuk ke paru-paru melalui pernafasan akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Penyerapan lewat oral akan masuk ke saluran pencernaan dan masuk ke dalam darah. Penyerapan lewat kulit dapat terjadi karena timbal (Pb) dapat larut dalam minyak dan lemak (Naria, 2005).

Timbal (Pb) memengaruhi semua organ dan sistem, termasuk sistem *gastrointestinal*, Susunan Saraf Pusat (SSP), imunitas, ginjal, hematologi, *musculoskeletal* (gigi dan tulang), sistem kardiovaskuler, motorik, endokrin, dan lain-lain. Tanda-tanda klinis utama keracunan timbal (Pb) menurut Piliang (2002), yaitu terjadinya *microcytic hypochromic* anemia, muntah, diare, gangguan abdomen, sekresi saliva meningkat, bobot badan menurun dan keguguran. Keracunan timbal (Pb) dapat juga mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak (Kadem, 2004).

Efek keracunan timbal (Pb) secara akut dapat terjadi secara dramatis, kematian yang tiba-tiba, kram perut yang parah, anemia, perubahan perilaku, dan kehilangan nafsu makan (Markowitz, 2000). Paparan timbal (Pb) secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan *gastrointestinal*, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu, dan sulit tidur (Widowati *et al.*, 2008). Timbulnya gejala keracunan yang diakibatkan oleh kandungan timbal (Pb) di dalam darah untuk orang dewasa pada umumnya sekitar 60-100 mikrogram per 100 mL darah. Semakin tinggi kandungan timbal (Pb) dalam darah, maka semakin berbahaya bagi kesehatan tubuh. Daya racun timbal (Pb) yang berada di dalam tubuh antara lain disebabkan oleh penghambatan kerja enzim oleh ion-ion timbal (Pb) (Sihite, 2015).

2.4.16. Coliform

Fecal *Coli* adalah salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut *Fecal Coliform* (koli tinja). Menurut Fardiaz (1992) bakteri tersebut merupakan indikator bahwa air telah tercemar oleh kotoran manusia dan hewan. Kontaminasi bakteri *Coliform* dapat melalui tangan penjual, pemotongan yang tidak *higiene* sehingga bakteri dari alat pemotong dapat berpindah ke daging, dari kemasan yang kurang steril, dari air yang digunakan untuk membersihkan daging atau alat pemotong yang kemungkinan sudah tercemar dan dari daging itu sendiri karena habitat dari bakteri *Coliform* ini adalah di usus hewan, serta banyak penyebab lainnya (Sekarwati *et al.*, 2016).

2.4.17. Makrozoobentos

Makrozoobentos sering digunakan sebagai indikator atau penentu dalam suatu kualitas air akan mempermudah dan penafsiran tentang keadaan lingkungan perairan (sungai). Indikator biologi digunakan untuk menilai secara makro perubahan keseimbangan ekologi, khususnya ekosistem akibat pengaruh limbah. Dibandingkan dengan menggunakan parameter fisika dan kimia, indikator biologi dapat memantau secara berkelanjutan. Hal ini karena komunitas biota perairan (flora dan fauna) menghabiskan seluruh hidupnya di lingkungan tersebut, sehingga bila terjadi pencemaran akan bersifat akumulasi atau penimbunan bahan pencemar (Fachrul, 2007).

Bentos adalah semua organisme hidup pada lumpur, pasir, batu, krikil, maupun sampah organik baik di dasar perairan laut, danau, kolam, ataupun sungai, merupakan hewan melata, menetap, menempel, memendam, dan meliang di dasar perairan tersebut. Hewan bentos hidup relatif menetap, sehingga baik digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan, karena selalu kontak dengan limbah yang masuk ke habitatnya. Kelompok hewan tersebut dapat lebih mencerminkan adanya perubahan faktor-faktor lingkungan dari waktu ke waktu, karena hewan bentos terus menerus terbawa oleh air yang kualitasnya berubah-ubah. Diantara zoobentos yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan adalah jenis-jenis yang termasuk dalam kelompok makro invertebrata. Kelompok ini lebih dikenal dengan makrozoobentos (Fachrul, 2007). Beberapa contoh makrozoobentos berdasarkan kepekaannya terhadap bahan pencemar dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Contoh Makrozoobentos Berdasarkan Kepekaannya Terhadap Bahan Pencemar

Status	Jenis Makrozoobentos
Intoleran	<i>Ephemera Simulans</i> (lalat sehari), <i>Acroneuria evoluta</i> (lalat batu), <i>Chimarra obscura</i> , <i>Mesovelgia sp.</i> (kepik), <i>Helichus lithopilus</i> (kumbang), <i>Anheles punctiennis</i> (nyamuk).
Fakultatif	<i>Stenonema heterotarsale</i> (lalat sehari), <i>Taeniopteryx Maura</i> (lalat batu), <i>Hydropsyche bronta</i> , <i>Agrion muculatum</i> , <i>Chironomus decorus</i> , <i>Helodrilus chlorotica</i> (cacing <i>Oligochaeta</i>)
Toleran	<i>Chironomus riparum</i> (sejenis nyamuk), <i>Limnodrilus sp.</i> dan <i>Tubifex sp.</i>

Sumber: Wilhm, 1975

Makrozoobentos berperan sebagai salah satu mata rantai penghubung dalam aliran energi dan siklus dari alga planktonik sampai konsumen tingkat tinggi (Wardhana, 2006). Suatu perairan yang sehat (belum tercemar) akan menunjukkan jumlah individu yang seimbang dari hampir semua spesies yang ada. Sebaliknya, suatu perairan tercemar penyebaran jumlah individu tidak merata dan cenderung ada spesies yang mendominasi. Dalam mengkaji kondisi perairan, pengukuran keanekaragaman jenis organisme sering lebih baik dalam pengukuran daripada pengukuran bahan-bahan organik secara langsung (Sinaga, 2009).

Keuntungan dari menggunakan makrozoobentos sebagai penentu uji kualitas air adalah makrozoobentos hidup melekat pada tanah atau di dalam tanah motilitasnya rendah sehingga hewan tidak mudah bergerak dan pindah. Makrozoobentos umumnya sangat peka terhadap perubahan lingkungan perairan yang ditempatinya, karena itulah makrozoobentos ini sering dijadikan sebagai penentu ekologi di suatu perairan dikarenakan cara hidup, ukuran tubuh dan perbedaan kisaran toleransi di antara spesies di dalam lingkungan perairan (Rini, 2011).

Alasan pemilihan makrozoobentos sebagai penentu kualitas air adalah mobilitas terbatas sehingga memudahkan dalam pengambilan sampel, ukuran tubuh relatif besar sehingga memudahkan untuk identifikasi, hidup di dasar perairan, relatif diam sehingga secara terus menerus terdedah (*exposed*) oleh air sekitarnya, pendedahan yang terus menerus mengakibatkan makrozoobentos di pengaruhi oleh keadaan lingkungan (Wargadinata, 1995).

Makrozoobentos salah satu penyusun komponen biotik yang dapat menentukan kelangsungan ekosistem sungai di masa yang akan datang. Suatu perairan dapat ditentukan kualitas airnya dengan cara mengidentifikasi indikator makrozoobentos yang ditemukan dalam perairan tersebut dan kemudian disesuaikan dengan tingkat pencemarannya (Sudia *et al.*, 2020). Pada Tabel 16 di bawah ini telah disajikan tingkat cemaran berdasarkan makrozoobentos indikator.

Tabel 16. Tingkat Cemar Perairan Berdasarkan Makrozoobentos Indikator

No.	Tingkat Cemar	Makrozoobentos Indikator
1.	Tidak tercemar	<i>Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossomatidae; Planaria. Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Trichoptera (Hydropsychidae, Psychomyidae); Odonata (Gomphidae, Plarycnematidae, Agriidae, Aeshnidae); Coleoptera (Elminthidae).</i>
2.	Tercemar ringan	<i>Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae); Odonata (Libellulidae, Cordulidae.</i>
3.	Tercemar sedang	<i>Hirudinae (Glossiphonidae, Hirudinae); Hemiptera</i>
4.	Tercemar	<i>Oligochaeta (Ubificidae); Diptera (Chironomus thummi-plumosus); Syrphidae.</i>
5.	Tercemar agak berat	
6.	Sangat tercemar	Tidak terdapat makrozoobentos.

Sumber: Wardhana (2006)

Kualitas perairan dapat dinilai berdasarkan tingkat cemaran dan indikator dari makrozoobentos dengan ketentuan (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998):

1. Perairan akan tergolong tidak tercemar, jika dan hanya jika terdapat *Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossomatidae); Planaria*, tanpa kehadiran jenis indikator yang terdapat pada kelas 2-6.
2. Perairan tergolong agak tercemar, tercemar ringan, tercemar, tercemar agak berat dan sangat tercemar, bila terdapat dalam kelompok kelas masing-masing.
3. Apabila makroinvertebrata terdiri atas campuran antara indikator dari kelas-kelas yang berlainan, maka berlaku ketentuan berikut;
 - a. Perairan dikategorikan sebagai agak tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 1 dan 2, atau dari kelas 1, 2 dan 3.
 - b. Perairan dikategorikan tercemar ringan apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 2 dan 3, atau dari kelas 2, 3 dan 4.
 - c. Perairan dikategorikan sebagai tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 3 dan 4, atau dari kelas 3, 4 dan 5.
 - d. Perairan dikategorikan sebagai sangat tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 4 dan 5.

Makrozoobentos mempunyai kenyamanan kisaran pH yang berbeda-beda (Anzani, 2012). Pengaruh nilai pH terhadap komunitas biologi perairan ditunjukkan dalam Tabel 17.

Tabel 17. Pengaruh pH Terhadap Keberadaan Makrozoobentos

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0-6,5	Keanekaragaman bentos sedikit menurun. Kelimpahan total, biomassa, dan produktifitas tidak mengalami perubahan.
5,5-6,0	Penurunan nilai keanekaragaman bentos semakin tampak. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti.
5,0-5,5	Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis bentos semakin besar. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa bentos.
4,5-5,0	Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis bentos semakin besar. Penurunan kelimpahan total dan biomassa bentos.

Sumber: Anzani, 2012

Pola penyebaran beberapa jenis bentos umumnya dipengaruhi oleh kecepatan arus, kondisi fisika-kimia perairan dan kondisi substrat dasar perairan. Selain itu, keberadaan dan kepadatan bentos juga dipengaruhi oleh makanan maupun tingkat predasi pemangsanya. Sifat kimia perairan yang mempengaruhi keberadaan hewan bentos adalah kandungan gas terlarut, kandungan bahan organik, pH dan kandungan hara (Setyobudiandi *et al.*, 2009). Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberikan pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah salah satu komponen penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia sering kali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan yang mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan (Tarigan, 2009).

Manusia merupakan bagian dari sistem ekologi (ekosistem) sebagai objek sekaligus subjek pembangunan. Permasalahan lingkungan yang sangat mendasar berkaitan dengan kepadatan penduduk maka kebutuhan pangan, pemukiman dan kebutuhan dasar lainnya yang akan meningkatkan limbah domestik dan limbah industri yang dihasilkan sehingga terjadi pencemaran yang mengakibatkan perubahan besar di lingkungan hidup. Banyaknya bahan pencemar dapat memberikan dua pengaruh terhadap organisme perairan, terutama terhadap makrozoobentos, yaitu membunuh spesies tertentu dan sebaliknya dapat mendukung perkembangan spesies lain. Jadi jika air tercemar ada kemungkinan

terjadi pergeseran dari jumlah yang banyak dengan populasi yang sedang menjadi jumlah spesies yang sedikit tetapi populasinya tinggi. Oleh karena itu penurunan keanekaragaman spesies dapat juga dianggap sebagai suatu pencemaran (Tarigan, 2009).

2.5. Indeks Kualitas Air/*Water Quality Index*

Kualitas air merupakan tingkat kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan kualitas air eksisting dengan baku mutu air yang ditetapkan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003). Salah satu pendekatan untuk penentuan kualitas air sungai adalah Indeks Kualitas Air (IKA) atau *Water Quality Index* (WQI), yang terbukti menjadi metode yang efisien dan berguna untuk menilai parameter dalam kualitas air. Metode ini memberikan gambaran tentang kualitas keseluruhan air kepada pembuat kebijakan yang berkepentingan. Metode perhitungan indeks kualitas air sangat diperlukan untuk menyederhanakan banyaknya nilai dari berbagai jenis parameter menjadi sebuah angka yang mampu mendeskripsikan kualitas air sehingga mudah dipahami oleh masyarakat. IKA memberikan nilai tunggal terhadap kualitas air yang diperoleh dari integrasi beberapa parameter penyusunnya pada waktu dan lokasi tertentu (Abbasi *and* Abbasi, 2012; Yogendra *and* Puttaiah, 2008; Semiromi *et al.*, 2011). IKA digunakan untuk memberikan indikasi awal secara cepat tentang kondisi kualitas air sehingga dapat digunakan sebagai alat ukur pengurangan laju pencemaran air. IKA dapat memberikan indikasi kesehatan badan air di berbagai titik dan dapat digunakan untuk melacak perubahan dari waktu ke waktu (Tyagi, 2013; Semiromi *et al.*, 2011).

Penilaian kualitas air menjadi hal yang penting untuk dilakukan agar dapat diketahui apakah air yang ada di suatu wilayah sesuai untuk mendukung kebutuhan hidup manusia dan makhluk hidup yang ada di lokasi tersebut (Ratnaningsih *et al.*, 2016). Berbagai metode tersedia untuk melakukan penilaian kualitas air. Informasi yang diperoleh dari berbagai metode tersebut juga bervariasi. Informasi kualitas air ini penting bagi masyarakat dan pengambil kebijakan, namun pada umumnya informasi kualitas air yang disampaikan masih

berdasarkan konsentrasi masing-masing parameter, sehingga susah dipahami makna informasi yang disampaikan (Ratnaningsih, dkk., 2016). Pengambil kebijakan, manajer non-teknis di bidang air atau masyarakat biasanya tidak mempunyai waktu untuk mempelajari dan memahami tinjauan data teknis kualitas air. Pengambil kebijakan dan masyarakat membutuhkan informasi sederhana yang mudah dipahami untuk mengetahui bagaimana kualitas air di wilayah mereka (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

Penyampaian informasi hasil penilaian kualitas air menjadi penting dipertimbangkan agar mudah dipahami dan dapat digunakan untuk menilai perbaikan yang terjadi jika dilakukan intervensi pengelolaan atau pengendalian pencemaran air. Penggunaan indeks menjadi salah satu alternatif pendekatan yang dapat diaplikasikan (Abbasi *and* Abbasi, 2012). Penggunaan indeks untuk penilaian kualitas air yang telah ada dalam peraturan pemerintah adalah metode Indeks Pencemar (IP) dan metode Storet. IP mempunyai konsep dengan semakin tinggi nilai indeks maka semakin menurun kualitas air. Aplikasi IP ini perlu didukung oleh semua data kualitas air yang tercantum dalam peraturan yang ditetapkan agar kesimpulan yang diperoleh representatif terhadap peraturan baku mutu yang diacu (Kementerian Lingkungan Hidup, 2003).

Dari hasil studi, penilaian yang telah dilakukan menunjukkan metode IKA lebih realistis dan lebih sesuai dengan kondisi *real* di lapangan. Penentuan nilai IKA mudah dilakukan yaitu dengan menjumlahkan perkalian sub indeks masing-masing parameter dengan bobot tiap parameter (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003). Kelas kualitas air didefinisikan tergantung parameter fisik, biologi dan kimia yang diukur selain untuk keperluan air yang digunakan seperti air minum, air yang digunakan di pertanian, atau air yang digunakan di industri (Sargaonkar dan Deshpande, 2003). Berikut adalah klasifikasi kualitas air untuk IKA yang ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Klasifikasi Kualitas Air

Nilai IKA	Kelas	Kualitas Air Tingkat	Rekomendasi
$IKA \leq 0,30$	1	Sangat bersih	Tidak diperlukan pengolahan. Sesuai untuk berbagai macam kebutuhan seperti air minum, irigasi perikanan dan lain-lain.
$0,31 \leq IKA \leq 0,89$	2	Bersih	Untuk minum dan pertanian perlu pengolahan, jika untuk perikanan tidak diperlukan pengolahan karena sudah sesuai dengan peruntukannya. Tidak sesuai untuk minum dan pertanian, jika tidak ada pilihan maka perlu dilakukan pengolahan untuk kedua kebutuhan tersebut. Tidak memerlukan pengolahan jika digunakan untuk peternakan, rekreasi, dan tujuan olahraga.
$0,90 \leq IKA \leq 2,49$	3	Tercemar ringan	Dapat digunakan untuk irigasi dan keperluan industri dengan pengolahan terlebih dahulu.
$2,50 \leq IKA \leq 3,99$	4	Tercemar sedang	Hanya dapat digunakan untuk kepentingan industri berat yang tanpa kontak badan setelah dilakukan pengolahan tersebut.
$4,00 \leq IKA \leq 5,99$	5	Tercemar berat	Tidak sesuai untuk berbagai kebutuhan dan biaya pengolahan sangat ekstensif (mahal).
$IKA \geq 6,00$	6	Kotor	

Sumber: Kepmen LH Nomor 115 Tahun 2003

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan dengan menggunakan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu ditetapkan status mutu air menurut pedoman penentuan status mutu air yang terdapat pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, bahwa untuk melakukan penentuan status mutu air dapat digunakan metode Storet maupun metode Indeks Pencemaran (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003).

2.5.1. Baku Mutu

Sebagai suatu ekosistem yang sangat strategis bagi kelangsungan hidup manusia, sungai memerlukan suatu sistem pengelolaan yang holistik dan berkelanjutan tentunya disesuaikan dengan peruntukan atau fungsi sungai tersebut. Apabila

sungai tersebut berfungsi sebagai sumber air bagi masyarakat sekitarnya, maka kualitas air sungai harus dijaga dari pencemaran, antara lain melalui upaya pembagian kelas air, pengurangan beban limbah yang masuk ke dalam sungai dengan memperketat aturan baku mutu limbah, dan terutama penegakan melalui pemantauan yang tepat, konsisten, serta peningkatan partisipasi masyarakat (Suryatmaja, dkk., 2015).

Sungai Way Umpu merupakan sungai yang berada di Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung sehingga regulasi mengenai baku mutu pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang digunakan mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 yang diklasifikasikan menjadi empat kelas yaitu:

1. Kelas I: air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai air minum, dan peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, pertanian, peternakan, atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanaman, atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kriteria kualitas air untuk tiap-tiap kelas didasarkan pada kondisi fisik-kimia, biologi dan radioaktif. Secara sederhana, kualitas air dapat diduga dengan melihat kejernihan dan mencium bau pada air. Namun terdapat bahan-bahan pencemar yang tidak dapat diketahui hanya dari bau dan warna, melainkan harus dilakukan serangkaian pengujian. Hingga saat ini, dikenal ada dua jenis pendugaan kualitas air yaitu fisik-kimia dan biologi. Pembagian kelas ini didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air berdasarkan kemungkinan penggunaannya bagi suatu

peruntukan air. Peruntukan lain yang dimaksud dalam kriteria kelas air di atas, misalnya kegunaan air untuk proses produksi dan pembangkit tenaga listrik, asalkan kegunaan tersebut dapat menggunakan air sebagaimana kriteria mutu air dari kelas yang dimaksud. Kriteria baku mutu air, kriteria di mana pembagian kelas ini didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air dan kemungkinan kegunaannya bagi suatu peruntukan (*designated beneficial water uses*). Kebanyakan air permukaan biasanya diklasifikasi sesuai dengan keperluan pemakaian di mana daerah aliran sungai merupakan suatu megasistem kompleks yang meliputi sistem fisik, sistem biologis, dan sistem manusia yang saling berinteraksi dan berhubungan membentuk satu kesatuan ekosistem (Rahayu, 2009).

2.5.2. Indeks Pencemaran (IP) atau *Pollution Index* (PI)

Salah satu bentuk upaya dalam sistem pengelolaan sumber daya air adalah dengan melakukan evaluasi tingkat pencemaran air secara berkala untuk mengetahui kualitas suatu perairan tertentu. Metode Indeks Pencemaran (IP) merupakan salah satu metode analisis kualitas air yang diterapkan di Indonesia untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat pencemaran di suatu perairan. Metode ini merupakan hasil perhitungan relatif antara hasil pengamatan terhadap baku mutu yang berlaku. Metode IP terdiri atas indeks rata-rata dan indeks maksimum di mana unsur pencemar utama penyebab terjadinya penurunan kualitas air ditunjukkan oleh nilai indeks maksimum. Pengelolaan kualitas air berdasarkan IP dapat menjadi solusi dalam menilai kualitas badan air untuk peruntukan tertentu serta sebagai bahan masukan pada pengambil keputusan agar dapat melakukan tindak lanjut dalam memperbaiki kualitas air akibat kehadiran senyawa pencemar. Metode IP meliputi berbagai kelompok parameter kualitas air yang independent dan bermakna (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003).

Metode ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu (Lampiran II Keputusan Menteri Lingkungan Hidup

Nomor 115 Tahun 2003). Evaluasi terhadap nilai Indeks Pencemaran dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Hubungan Antara Nilai Indeks Pencemaran dengan Tingkat Ketercemaran

Nilai IP	Kriteria
$0 \leq PI_j \leq 1,0$	Kondisi baik (Tidak tercemar)
$1,0 < PI_j \leq 5,0$	Tercemar ringan
$5,0 < PI_j \leq 10$	Tercemar sedang
$PI_j > 10$	Tercemar berat

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003

Metode indeks pencemaran dapat digunakan untuk menentukan suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Pengelolaan kualitas air atas dasar metode IP ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Metode IP dibangun berdasarkan dua indeks kualitas, yaitu pertama adalah indeks rata-rata (IR). Indeks ini menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter dalam satu kali pengamatan. Kedua adalah indeks maksimum (IM). Indeks ini menunjukkan satu jenis parameter yang dominan menyebabkan penurunan kualitas air pada satu kali pengamatan. Untuk status mutu air dari hasil perhitungan indeks pencemaran dikonversi sesuai dengan indeks status mutu air berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Rumus perhitungan Indeks Pencemaran adalah:

$$PI_j = \frac{\sqrt{(Ci/Lij)m^2 + (Ci/Lij)r^2}}{2}$$

Dengan Lij adalah konsentrasi parameter kualitas air ke- i pada baku mutu peruntukan air ke- j , Ci adalah konsentrasi parameter kualitas air ke- i hasil sampling, $Ci/Lijr$ adalah nisbah Ci/Li rata-rata, $Ci/Lijm$ adalah nisbah Ci/Li maksimum, dan PI_j adalah Indeks Pencemaran (Desmawati, 2014).

2.5.3. Metode Storet (*Storage And Retrieval*)

Metode Storet merupakan salah satu metode untuk menentukan status mutu air yang umum digunakan, dengan metode storet ini dapat diketahui parameter-parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu air. Secara prinsip metode storet adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air (Suwari, 2010). Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari US-EPA (*Environmental Protection Agency*) dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas. Semua parameter yang diuji akan dihitung total jumlah negatifnya dan skor akhir akan berupa nilai yang dapat diklasifikasikan dalam 4 (empat) kelas (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003), kelas tersebut dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Klasifikasi Kualitas Air Berdasarkan Metode Storet

No.	Kategori	Nilai	Status	
1	Kelas A	Baik sekali	0	Memenuhi Baku Mutu
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: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003

Penentuan status mutu air dengan metode storet dimaksudkan sebagai acuan dalam melakukan pemantauan kualitas air dengan tujuan untuk mengetahui mutu (kualitas) suatu sistem akuatik. Penentuan status mutu air didasarkan pada analisis parameter fisika, kimia dan biologi. Penentuan status mutu air dengan metode storet menggunakan data nilai minimum, maksimum, dan rerata dalam rentang waktu tertentu. Penentuan status mutu air dengan menggunakan metode storet dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*).
2. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku yang sesuai dengan kelas air.
3. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran \leq baku mutu) maka diberi nilai 0.

4. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 21.
5. Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutu dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai (Matahelumual, 2007).

Tabel 21. Skor Setiap Parameter untuk Metode Storet

Jumlah Parameter	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Min	-1	-2	-3
	Maks	-1	-2	-3
	Rerata	-3	-6	-9
≥ 10	Min	-2	-4	-6
	Maks	-2	-4	-6
	Rerata	-6	-12	-18

Sumber: Matahelumual, 2007

Nilai metode storet yang mendekati nol menggambarkan semakin baik kualitas air yang diamati. Perincian sistem pemberian nilai bagi setiap nilai minimum, maksimum dan rata-rata masing-masing parameter fisika, kima dan biologi berdasarkan jumlah parameter yang digunakan. Metode storet memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan indeks kualitas air lainnya. Kelebihan metode storet adalah dapat menggabungkan banyak data parameter kualitas air sehingga gambaran mengenai kualitas air akan lebih komprehensif dan tidak terpaku pada parameter-paramater tertentu. Semakin banyak parameter kualitas air yang digunakan dalam perhitungan metode storet, maka akan semakin tepat gambaran kualitas air yang didapat (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003).

2.6. Pengukuran Parameter Biologi

2.6.1. Indeks Keanekaragaman (H')

Keanekaragaman adalah jumlah total spesies dalam suatu daerah tertentu atau diartikan juga sebagai jumlah spesies yang terdapat dalam suatu area antar jumlah total individu dari spesies yang ada dalam suatu komunitas. Hubungan ini dapat dinyatakan secara numerik sebagai indeks keanekaragaman (Michael, 1994). Selain itu, keanekaragaman spesies merupakan suatu karakteristik ekologi yang

dapat diukur dan khas untuk organisasi ekologi pada tingkat komunitas.

Keanekaragaman atau keberagaman dari makhluk hidup dapat terjadi akibat adanya perbedaan warna, ukuran, bentuk, jumlah, tekstur, penampilan (Kristanto, 2002).

Indeks keanekaragaman dapat digunakan untuk menyatakan hubungan kelimpahan spesies dalam komunitas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman yang tinggi jika komunitas tersebut disusun oleh banyak spesies (jenis) dengan kelimpahan spesies sama dan hampir sama. Sebaliknya jika suatu komunitas disusun oleh sedikit spesies dan jika hanya sedikit spesies yang dominan maka keanekaragaman jenisnya rendah (Umar, 2013). Menurut sifat komunitas, keanekaragaman ditentukan dengan banyaknya jenis serta pemerataan kelimpahan individu tiap jenis yang didapatkan. Semakin besar nilai suatu keanekaragaman berarti semakin banyak jenis yang didapatkan dan nilai ini sangat bergantung kepada nilai total dari individu masing-masing jenis atau generasi. Keanekaragaman (H') mempunyai nilai terbesar jika semua individu berasal dari genus atau spesies yang berbeda-beda, sedangkan nilai terkecil jika semua individu berasal dari satu genus atau satu spesies saja (Kusnadi, 2016).

Indeks keanekaragaman (H') menggunakan keadaan populasi organisme secara matematis agar mempermudah dalam menganalisis formasi jumlah individu masing-masing jenis pada suatu komunitas (Odum, 1993). Perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos, digunakan rumus indeks keanekaragaman yaitu:

$$H' = -\sum \frac{ni}{N} \times \ln \frac{ni}{N}$$

H' = Indeks keanekaragaman jenis

N_i = Jumlah individu setiap jenis

N = Jumlah seluruh individu.

(Odum, 1993).

Berdasarkan rumus di atas kriteria dari indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener* dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Kategori Indeks Keanekaragaman (H') dan Kriterianya

No.	Keanekaragaman	Kategori	Kriteria
1.	$H' \leq 2$	Keanekaragaman Kecil	Keanekaragaman genera/spesies rendah, penyebaran jumlah individu tiap genera/spesies rendah, kestabilan komunitas rendah dan keadaan perairan telah tercemar.
2.	$2 < H' \leq 3$	Keanekaragaman Sedang	Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu sedang dan kestabilan perairan telah tercemar sedang.
3.	$H' > 3$	Keanekaragaman Tinggi	Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies atau genera tinggi, kestabilan komunitas tinggi dan perairannya masih belum tercemar.

Sumber: Kusnadi, 2016

Tabel 22 merupakan kategori keanekaragaman jenis berdasarkan rentang nilai indeks keanekaragaman menurut *Shannon-Wiener* beserta kriterianya. Nilai H' akan maksimum jika semua generasi memiliki jumlah individu yang sama dan akan memperoleh nilai sebesar: $H' \text{ maks} = \ln S$, di mana S adalah jumlah jenis (Kusnadi, 2016).

2.6.2. Indeks Keseragaman Jenis (Kemerataan/E)

Keseragaman hewan bentos dalam suatu perairan dapat diketahui dari indeks keseragamannya. Semakin kecil nilai indeks keseragaman organisme maka penyebaran individu tiap jenis tidak sama, ada kecenderungan didominasi oleh jenis tertentu (Kusnadi, 2016). Tingkat keseragaman (E) dapat ditentukan menggunakan rumus Indeks Keseragaman *Evennes* Indeks (Krebs, 1989) seperti di bawah ini:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

E = Indeks keseragaman

H' = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah jenis organisme

Menurut Krebs (1989) Kriteria tingkat keseragaman spesies berdasarkan indeks keseragaman (E) dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 23. Kategori Indeks Keseragaman (E)

No.	Keseragaman	Kategori
1.	$0,00 < E \leq 0,50$	Komunitas tertekan
2.	$0,50 < E \leq 0,75$	Komunitas labil
3.	$0,75 < E \leq 1,00$	Komunitas stabil

Sumber: Kusnadi, 2016

2.6.3. Indeks Dominansi (C)

Dalam suatu komunitas biasanya terdapat jenis yang mengendalikan arus energi dan mempengaruhi lingkungan daripada jenis lainnya, hal ini disebut dominan-dominan ekologi. Indeks ini digunakan untuk menentukan kualitas perairan yang jumlah jenisnya banyak atau dengan keragaman jenisnya tinggi (Fachrul, 2007). Dominansi dapat diketahui dengan menghitung indeks dominansinya. Nilai indeks dominansi yang tinggi menyatakan bahwa konsentrasi dominansi yang rendah, artinya tidak ada jenis yang mendominasi komunitas tersebut (Kusnadi, 2016). Kriteria tingkat kategori indeks dominansi (C) dapat dilihat pada Tabel 18. Indeks Dominasi (C) dapat diketahui menggunakan indeks dominansi *Simpson* dengan persamaan:

$$C = \sum \left(\frac{ni}{N} \right)^2$$

C = Indeks dominasi
 Ni = Jumlah individu setiap jenis
 N = Jumlah total individu
 (Odum, 1993).

Tabel 24. Kategori Indeks Dominansi (C)

No.	Dominansi	Kategori
1.	$0,00 < C \leq 0,50$	Rendah
2.	$0,50 < C \leq 0,75$	Sedang
3.	$0,75 < C \leq 1,00$	Tinggi

Sumber: Kusnadi, 2016

Indeks dominansi antara 0-1 jika indeks dominansi mendekati 0 berarti tidak terdapat generasi yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil. Bila indeks dominansi mendekati 1 berarti terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas labil, karena terjadi tekanan ekologis (Kusnadi, 2016).

2.7. *Interpretive Structural Modelling (ISM)*

Salah satu teknik pemodelan yang dikembangkan untuk merencanakan kebijakan strategis adalah *Interpretive Structural Modelling (ISM)*. ISM adalah suatu teknik yang digunakan untuk membantu menentukan urutan tujuan pada hubungan yang kompleks, menemukan sub-elemen kunci, karakter setiap sub-elemen dan memberikan gambaran yang konkrit tentang suatu struktur hirarki melalui pendapat para ahli. Metode dikatakan *Interpretive* karena hubungan antar elemen-elemen di dalam masalah yang sedang dikaji diperoleh berdasarkan diskusi dengan para ahli (*expert*). Metode dikatakan *structural* karena menggambarkan masalah yang kompleks di dalam suatu sistem melalui pola yang dirancang secara seksama dengan menggunakan grafis (Eriyanto, 2003).

Interpretive Structural Modelling adalah proses pengkajian kelompok (*group learning process*) di mana model-model *structural* dihasilkan guna memotret perihal yang kompleks dari suatu sistem, melalui pola yang dirancang secara seksama dengan menggunakan grafis serta kalimat. Teknik ISM merupakan salah satu teknik memodelkan rencana strategis untuk menangani kebiasaan yang sulit diubah dari perencana jangka panjang yang sering menerapkan secara langsung teknik penelitian operasional dan atau aplikasi statistik deskriptif. Melalui teknik ISM, model yang tidak jelas ditransformasikan menjadi model sistem yang tampak (*visible*) yaitu penggambaran hubungan antar elemen dan struktur elemen dalam model grafik. Proses ISM mengubah model yang tidak jelas, sistem yang buruk menjadi model yang terlihat dan terdefinisi dengan baik (Sushil, 2012). Program strukturisasi penguatan kelembagaan dapat dianalisis berdasarkan sembilan elemen, yaitu: 1) tujuan dari program; 2) kebutuhan dari program; 3) kendala utama program; 4) tolak ukur untuk menilai keberhasilan setiap tujuan; 5)

lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program; 6) sektor masyarakat yang terpengaruhi; 7) perubahan yang diinginkan; 8) aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan; 9) ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai setiap aktivitas (Saxena *et al.*, 1992).

Para peneliti biasanya melakukan suatu analisis tidak menggunakan semua elemen. Hal ini sangat tergantung dengan kebutuhan riset yang hendak dihasilkan, biasanya hanya menganalisis 2 sampai 5 elemen saja, bahkan tidak jarang juga ada yang menggunakan satu elemen saja (Fadhil *et al.*, 2018). Bagian pertama dari teknik ISM adalah melakukan penyusunan hirarki. Bagian kedua membagi substansi yang sedang ditelaah ke dalam elemen-elemen dan sub-sub elemen secara mendalam sampai dipandang memadai. Penyusunan sub elemen ini menggunakan masukan dari kelompok yang terkait. Selanjutnya ditetapkan hubungan kontekstual antar sub elemen, yang dinyatakan dalam terminologi sub ordinat yang menuju perbandingan berpasangan (Eriyanto, 2003).

Metodologi ISM membantu kelompok mengidentifikasi hubungan antara ide dan struktur tetap pada isu yang kompleks. ISM dapat digunakan untuk mengembangkan beberapa tipe struktur, termasuk struktur pengaruh (misalnya: dukungan atau pengabaian), struktur prioritas (misalnya “lebih penting dari”, atau “sebaliknya dipelajari sebelumnya”), dan kategori ide (misalnya: “termasuk kategori yang sama dengan”). ISM dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menyimpulkan hubungan di antara variabel yang spesifik, yang menggambarkan sebuah problem atau isu (Warfield, 1974). ISM berarti perintah mana yang dapat dipaksakan dalam kompleksitas dari beberapa variabel. Elemen-elemen dapat merupakan tujuan kebijakan, target organisasi, faktor-faktor penilaian, dan lain-lain. Hubungan langsung dapat dalam konteks-konteks yang beragam (berkaitan dengan hubungan kontekstual) (Mandal *and* Desmukh, 1994).

ISM membantu dalam mengidentifikasi keterkaitan antar variabel. ISM juga membantu untuk menentukan urutan dan arah dalam kompleksitas hubungan antar elemen pada sebuah sistem dan menganalisa pengaruh dari satu variabel dengan

variabel lainnya. Metode ini seringkali digunakan untuk memberikan pemahaman mendasar situasi yang kompleks, serta untuk mengumpulkan tindakan untuk pemecahan permasalahan yang memungkinkan para peneliti untuk mengembangkan peta hubungan yang kompleks antara banyak unsur yang terlibat dalam situasi pengambilan keputusan yang kompleks. ISM telah digunakan oleh para peneliti untuk memahami hubungan langsung dan tidak langsung antara berbagai variabel dalam industri yang berbeda. Telah digunakan untuk mempelajari perencanaan program pendidikan tinggi (Hawthorne dan Sage, 1975), konservasi energi dalam industri semen India (Saxena *et al.*, 1992), kriteria seleksi vendor (Mandal *and* Deshmukh, 1994), elemen penting untuk pelaksanaan manajemen pengetahuan di Industri India (Singh *et al.*, 2008), dan pengambilan keputusan strategis dalam manajerial kelompok (Bolaños dan Nenclares, 2005).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di lokasi aliran sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Provinsi Lampung, tepatnya di Kampung Kasui, Kampung Ojolali, Kampung Negeri Baru dan Kampung Blambangan Umpu (hulu-hilir sungai Way Umpu). Sampel diambil dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Februari 2021 dengan menggunakan alat *Eckmen Grap* yang terbuat dari *Stainless Steel*. Pengambilan sampel air, pengukuran suhu, derajat keasaman air atau pH, Daya Hantar Listrik (DHL) dan *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut dilakukan langsung (*in situ*) di lokasi sungai Way Umpu.

Identifikasi makrozoobentos dilakukan di laboratorium Zoologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, untuk analisis kebutuhan oksigen kimiawi atau *Chemical Oxygen Demand* (COD), kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), total padatan tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS), NH₃, nitrat, nitrit, fosfat dan logam berat dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung pada bulan April 2021. Alokasi waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 14 bulan, yaitu 3 bulan untuk pengambilan data primer, 3 bulan untuk analisis data, 8 bulan untuk pengolahan data, melakukan analisis, pembahasan, finalisasi draft seminar, jurnal ilmiah, dan disertasi.

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian analisis deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara membuat deskripsi objektif tentang fenomena terbatas dan menentukan apakah fenomena dapat terkontrol melalui beberapa intervensi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *survey* yaitu melakukan pengamatan langsung ke lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data primer.

Data primer terdiri dari parameter fisika diantaranya yaitu pengukuran suhu air sungai, DHL, TSS, arus, warna dan kekeruhan. Parameter kimia diantaranya yaitu pH, DO, COD, BOD, NH₃, nitrat, nitrit, fosfat, dan logam berat seperti tembaga (Cu), merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), mangan (Mn) dan besi (Fe). Parameter biologi diantaranya yaitu analisis makrozoobentos dan bakteri total *Coli* dan *Fecal Coli*. Kemudian hasil analisis ketiga parameter tersebut yang disesuaikan dengan baku mutu parameter untuk kualitas air sungai kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

Selanjutnya data primer persepsi masyarakat diambil dari hasil kuesioner terhadap masyarakat yang bermukim di sekitar wilayah aliran sungai Way Umpu, data wawancara pakar dilakukan dengan menetapkan pakar yang terkait dengan bidang kajian penelitian dari unsur akademis, tokoh masyarakat lokal, pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, *stakeholder*, dan bidang kesehatan. Adapun populasi penelitian ini adalah 100 responden yang berasal dari masyarakat yang menggunakan air sungai Way Umpu untuk aktivitas sehari-hari, sementara sampel penelitian air, diambil dari sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan.

3.3. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian disesuaikan dengan tujuan penelitian yang dicapai yaitu:

1. Mengetahui kualitas air sungai Way Umpu akibat pencemaran dan perubahan morfologi sungai.
2. Mengetahui persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan sungai Way Umpu dan kesehatan masyarakat.

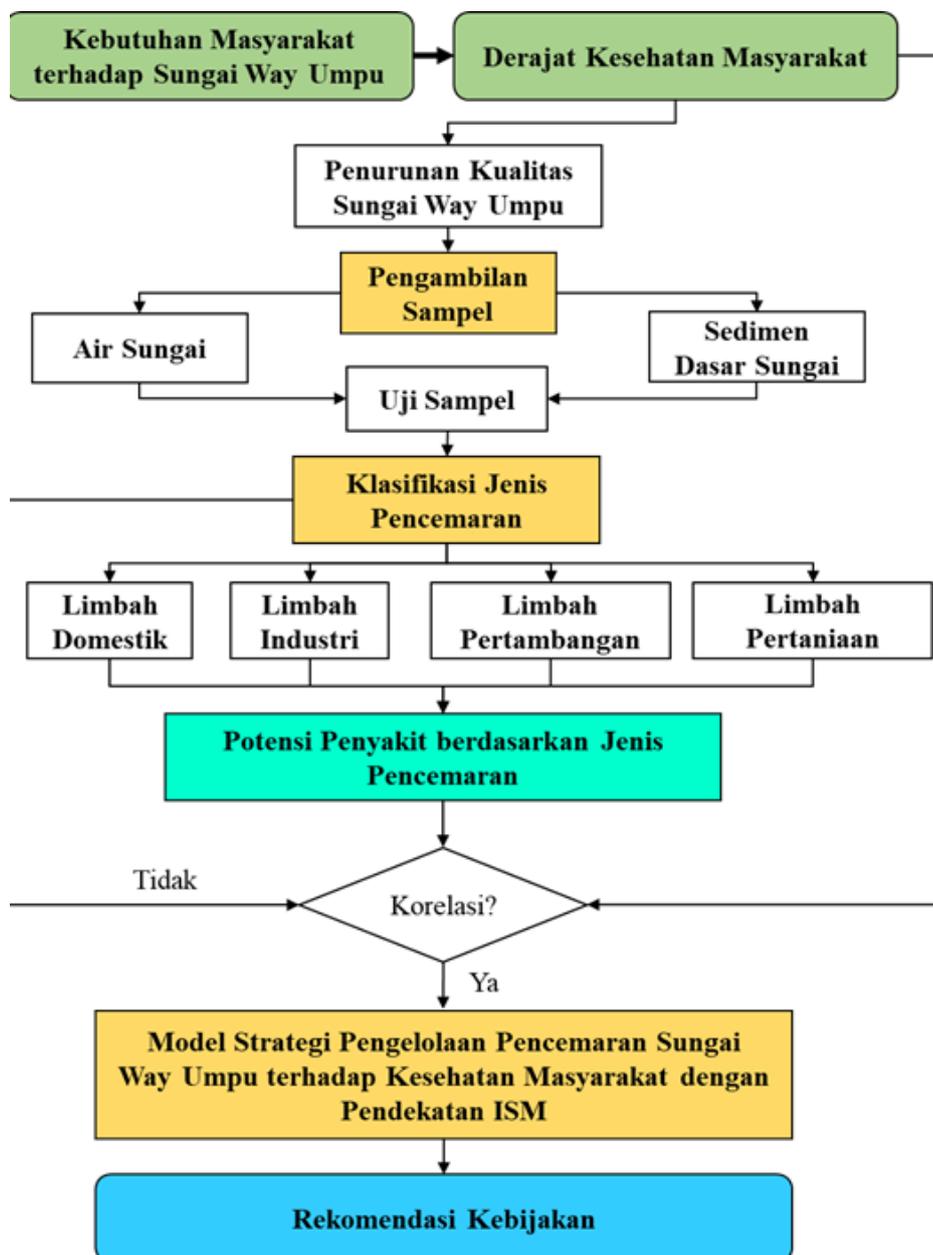
3. Menghasilkan model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran sungai di sungai Way Umpu terhadap peningkatan derajat kesehatan masyarakat dengan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM).

Metode yang digunakan dalam melakukan analisis adalah metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM). Penggunaan metode ISM juga telah luas digunakan, terutama untuk menganalisis struktural elemen-elemen berdasarkan hubungan kontekstualnya (Saxena *et al.*, 1992; Machfud, 2001; Marimin 2008; Eriyatno 2012). Metodologi dan teknik ISM dibagi menjadi dua bagian yaitu penyusunan hirarki dan klasifikasi sub-elemen. Prinsip dasarnya adalah identifikasi dari struktur di dalam suatu sistem akan memberikan nilai manfaat yang tinggi guna meramu sistem secara efektif dan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik (Eriyatno 2012). Secara ringkas keterkaitan antara tujuan khusus penelitian, jenis dan sumber data, metode analisis serta output yang dihasilkan disajikan pada Tabel 25 dan diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 7.

Tabel 25. Tujuan, Jenis dan Sumber Data, Metode Analisis, dan Output

No	Tujuan Khusus/Umum	Jenis dan Sumber Data	Metode Analisis	Output
1.	Mengetahui kualitas sungai Way Umpu akibat pencemaran dan perubahan morfologi sungai	Data Primer: Data Pengukuran Lapangan Paramater: Fisika, Kimia, dan Biologi Morfologi Sungai: Sempadan, debit, sedimentasi	Metode kuantitatif ➤ Analisis Laboratorium ➤ Metode Storet ➤ Metode Indeks Pencemaran (IP) ➤ Metode GIS	➤ Nilai parameter fisik-kimia-biologi ➤ Jenis-jenis pencemaran dan sumber pencemaran ➤ Kualitas Sungai Way Umpu ➤ Peta perubahan sempadan sungai
2.	Mengetahui persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan sungai Way Umpu dan kesehatan masyarakat	Data Primer: Wawancara kuesioner dengan masyarakat pada area penelitian.	Metode Kuantitatif	➤ Persepsi masyarakat terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat ➤ Jenis-jenis penyakit

3. Menghasilkan model strategi kebijakan pengelolaan pencemaran sungai di Sungai Way Umpu terhadap peningkatan derajat kesehatan masyarakat dengan metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM)
- Wawancara mendalam dengan pakar Kajian Referensi
- Metode *Interpretive Structural Modelling* (ISM)
- Model strategi kebijakan kesehatan masyarakat di wilayah sungai Way Umpu



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Disertasi

3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang bersumber dari hasil wawancara mendalam terhadap 5 (lima) pakar. Kelima pakar berdasarkan tingkat kepentingan penelitian yang mewakili unsur birokrasi, unsur akademisi, unsur lembaga swadaya masyarakat, unsur asosiasi, dan unsur tokoh masyarakat. Pakar dari unsur birokrasi dalam hal ini sebagai pengambil kebijakan tertinggi di wilayah Kabupaten Way Kanan. Pakar dari unsur akademisi yang memiliki kepakaran pada bidang lingkungan khususnya pencemaran sungai dan kesehatan lingkungan. Unsur asosiasi berasal dari Perhimpunan Ahli Epidemiologi Indonesia (PAEI) yang dinilai memiliki tingkat kepakaran dalam bidang kesehatan yang disebabkan oleh kerusakan lingkungan. Unsur Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) adalah lembaga nirlaba yang memiliki bidang pengelolaan dan perhatian terhadap lingkungan, dan pakar dari unsur tokoh masyarakat adalah yang memiliki tingkat pengetahuan dari aspek kesejarahan terhadap lingkungan daerah penelitian.

Proses pengambilan data dilakukan dengan melakukan wawancara dan pengisian kuesioner ISM. Pembuatan kuesioner ISM diawali dengan melakukan identifikasi elemen-elemen sistem. Elemen-elemen sistem dan sub elemenn sistem diidentifikasi dan didaftar. Kegiatan ini dilakukan melalui *brainstorming* dan kajian referensi.

Tabel 26. Sub Elemen Kendala

Kode	Sub Elemen Kendala	Referensi
K1	Rendahnya kesadaran atau kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan sungai	[1], [2], Wawancara
K2	Lemahnya penegakan aturan terhadap perlindungan Sungai	[3], [4]
K3	Kebijakan pemerintah daerah belum sepenuhnya dilakukan untuk pengelolaan sungai	Wawancara
K4	Masih terdapat kegiatan penambangan di pinggir sungai	Wawancara
K5	Perilaku dan kebiasaan masyarakat pinggir sungai yang membuang limbah domestik ke sungai	[1], [2], Wawancara
K6	Dukungan regulasi untuk pengelolaan sungai masih kurang	[3], [4]

Keterangan:

[1] Wijaya dan Muchtar (2019); [2] Purwanto (2018); [3] Fadilla dkk (2020); [4] Johar (2019)

Elemen-elemen sistem pada penelitian ini ditetapkan 2 (dua) elemen utama yaitu elemen kendala, dan elemen program atau aktivitas. Sub elemen kendala dapat dilihat pada Tabel 26. Kedua elemen utama tersebut selanjutnya ditetapkan masing-masing sub elemen yang berhubungan dengan konteks penelitian yaitu keberadaan sungai Way Umpu terhadap kesehatan masyarakat di Kabupaten Way Kanan. Sub elemen program atau aktivitas dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Sub Elemen Program atau Aktivitas

Kode	Sub Elemen Kendala
P1	Dukungan terhadap pengelolaan sungai Way Umpu yang berkelanjutan
P2	Peningkatan derajat kesehatan masyarakat di daerah aliran sungai Way Umpu
P3	Peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan sungai Way Umpu
P4	Pemanfaatan sungai Way Umpu sebagai potensi ekowisata
P5	Perlindungan sungai Way Umpu dari pencemaran
P6	Penyediaan sarana dan prasarana kesehatan masyarakat yang memadai
P7	Peningkatan tata kelola sungai Way Umpu dalam pemanfaatannya
P8	Regulasi dalam mencegah penurunan kualitas sungai Way Umpu
P9	Optimalisasi tata kelola sungai Way Umpu sebagai sumber daya Kabupaten Way Kanan

Berdasarkan Tabel 27 tersebut di atas dilakukan penyusunan isian kuesioner ISM dalam bentuk Matriks Interaksi Tunggal Terstruktur (*Structural Self Interaction Matrix/SSIM*) yang disajikan pada Tabel 28, Tabel 29, dan Tabel 30.

Pembentukan matriks ini merupakan hasil persepsi pakar responden terhadap hubungan kontekstual antar sub elemen kendala, sub elemen aktor atau lembaga, dan antar sub elemen program atau aktivitas. Empat macam simbol untuk menyajikan tipe hubungan yang ada adalah **V**, **A**, **X**, dan **O**.

Tabel 28. Matriks SSIM Sub Elemen Kendala

$K_i \rightarrow K_j$	Sub Elmen (K_j)					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Sub Elmen (K_i)	K1	...	...	...	...	...
	K2	...	...	...	...	...
	K3	...	...	...	...	...
	K4	...	...	...	...	...
	K5	...	...	...	...	...
	K6	...	...	...	...	...

Kelima pakar akan mengisi sel matriks pada Tabel 28 dengan huruf **V**, **A**, **X**, dan **O** untuk menggambarkan pola hubungan antar sub elemen kendala tersebut dengan ketentuan sebagai berikut:

V = sub elemen (**K_i**) **lebih utama** daripada sub elemen (**K_j**)

A = sub elemen (**K_j**) **lebih utama** daripada sub elemen (**K_i**)

X = sub elemen (**K_i**) dan (**K_j**) **sama-sama kendala utama**

O = sub elemen (**K_i**) dan (**K_j**) sama-sama **bukan kendala utama**

Tabel 29. Matriks SSIM Sub Elemen Program atau Aktivitas

$P_i \rightarrow P_j$	Sub Elmen (P_j)								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1
P2
P3
Sub Elmen (P_i) P4
P5
P6
P7
P8
P9

Kelima Pakar akan mengisi sel matriks pada Tabel 29 dengan huruf **V**, **A**, **X**, dan **O** untuk menggambarkan pola hubungan antar sub elemen program atau aktivitas tersebut dengan ketentuan sebagai berikut:

V = sub elemen (**P_i**) **lebih penting** daripada sub elemen (**P_j**)

A = sub elemen (**P_j**) **lebih penting** daripada sub elemen (**P_i**)

X = sub elemen (**P_i**) dan (**P_j**) **sama-sama penting**

O = sub elemen (**P_i**) dan (**P_j**) **sama-sama tidak penting**

Kelima pakar akan mengisi sel matriks pada Tabel 30 dengan huruf **V**, **A**, **X**, dan **O** untuk menggambarkan pola hubungan antar sub elemen aktor atau lembaga tersebut dengan ketentuan sebagai berikut:

V = sub elemen (**A_i**) **lebih berperan** daripada sub elemen (**A_j**)

A = sub elemen (**A_j**) **lebih berperan** daripada sub elemen (**A_i**)

X = sub elemen (**A_i**) dan (**A_j**) **memiliki peranan yang sama**

O = sub elemen (**A_i**) dan (**A_j**) **sama-sama tidak berperan**

Tabel 30. Matriks SSIM Sub Elemen Aktor atau Lembaga

$A_i \rightarrow A_j$	Sub Elemen (A_j)										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
A1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Sub Elmen (A_i)	A5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	A11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

3.5. Analisis Data

Data parameter kualitas air yang diperoleh, ditabulasikan dan digambarkan dalam bentuk grafik atau diagram. Data parameter kualitas air dibandingkan dengan baku mutu kualitas air yang berlaku yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Selanjutnya dilakukan pembahasan secara deskriptif tentang parameter-parameter tersebut dan keterkaitan parameter satu dengan yang lain.

Untuk menentukan kualitas perairan pada masing-masing lokasi pengambilan sampel digunakan metode Indeks Pencemaran (IP) merupakan salah satu metode untuk menentukan status mutu air, metode ini merupakan salah satu metode analisis kualitas air yang diterapkan di Indonesia untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat pencemaran di suatu perairan. Metode IP ini merupakan hasil perhitungan relatif antara hasil pengamatan terhadap baku mutu yang berlaku. Metode ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu (Lampiran II Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003). Evaluasi terhadap nilai IP dapat ditentukan dengan cara mengklasifikasikan nilai IP dengan kriteria kualitas perairan.

$0 \leq PI_j \leq 1,0$	= Kondisi baik (tidak tercemar)
$1,0 < PI_j \leq 5,0$	= Tercemar ringan
$5,0 < PI_j \leq 10$	= Tercemar sedang
$PI_j > 10$	= Tercemar berat

Prosedur metode ISM dalam melakukan identifikasi hubungan antar sub elemen dalam suatu sistem yang kompleks dengan metode ISM (Indrawanto 2009) adalah:

1. Identifikasi elemen-elemen sistem.
Elemen-elemen sistem dan sub elemennya sistem diidentifikasi dan didaftar. Kegiatan ini dapat dilakukan melalui penelitian, *brainstorming* atau lainnya.
2. Hubungan kontekstual antar elemen.
Hubungan kontekstual antar elemen atau sub elemen ditetapkan sesuai dengan tujuan dari pemodelan.
3. Pembentukan Matriks Interaksi Tunggal Terstruktur (*Structural Self Interaction Matrix/SSIM*). Matriks ini merupakan hasil persepsi pakar responden terhadap hubungan kontekstual antar elemen atau antar sub elemen. Empat macam simbol untuk menyajikan tipe hubungan yang ada adalah:
 - a. V, adalah simbol untuk menyatakan adanya hubungan kontekstual yang telah ditetapkan antara elemen E_i terhadap elemen E_j , tetapi tidak sebaliknya.
 - b. A, adalah simbol untuk menyatakan adanya hubungan kontekstual yang telah ditetapkan antara elemen E_j terhadap elemen E_i , tetapi tidak sebaliknya.
 - c. X, adalah simbol untuk menyatakan adanya hubungan interelasi secara timbal balik antara elemen E_i dengan elemen E_j .
 - d. O, adalah simbol untuk menyatakan antara elemen E_i dan elemen E_j tidak saling berhubungan.
4. Membentuk *Reachability Matrix* (RM)
Matriks ini adalah matriks biner hasil konversi dari SSIM. Aturan konversi dari SSIM menjadi RM adalah:
 - a. Jika simbol dalam SSIM adalah V, maka nilai $E_{ij} = 1$ dan nilai $E_{ji} = 0$ dalam RM

- b. Jika simbol dalam SSIM adalah A, maka nilai $E_{ij} = 0$ dan nilai $E_{ji} = 1$ dalam RM
- c. Jika simbol dalam SSIM adalah X, maka nilai $E_{ij} = 1$ dan nilai $E_{ji} = 1$ dalam RM
- d. Jika simbol dalam SSIM adalah O, maka nilai $E_{ij} = 0$ dan nilai $E_{ji} = 0$ dalam RM.

Matriks RM awal perlu dimodifikasi untuk menunjukkan *direct* dan *indirect reachability*, yaitu kondisi di mana jika $E_{ij} = 1$ dan $E_{jk} = 1$ maka $E_{ik} = 1$. E_{ij} adalah kondisi hubungan kontekstual antara elemen E_i terhadap elemen E_j . Dari matriks RM yang telah dimodifikasi didapat nilai *Driver Power* (DP) dan nilai *dependence* (D). Berdasarkan nilai DP dan D, sub-elemen dapat digolongkan ke dalam 4 sektor, yaitu:

- a. Sektor I, *autonomous* yaitu sektor dengan nilai DP rendah dan nilai D rendah. Elemen-elemen yang masuk dalam sektor ini umumnya tidak berkaitan dengan sistem atau memiliki hubungan sedikit.
- b. Sektor II, *dependent* yaitu sektor dengan nilai DP rendah dan nilai D tinggi. Elemen yang masuk dalam sektor ini elemen yang tidak bebas dalam sistem dan sangat tergantung pada elemen lain.
- c. Sektor *linkage* yaitu sektor dengan nilai DP tinggi dan nilai D tinggi. Elemen yang masuk dalam sektor ini harus dikaji secara hati-hati karena perubahan pada elemen tersebut akan berdampak pada elemen lainnya dan yang pada akhirnya akan kembali berdampak pula pada elemen tersebut.
- d. Sektor *independent* yaitu sektor dengan nilai DP tinggi dan nilai D rendah. Elemen yang masuk dalam sektor ini dapat dianggap sebagai elemen bebas. Setiap perubahan dalam elemen ini akan berimbas pada elemen lainnya sehingga elemen-elemen dalam sektor ini juga harus dikaji secara hati-hati.

5. *Level partitioning*

Elemen-elemen diklasifikasikan ke dalam level yang berbeda dari struktur ISM yang akan dibentuk. Untuk tujuan ini dua perangkat diasosiasikan

dengan setiap elemen dalam sistem, yaitu *reachability set* (R_i) yang merupakan set elemen-elemen yang dapat dicapai oleh elemen E_i , dan *antecedent set* (A_i) yang merupakan set elemen-elemen di mana elemen E_i dapat dicapai.

6. *Canonical matrix*

Elemen-elemen dengan level yang sama dikelompokkan. Matriks ini selanjutnya digunakan untuk mempersiapkan *digraph*.

7. *Digraph*

Digraph adalah sebuah grafik dari elemen-elemen yang saling berhubungan secara langsung, dan level hirarki.

Pengumpulan data disesuaikan dengan penerapan metode *Intrepretative Structural Modelling* (ISM) yang akan digunakan dalam menganalisis. Data elemen dan sub-elemen ditentukan dengan kajian referensi dan wawancara mendalam dengan pakar yang relevan dengan kompetensi keilmuan, pengetahuan dan pengalaman. Parameter yang dianalisis adalah elemen dan sub-elemen berdasarkan pola hubungan yang terbentuk. Elemen yang dipilih dalam analisis ISM adalah:

- Pemangku kepentingan atau *stakeholders* yang terdiri dari Bupati Kabupaten Way Kanan, pakar kesehatan, tokoh masyarakat, pemerhati lingkungan, Kepala Dinas Kesehatan, NGO (*Non Government Organization*), Persatuan Ahli Epidemiology Indonesia (PAEI), dan Akademi Universitas Lampung.
- Aktivitas atau program yang dibutuhkan.

Dalam melakukan analisis data kualitatif yang didapat dari hasil kuesioner akan diubah menjadi data kuantitatif sehingga dapat memudahkan untuk menganalisis korelasi antara kualitas air sungai dengan kesehatan masyarakat. Secara lengkap hasil data kuesioner dapat dilihat pada link:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1XhZWPX1bULIzbl0leblIP1Qh2qfS-D8h/edit?usp=sharing&oid=110144848982805874077&rtpof=true&sd=true>

Adapun beberapa pertanyaan yang diajukan dalam kuesioner dikategorikan menjadi dua pertanyaan yaitu pertanyaan yang bersangkutan dalam hal kesehatan masyarakat dan pertanyaan tentang kualitas air sungai Way Umpu, pertanyaan-pertanyaan tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Sumber air bersih yang digunakan oleh bapak/sdr ini?
2. Apakah sumber air bersih yang bapak/ibu gunakan selalu tersedia?
3. Bagaimana jika pada musim kemarau apakah tetap mudah mendapatkan air bersih?
4. Fasilitas WC/MCK yang sekarang digunakan oleh bapak/ibu/sdr?
5. Apakah ada fasilitas kesehatan di lokasi anda?
6. Bila anggota keluarga anda menderita sakit sarana kesehatan yang dipilih adalah?
7. Sebutkan penyakit yang sering berjangkit di sekitar anda?
8. Sebutkan jenis penyakit yang sering anda alami?
9. Menurut bapak/ibu/sdr, apakah penyakit yang diderita terkait dengan sungai Way Umpu?
10. Aktivitas apa yang bapak/ibu/saudara lakukan sehari-hari di sungai Way Umpu?
11. Bagaimana menurut bapak/ibu/saudara dengan kondisi sungai Way Umpu?
12. Apakah menurut bapak/ibu/sdr sungai Way Umpu saat ini mengalami pencemaran?
13. Jika Ya, Sumber pencemaran sungai Way Umpu berasal dari:
14. Apa harapan bapak/ibu/sdr terhadap keberadaan sungai Way Umpu?
15. Menurut bapak/ibu/sdr apa saran dan masukan untuk menjaga sungai Way Umpu?

Sedangkan untuk analisis kadar logam berat pada sampel air sungai Way Umpu, sampel dianalisis dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung.

3.6. Alat dan Bahan

3.6.1. Alat

Alat yang digunakan adalah mikroskop binokuler, termometer, pipet tetes, botol sampel (botol kaca), pipa paralon dengan diameter 6 cm dan panjang 1,5 m, ayakan (*mess*), baki plastik, termos es, ember, gayung, lakban hitam, konduktometer, labu ukur 1000 mL, erlenmeyer, corong, gelas ukur 100 mL dan 1000 mL, pipet 10 mL, kertas saring ukuran 1 mm dan 0,45 mm, gelas *beaker* 100 mL dan 1000 mL, tabung refluks, rak tabung reaksi, *thermoreaktor*, *digestion solution* tinggi, inkubator 20 °C, *spektrofotometer direct*, pipet volume, batang pengaduk, *hot plate*, bola hisap, *magnetic stirrer*, penangas air, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merek (Shimadzu AA 700), neraca listrik (Mettler AE 204), *microwave simple*, lampu katoda tembaga (Cu), merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan mangan (Mn), pipa pvc, plastik sampel, *sentrifuge polietilen*, jaring bentos dengan ukuran 30 cm x 30 cm, *secchi disk* untuk mengukur kejernihan air, kertas label, pH meter, DO meter, botol *winkler*, desikator yang berisi silika gel, pompa, *stopwatch* dan tali rafia, saringan bermata saring 1,0 x 1,0 mm, nampan, mikroskop, botol plastik, pinset, COD meter.

3.6.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah, es batu, alkohol 70%, air suling dengan DHL < 1 jtmhos/cm, KCl 0,01 M, HCL, asam sulfat, akuades, MnSO₄, KOH-KI, H₂SO₄ pekat, larutan baku Na₂S₂O₃, indikator amilum, larutan sulfanilat, larutan NED Dihidroklorida, larutan natrium oksalat, larutan kalium permanganat, akuabides, NaCl 30 %, campuran brusin-asam sulfanilat, formalin 5% dan alkali azida. Secara lengkap semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam setiap prosedur penelitian. Bahan representatif pengambilan dan analisis sampel mengikuti prosedur Unit Pelaksanaan Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung yang telah mengacu standar metode SNI.

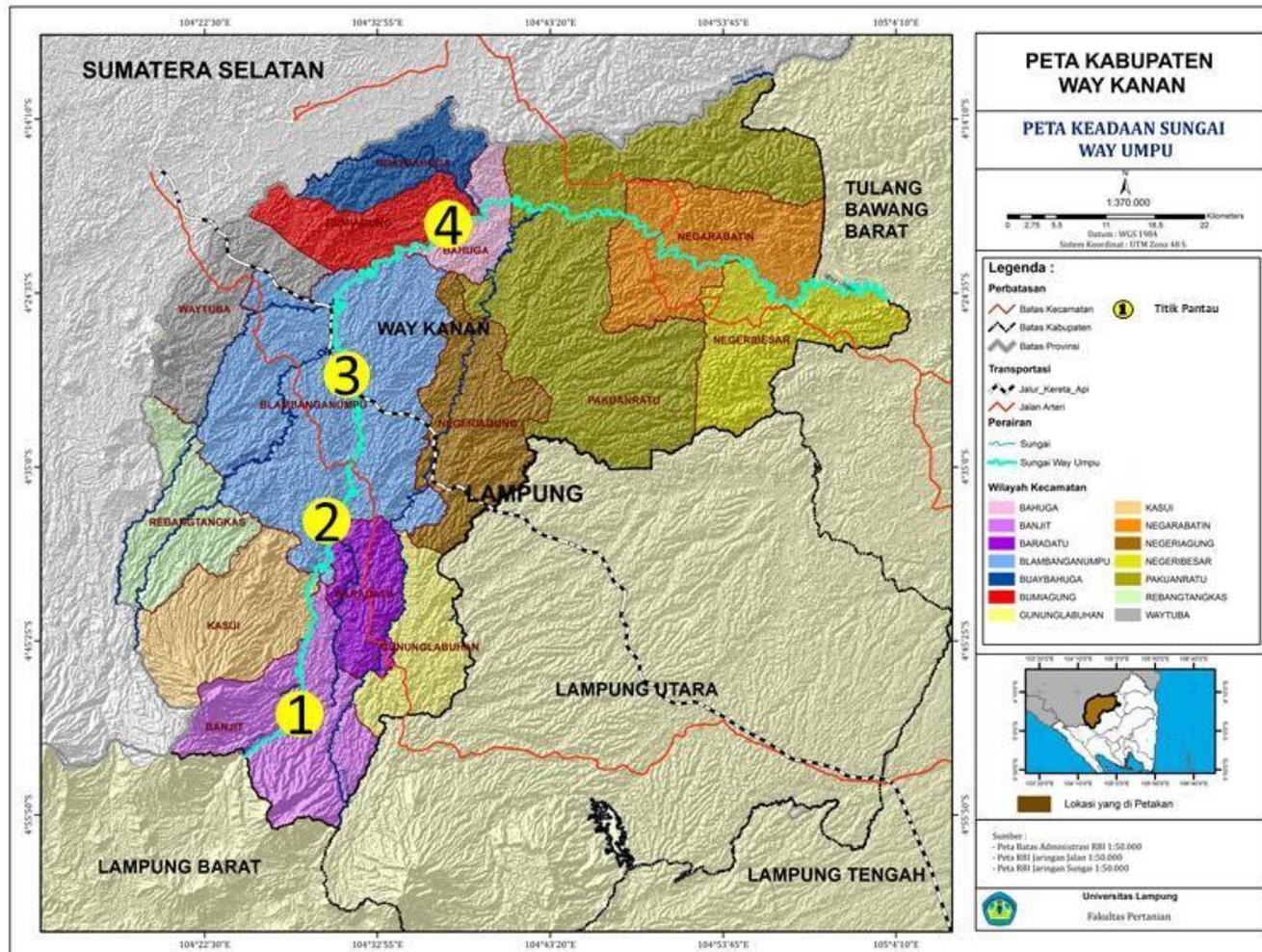
3.7. Cara Kerja

3.7.1. Penentuan Titik Lokasi

Lokasi pengambilan sampel dipilih dengan melihat pemanfaatan sungai dengan harapan dan hubungan antara faktor lingkungan dengan kesehatan masyarakat. Lokasi tersebut merupakan kawasan di sepanjang sungai Way Umpu dan mengambil 4 lokasi dan masing-masing dengan tingkat pemanfaatan yang berbeda-beda yaitu:

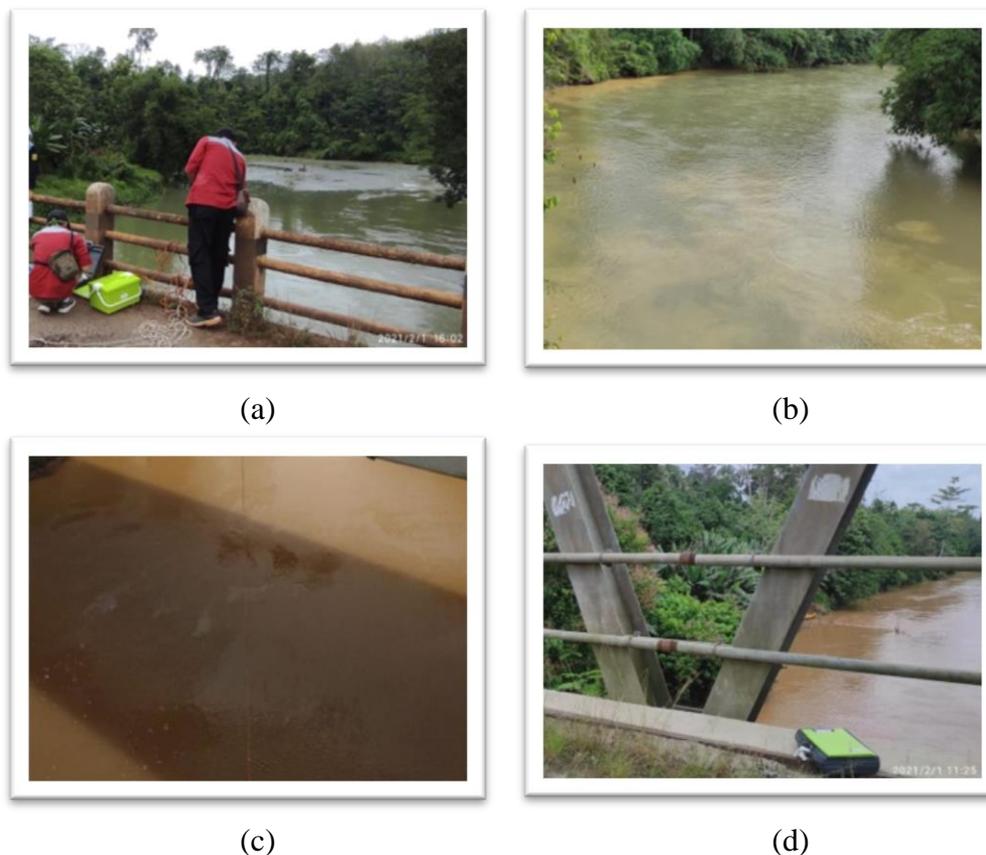
1. Daerah Kasui atau hulu sungai, yaitu lokasi di mana air sungai dimanfaatkan untuk mandi, mencuci kendaraan motor dan mobil.
2. Daerah Ojolali, yaitu lokasi di mana air sungai dimanfaatkan untuk kegiatan pertambangan, aktivitas perkebunan karet dan pemancingan.
3. Daerah Negeri Baru, yaitu lokasi yang digunakan untuk kegiatan pertambangan dan aktivitas perkebunan.
4. Daerah Blambangan Umpu atau hilir sungai, yaitu lokasi yang jarang dimanfaatkan oleh aktivitas masyarakat hanya untuk irigasi dan mengaliri persawahan.

Lokasi penelitian ditentukan dengan metode *purposive sampling* yaitu dengan memperhatikan berbagai pertimbangan kondisi di lokasi penelitian, yang dapat mewakili kondisi perairan secara keseluruhan. Lokasi ini dipilih untuk mengetahui hubungan antara pengaruh aktivitas tersebut dan kualitas air sungai. Masing-masing lokasi ditetapkan untuk pengambilan sampel untuk kualitas air. Pada Gambar 8 merupakan denah lokasi dari sungai Way Umpu yang menjadi tempat penelitian dan terdapat pula gambaran tentang 4 (empat) daerah yang dijadikan lokasi pengambilan sampel.



Gambar 8. Lokasi Penelitian

Empat daerah yang dijadikan lokasi pengambilan sampel air sungai Way Umpu dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Lokasi daerah sungai Way Umpu yang dijadikan sampel: (a). Kasui, (b). Ojolali, (c). Negeri Baru dan (d). Blambangan Umpu

3.7.2. Pengambilan Data Parameter Fisika, Kimia dan Biologi.

3.7.2.1. Parameter Fisika

Pada penelitian ini parameter fisika yang diamati adalah suhu, DHL (Daya Hantar Listrik), *Total Suspended Solid* (TTS), kecepatan arus, warna dan kekeruhan.

1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dengan cara mengambil air sampel di dekat dasar perairan dengan menggunakan termometer langsung dicelupkan ke dalam air sampai batas skala baca, biarkan 2-5 menit sampai skala suhu pada termometer menunjukkan angka yang stabil, kemudian dicatat hasil pengukuran suhu. Pembacaan skala termometer harus dilakukan tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air. Pengambilan data dilakukan pada tiap titik sampling.

2. Pengukuran Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik diukur dengan elektroda konduktometer dengan menggunakan larutan kalium klorida (KCl) sebagai larutan baku pada suhu 25 °C. Larutkan 0,7456 g kalium klorida, KCl anhidrat yang sudah dikeringkan pada suhu 110 °C selama 2 jam dengan air suling dan encerkan sampai volume 1000 mL. Larutan ini pada suhu 25 °C mempunyai daya hantar listrik 1413 jtmhos/cm. Kemudian membuat larutan baku kalium klorida, KCl 0,1 M, larutkan 7,4560 g kalium klorida. Larutan ini pada suhu 25 °C mempunyai daya hantar listrik 12900 jtmhos/cm. Selanjutnya membuat larutan baku kalium klorida, KCl 0,5 M, larutkan 37,2800 g kalium klorida. Larutan ini pada suhu 25 °C mempunyai daya hantar listrik 58460 jtmhos/cm.

3. Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS)

Metode pengujian *Total Suspended Solid* yang digunakan mengacu pada SNI 066989.3-2004 tentang cara uji padatan tersuspensi total atau *Total Suspended Solid* secara gravimetri dengan prinsip zat padat dalam air akan tertahan dalam saringan membran berdiameter 47 mm, kemudian dipanaskan pada suhu 103–105 °C selama minimal 1 jam hingga diperoleh berat tetap (APHA, 2017). Pengukuran dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung dengan tahapan yaitu diambil kertas saring *whatman* 41 lalu di oven selama 10 menit dengan suhu 25 °C, timbang kertas saring yang telah di oven, saring sampel air sungai sebanyak 500 mL–1 L, hasil saringan yang berupa kertas saring ditambah endapan di oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam, dan timbang hasil oven.

4. Pengukuran Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus dilakukan dengan menggunakan alat *stopwatch* dengan menggunakan ranting kayu.

5. Pengukuran Warna Sampel Air Sungai

Metode pengujian warna yang digunakan mengacu pada SNI 6989.80:2011 tentang cara uji warna secara Spektrofotometri. Pengukuran warna sampel air sungai dilakukan dengan cara membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu, yaitu disiapkan larutan baku 500 ppm PtCo, diencerkan menjadi 100 ppm sebanyak 2 mL; 200 ppm sebanyak 4 mL; 300 ppm sebanyak 6 mL; 400 ppm sebanyak 8 mL dan 500 ppm sebanyak 10 mL. Kelima larutan baku tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL. Kemudian diencerkan dan selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometri dengan panjang gelombang 560 nm. Pengujian sampel dilakukan jika pH diluar 4-10, atur hingga menjadi pH 7, lalu cuci kertas saring 0,45 mikrometer dengan akuades 50 mL, saring sampel uji, buang 25 mL awal, tampung 50 mL sisanya dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometri pada panjang gelombang 560 nm.

6. Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran sampel kekeruhan dengan menggunakan Turbidimeter. Pengukuran dilakukan pada tiap titik sampling.

3.7.2.2. Parameter Kimia

Pada penelitian ini parameter kimia yang diamati adalah derajat keasaman (pH), oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO), kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi atau *Chemical Oxygen Demand* (COD), ammonia (NH₃), nitrat dan nitrit, fosfat dan logam berat seperti kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), merkuri (Hg), mangan (Mn) dan timbal (Pb).

1. Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Metode pengujian derajat keasaman (pH) air tanah mengacu pada SNI 6989.11:2019. Pengukuran derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter. Elektroda pH meter dicelupkan ke sampel air sungai dan dilihat angka yang

tertera pada monitor pH hingga diketahui pH perairan tersebut stabil dan dicatat. Pengukuran dilakukan pada tiap titik sampling.

2. Pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO)

Metode pengujian *Dissolved Oxygen* (DO) mengacu pada SNI 06-6989 14-2004 tentang. Penentuan oksigen secara titrimetri dilakukan menurut metode standar *Winkler*, yaitu dengan memindahkan air sampel ke dalam botol sampel sampai meluap (jangan sampai terjadi gelembung udara), tutup kembali. Kemudian ditambahkan 2 mL mangan sulfat (MnSO_4), dan 2 mL NaOH-KI. Penambahan reagen-reagen ini juga dengan memasukkan pipet di bawah permukaan botol. Tutup dengan hati-hati dan aduk dengan membolak-balik botol ± 8 kali. Biarkan beberapa saat hingga endapan cokelat terbentuk dengan sempurna. Selanjutnya menambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati, aduk dengan cara yang sama hingga semua endapan larut. Kalau endapan belum larut semua, tambahkan lagi 0,5 mL H_2SO_4 pekat. Kemudian mengambil 100 mL air dari botol sampel tersebut dengan menggunakan gelas ukur, masukkan dalam erlenmeyer, usahakan jangan sampai terjadi aerasi. Selanjutnya titrasi dengan Na-Thiosulfat 0,025 N hingga terjadi perubahan warna dari kuning tua ke kuning muda. Tambahkan 5-8 tetes indikator amilum hingga terbentuk warna biru. Lanjutkan titrasi dengan Na-Thiosulfat hingga tepat tidak berwarna (bening).

3. Pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Metode pengujian *Biochemical Oxygen Demand* mengacu pada SNI 06-6989.14-2004 tentang cara uji oksigen terlarut secara Iodometri (modifikasi azida) dan SNI 6989.72-2009 tentang cara uji BOD. Setelah sampel air diambil dari empat titik lokasi pengambilan sampel (bagian tengah dan pinggir sungai) dengan menggunakan gayung, kemudian mencampurkannya dalam sebuah ember, lalu dimasukkan ke dalam botol kaca sebanyak ± 100 mL, dan mengawetkannya dengan cara menutup rapat seluruh bagian botol dengan menggunakan lakban hitam lalu dimasukkan ke dalam termos berisi es. Kemudian dilakukan persiapan uji sampel dengan menyiapkan akuades

kemudian di aerasi selama kurang lebih 5 menit. Akuades hasil aerasi kemudian dimasukkan ke dalam botol *winkler* dan dilabeli dengan kode DO. Langkah selanjutnya, diambil 2,5 mL sampel air sungai kemudian dimasukkan ke dalam botol *winkler*. Selanjutnya diencerkan dengan akuades aerasi, kemudian botol *winkler* dilabeli dengan kode PO. Selanjutnya kedua sampel tersebut langsung dilakukan pengujian.

Normalitas larutan baku natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Disiapkan erlenmeyer 250 mL lalu dimasukkan larutan baku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N sebanyak 10 mL dan diencerkan dengan akuades 40 mL. Selanjutnya ditambahkan KI murni 0,5 gr dan H_2SO_4 1 mL larutan menjadi berwarna *orange* pekat. Kemudian larutan tersebut dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N larutan akan berubah warna menjadi kuning. Langkah selanjutnya yaitu dengan menambahkan indikator amilum 1-2 mL dan apabila warna larutan berubah menjadi hijau lumut selanjutnya dapat dititrasi kembali dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N sampai warna larutan menjadi biru muda. Setelah dilakukan persiapan uji sampel, selanjutnya dilakukan pengujian sampel dengan cara sampel air sungai dimasukkan ke dalam botol *winkler*. Ditambahkan MnSO_4 1 mL dan KOH-KI 1 mL lalu dikocok. Apabila terbentuk endapan maka ditambahkan H_2SO_4 1 mL dan dikocok kembali sampai endapan larut. Kemudian larutan tersebut diambil sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan selanjutnya dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N. Warna larutan akan berubah menjadi kuning muda. Selanjutnya ditambahkan 3-4 tetes indikator amilum, dilihat perubahan warnanya apabila larutan berwarna biru maka dititrasi kembali dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai larutan menjadi bening.

4. Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Metode pengujian *Chemical Oxygen Demand* yang digunakan mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 tentang cara uji kebutuhan oksigen kimiawi dengan refluks tertutup secara Spektrofotometri. Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah, membuat larutan pencerna dengan menambahkan 10,216 gr $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 159 °C selama 2 jam selanjutnya

masukkan ke dalam 500 mL air suling dan tambahkan 167 mL H₂SO₄ pekat dan 33,3 gr HgSO₄ selanjutnya dinginkan dengan suhu ruangan encerkan sampai 1000 mL. Prosedur selanjutnya membuat larutan pereaksi dengan menambahkan serbuk Ag₂SO₄ teknis ke dalam H₂SO₄ dengan perbandingan 10,12 gr Ag₂SO₄ untuk setiap 1000 mL H₂SO₄ pekat. Selanjutnya pengujian menggunakan Spektrofotometri, siapkan blangko dengan cara masukkan 1,5 mL akuades ke dalam botol uji, tambahkan larutan pencerna sebanyak 1,5 mL, tambahkan larutan pereaksi sebanyak 3,5 mL tutup dan kocok, masukkan ke dalam mesin refluks. Selanjutnya dilakukan *thermoreactor* selama kurang lebih 2 jam, setelah itu didinginkan pada suhu ruangan dan terakhir ditentukan absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm.

5. Pengukuran Ammonia (NH₃)

Metode pengujian ammonia (NH₃) yang digunakan mengacu pada SNI 19-7119.1-2005. Dalam suasana basa, ammonia bereaksi dengan natrium hipoklorit membentuk senyawa monokloramin. Senyawa monokloramin yang terbentuk ekuivalen dengan kadar amonia dalam sampel. Dengan adanya senyawa fenol dan hipoklorit berlebihan, akan menghasilkan senyawa indofenol yang berwarna biru. Kemudian warna biru yang terbentuk akan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 650 nm. Cara kerja untuk mengetahui nilai ammonia yaitu pertama dengan menyaring sebanyak 25-50 mL sampel dengan kertas saring *Millipore* 0,45 µm atau yang setara. Kemudian dipipet 2,0 mL sampel yang telah disaring, dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 2,0 mL H₃BO₃ 1%, diaduk. Ditambahkan 3,0 mL larutan pengoksid fosfat (campuran antara asam sulfat 2,5 M, asam askorbat dan ammonium *molybdate*) diaduk. Biarkan satu jam, agar terjadi reaksi yang sempurna. Diukur kadar amonium dengan menggunakan Spektrofotometer DREL 2800 dalam satuan mg/L pada panjang gelombang 420 nm. Dicatat nilai amonium yg tertera di layar Spektrofotometer DREL 2800.

Dibuat larutan blanko dari 2,0 mL akuades. Lakukan prosedur sebelumnya. Dibuat satu seri larutan standar fosfat dengan konsentrasi (ppm) sebagai berikut: 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 ppm dari larutan standar 5 ppm, dengan pengenceran yang tepat (gunakan pipet dan labu takar yang sesuai). Lakukan prosedur sebelumnya. Diukur air sampel dan standar dengan Spektrofotometer pada panjang gelombang 650 nm (gunakan akuades untuk set alat pada “Absorbance” = 0,000 kemudian ukur sampel dan larutan standar). Dibuat grafik atau persamaan regresi ($Y = A + B.x$) dari larutan standar. Sumbu x sebagai konsentrasi (ppm) amonium dan sumbu Y sebagai nilai “absorbance” (A) atau “transmittance” (T). Nilai A atau T air sampel diplotkan pada grafik atau disubstitusikan dalam persamaan regresi, sehingga diperoleh kadar amonium di perairan.

6. Pengukuran Nitrat dan Nitrit

Metode pengujian nitrat dan nitrit yang digunakan mengacu pada SNI 06-69897.9-2011 dan 6989.9-2004. Adapun prosedur yang dilakukan pada preposisi sampel untuk penetapan kadar nitrat adalah dipipet 10 mL sampel, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL. Ditambahkan 2 mL NaCl dan 10 mL asam sulfat aduk perlahan-lahan dan dibiarkan sampai dingin. Ditambahkan 0,5 mL campuran brusin-asam sulfanilat aduk perlahan-lahan dan panaskan di atas penangas air pada suhu tidak melebihi 95 °C selama 20 menit, kemudian dinginkan. Dimasukkan ke dalam kuvet pada alat Spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya.

Prosedur yang dilakukan pada preposisi sampel untuk penetapan kadar nitrit adalah dipipet 50 mL sampel, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Ditambahkan 1 mL larutan asam sulfanilat. Dibiarkan larutan selama 2-8 menit. Ditambahkan 1 mL larutan naftil etilendiamin dihidroklorida. Diaduk paling lama 10 menit, tetapi tidak lebih dari 2 jam. Dimasukkan ke dalam kuvet pada alat Spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya. Prosedur analisa sampel dilakukan dengan cara dipindahkan sampel yang telah dipreparasi ke dalam kuvet 10 mm-*cell*. Ditempatkan kuvet ke dalam

ruang sel. Dimasukkan autoselektor NO_2 dan NO_3 ke dalam alat Spektrofotometer. Konsentrasi pada nitrit dan nitrat akan terbaca pada layar Spektrofotometer.

7. Pengukuran Fosfat

Metode pengujian fosfat yang digunakan mengacu pada SNI 6989.31-2005. Analisis fosfat dilakukan dengan cara mengambil sampel air kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel, selanjutnya disimpan ke dalam *cool box* untuk dianalisis di laboratorium. Dalam larutan asam, *orthophosphate* bereaksi dengan ammonium *molybdate* membentuk senyawa kompleks ammonium *phosphomolybdate*. Dengan suatu pereaksi reduksi (metode *Stannous Chloride*), *molybdenum* dalam senyawa kompleks tersebut dapat tereduksi menjadi senyawa yang berwarna biru. Intensitas warna biru bertambah dengan semakin besarnya kadar fosfat terlarut yang ada. Cara kerja untuk mendapatkan nilai fosfat yaitu dengan menyaring sebanyak 25-50 mL air sampel dengan kertas saring *Millipore* 0,45 μm atau yang setara. Pipet 2,0 mL air sampel yang telah disaring, masukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 2,0 mL H_3BO_3 1%, diaduk. Ditambahkan 3,0 mL larutan pengoksida fosfat (campuran antara asam sulfat 2,5 M, asam *ascorbic* dan *ammonium molybdate*) diaduk. Biarkan satu jam, agar terjadi reaksi yang sempurna. Diukur kadar fosfat dengan menggunakan Spektrofotometer DREL 2800 dalam satuan mg/L pada panjang gelombang 420 nm. Dicatat nilai fosfat yg tertera di layar Spektrofotometer DREL 2800.

Membuat larutan blanko dari 2,0 mL akuades. Dilakukan prosedur sebelumnya. Membuat satu seri larutan standar fosfat dengan konsentrasi (ppm) sebagai berikut: 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 ppm dari larutan standar 5 ppm, dengan pengenceran yang tepat (gunakan pipet dan labu takar yang sesuai). Dilakukan prosedur sebelumnya. Diukur air sampel dan standar dengan Spektrofotometer pada panjang gelombang 650 nm (gunakan akuades untuk set alat pada "*Absorbance*" = 0,000 kemudian ukur sampel dan larutan standar. Untuk menentukan konsentrasi fosfat, dengan

menggunakan persamaan regresi ($Y = A + B.x$) dari larutan standar sumbu X sebagai konsentrasi (ppm) fosfat dan sumbu Y sebagai nilai “*absorbance*” (A) atau “*transmittance*” (T). Nilai A atau T air sampel disubstitusikan dalam persamaan regresi, sehingga diperoleh kadar fosfat di perairan.

8. Pengukuran Logam Berat (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn dan Pb)

Metode pengujian logam berat yang digunakan mengacu pada SNI 6989-84:2019. Adapun proses pertama dalam pengukuran konsentrasi logam berat adalah proses destruksi sampel, yaitu sampel dimasukkan ke dalam *beaker* teflon secara merata agar mengalami proses pengeringan sempurna di dalam oven pada suhu 105 °C selama 4 jam. Sampel sedimen yang telah kering ditumbuk sampai halus dan diayak dengan ayakan 150 µm, lalu sampel tersebut ditimbang dengan timbangan analitik sebanyak 0,4 gr kemudian dimasukkan ke dalam vesser ditambahkan HNO₃ 9 mL dan HF 3 mL dipanaskan dalam *microwave* sampel pada suhu 180°C dengan tekanan 30 bar selama 25 menit sampai semua sedimen larut. Selanjutnya sampel didinginkan pada suhu ruangan dan disaring dengan kertas *whatman* ke dalam labu ukur 50 mL, ditambahkan asam borat jenuh 3 mL dan akuabides hingga tanda batas 50 mL. Kemudian diukur dengan AAS menggunakan nyala udara asetilen.

Selanjutnya pembuatan kurva kalibrasi. Larutan standar sampel dimasukkan dalam tabung reaksi yang tersedia pada alat AAS, dilakukan pengaturan pada komputer alat AAS penggunaannya, dihidupkan api dan lampu katoda AAS, posisi lampu juga diatur untuk memperoleh serapan maksimum. Kemudian diaspirasi larutan standar ke dalam nyala udara asetilen, penunjukan hasil bacaan pengukuran harus nol. Secara berturut-turut larutan baku dianalisis menggunakan AAS, hasil pengukuran serapan atom akan dicatat kemudian dihitung untuk mendapatkan konsentrasi logam pada larutan sampel. Kadar logam berat akan dihitung berdasarkan nilai konsentrasi regresi yang ditampilkan pada AAS. Konsentrasi regresi diperoleh berdasarkan nilai regresi kurva kalibrasi.

3.7.2.3. Parameter Biologi

Pada penelitian ini parameter biologi yang diamati yaitu bakteri Total *Coliform* dan *Fecal Coliform* serta keberadaan makrozoobentos dalam perairan sungai Way Umpu. Sebelum mengambil sampel makrozoobentos, terlebih dahulu mengambil sampel air untuk uji fisika dan kimia. Hasil analisa uji fisika dan kimia ini selanjutnya dijadikan sebagai data pendukung atau pelengkap. Pengambilan data biologi yaitu berupa keragaman makrozoobentos di sungai Way Umpu yang akan dilakukan di empat titik yaitu daerah hulu, daerah tengah atau antara sungai dan daerah hilir sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu surut terendah yakni pada pagi hari dengan alasan agar mempermudah dalam pengambilan sampel dan tidak terkendala dengan arus.

Pengambilan sampel air sungai ini diambil dari setiap lokasi. Cara kerja pengambilan sampel air sungai yaitu yang pertama dengan cara mengambil sampel air sungai sebelum ada orang masuk ke dalam sungai yang ada di area penelitian. Hal ini dilakukan untuk menghindari kekeruhan. Mengambil air sungai dengan botol yang bersih. Perkirakan volume air sungai yang diambil agar tidak kekurangan pada saat pengujian. Menutup botol yang sudah berisi sampel air sungai. Memberi label pada botol yang berisi sampel air sungai, pada label dituliskan tanggal, bulan, tahun, dan tempat pengambilan sampel. Menyimpan botol yang berisi sampel air sungai. Melakukan uji kimia yang dapat dilakukan langsung di lapangan seperti suhu dan pH.

Tahap persiapan dilakukan dengan proses pengambilan sampel di setiap lokasi yang akan diteliti dilakukan pengeplotan terlebih dahulu dengan membentangkan tali yang nanti berbentuk kotak dengan luas 5 x 5 m. Pengeplotan dilakukan sebanyak empat kali pada masing-masing titik lokasi pengambilan sampel. Tahap pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan cara sampel diambil dengan menggunakan jaring bentos dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Sampel yang telah diamati dituangkan ke dalam nampan plastik, kemudian disaring dengan saringan bermata saring 0,1 x 0,1

mm untuk memisahkan spesimen dengan sampah. Spesimen diambil dengan pinset dan dimasukkan ke dalam botol plastik yang telah diisi larutan formalin 5% atau alkohol 70% untuk mengawetkan kemudian diteliti di Laboratorium. Di laboratorium spesimen diletakkan di cawan petri kemudian diamati menggunakan mikroskop binokuler untuk diidentifikasi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Telah dilakukan penelitian mengenai penentuan kualitas air Sungai Way Umpu di Kabupaten Way Kanan dan dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil parameter fisika, kimia dan biologi serta hasil analisis nilai indeks pencemaran, diketahui bahwa kualitas air sungai Way Umpu dalam kondisi baik atau tidak tercemar di lokasi pengambilan sampel Kasui, Ojolali dan Blambangan Umpu, sedangkan pada lokasi Negeri Baru kondisi sungai telah tercemar ringan. Rendahnya konsentrasi oksigen pada air sungai di daerah Negeri Baru, merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas air sungai menjadi kondisi tercemar ringan, hal ini dibuktikan dengan tingginya konsentrasi COD dan BOD yang melewati baku mutu. Sehingga pada daerah Negeri Baru akan sulit untuk sungai mengalami *purification* karena konsentrasi oksigen yang dibutuhkan sangat rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis statistik korelasi *Pearson*, diketahui bahwa terdapat korelasi atau terdapat hubungan yang signifikan antara kesehatan masyarakat terhadap kualitas air Sungai Way Umpu, hal ini dibuktikan dengan nilai $p\text{-value} = 3,086 \times 10^{-6}$, lebih kecil dari nilai taraf signifikan ($\alpha = 0,05$), sehingga keputusan tolak H_0 . Terdapat pola hubungan antara sumber pencemaran sungai Way Umpu, lingkungan dan kesehatan masyarakat, di mana setiap terjadi pencemaran air sungai way umpu sebesar 0,366 maka akan terjadi gangguan kesehatan masyarakat sebesar 1 yang dibuktikan dengan hasil analisis statistik model regresi.
3. Kendala utama yang dihadapi dalam pengelolaan sungai Way Umpu adalah “Perilaku dan kebiasaan masyarakat pinggir sungai yang membuang limbah domestik ke sungai” dan “Rendahnya kesadaran/kepedulian masyarakat

terhadap pengelolaan sungai”. Kendala sekunder lainnya adalah “Lemahnya penegakan aturan terhadap perlindungan Sungai”, “Kebijakan pemerintah daerah belum sepenuhnya dilakukan untuk pengelolaan sungai”, dan “Masih terdapat kegiatan penambangan di pinggir sungai”. Program Utama dalam mendukung pengelolaan Sungai Umpu adalah Program berbasis masyarakat yaitu “Pelibatan Masyarakat dalam Pengelolaan Sungai Way Umpu yang berkelanjutan” dan melaksanakan kegiatan Utama lainnya yaitu “Program Peningkatan Kesadaran Masyarakat dalam Menjaga Lingkungan Sungai Way Umpu”.

4. Model strategi kebijakan yaitu Pertama, Peningkatan Kesadaran Masyarakat dalam menjaga lingkungan Sungai Way Umpu dan Meningkatkan derajat kesehatan masyarakat yang bermukim di sekitar area Sungai Way Umpu dengan Penyediaan Sarana dan Prasarana Kesehatan Masyarakat yang memadai. Kedua, Optimalisasi Tata Kelola Sungai Way Umpu Sebagai Sumber Daya Kabupaten Way Kanan dengan penyesuaian regulasi, penegakkan aturan terhadap perlindungan sungai dari aktivitas pencemaran, dan pelibatan masyarakat secara partisipatif. Ketiga, Memberi dukungan dalam pengelolaan Sungai Way Umpu yang berkelanjutan dengan pemanfaatan Sungai Way Umpu sebagai kawasan Ekowisata Sungai.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pada penelitian selanjutnya disarankan :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sebuah gerakan untuk meningkatkan kualitas air Sungai Way Umpu dan mengurangi dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. Cara menanggulangnya dapat dimulai dari masyarakat sekitar terlebih dahulu.
2. Perlu dilakukan pengendalian perkembangan kawasan pemukiman dan dampak lingkungan untuk kedepannya apabila akan didirikan aktivitas industri ataupun aktivitas masyarakat yang lain. Sehingga dengan adanya gerakan atau kebiasaan dari warga dan regulasi dari pihak yang berwenang

maka akan timbul kesehatan lingkungan yang lebih baik lagi untuk daerah sungai Way Umpu dan masyarakat sekitarnya.

3. Perlu dilakukan analisis dan pemahaman mengenai *Triangle Theory* yaitu interaksi antara tiga komponen penyebab penyakit, yaitu manusia (*host*), penyebab (*agent*), dan lingkungan (*environment*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., and Abbasi, S. 2012. *Water Quality Indices, Water Quality Indices*. Oxford: Elsevier. doi: 10.1016/C2010-0-69472-7.
- Achmadi, U.F. 2005. Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah. PT Kompas Media Nusantara. Jakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. Vol. 3 (4).
- Achmadi U.F. 2012. *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Depok: Rajawali Pers. Jakarta.
- Adnani, H. 2011. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Nuha Medika. Yogyakarta.
- Adhynugraha, S. 2006. Potensi dan Permasalahan Pengembangan Perkebunan Kelapa Sawit Skala Besar di Kalimantan Timur. *Jurnal Borneo Administrator*. Vol. 2(2). <https://doi.org/10.24258/jba.v2i2.22>
- Agustin, K.R. 2014. Studi Kualitas Air Sumur Gali Penduduk Dilihat dari Fisik, Kimia, dan Bakteriologis Serta Gambaran Konstruksi Sumur Gali di Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang (*Skripsi*). Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Medan. Medan.
- Agustina, T. 2010. Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan. *Teknubuga*, Vol. 2(2): 53-65.
- Agustiningsih, D. 2012. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai (*Tesis*). Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- Alaerts, G., dan Santika S.S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Alamsyah, B. 2007. Pengelolaan Limbah di Rumah Sakit Pupuk Kaltim Bontang untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan (*Tesis*). Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Alimuddin, K. 2016. Keanekaragaman Makrozoobentos Epifauna pada Perairan Pulau Lae-Lae Makassar (*Skripsi*). Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauddin Makassar.
- Alina, M., Azrina, A., Mohd Yunus, A.S., Mohd Zakiuddin, S., Mohd Izuan Effendi, H. and Muhammad Rizal, R. 2012. Heavy Metals (Mercury, Arsenic, Cadmium, Plumbum) In Selected Marine Fish And Shellfish Along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal*, Vol. 19(1): 135-140.

- Amaal, M., Abdel-Satar, Ali, M., and Goher, M. 2016. Indices of Water Quality and Metal Pollution of Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, Vol. 43: 21-29.
- Andaka, G. 2008. *Penurunan Kadar Tembaga Pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak Dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri. Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Yogyakarta.
- Anggraeni, T.D. 2016. *Teknik Kultur Nitzschia sp. dari Skala Laboratorium sampai Skala Intermediet di Balai Budidaya Perikanan Air Payau (BPBAP) Situbondo*. Program Studi S-1 Budidaya Perairan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Anonim. 1991. SNI 06-2412-1991. *Tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anzani, Y.M. 2012. Makrozoobenthos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Ciambulawung, Lebak, Banten (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- APHA. 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 23th Edition*. America Public Health Association. Hal: 8-57.
- Arao, T., dan Ishikawa, S. 2006. Genotypic Differences in Cadmium Concentration and Distribution of Soybean and Rice. *Japan Agricultural Research Quarterly*, Vol. 40(1): 21-30. doi: 10.6090/jarq.40.21.
- Argonne National Laboratory, EVS. 2005. *Uranium, Radium and Thorium*. Human Health Fact Sheet.
- Arnia, dan Warganegara, E. 2007. Identifikasi Kontaminasi Bakteri Coliform pada Daging Sapi Segar yang Dijual di Pasar Sekitar Kota Bandar Lampung. *Medical Journal of Lampung University*, 43-50.
- Artanti, N.W. 2013. Hubungan Antara Sanitasi Lingkungan, Higiene Perorangan, dan Karakteristik Individu dengan Kejadian Demam Tifoid di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu Kota Semarang Tahun 2012 (*Skripsi*). Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ayuningtyas. 2009. *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi, Surakarta*. Laporan Khusus, Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Khusus, Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 10-11.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Way Kanan. 2021. *Kabupaten Way Kanan Dalam Angka 2021*. Way Kanan.
- Barus, T.A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Universitas Sumatera Utara Press. Medan.
- Basic Human Services (BHS). 2006. *Penggunaan Fasilitas Tempat Buang Air Besar*.

- Bateman, A.M., dan Jensen, M.L. 1981. *Economic Mineral Deposits*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Batubara, S.R. 2011. Hubungan Kualitas dan Penggunaan Air Sungai Belumai dengan Keluhan Kesehatan pada Pengguna Air di Kecamatan Tanjung Morawa (*Tesis*). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Bolaños, R., Fontela, E., Nenclares, A., Pastor, P. 2005. Using Interpretive Structural Modelling in Strategic Decision-Making Groups. *Management Decision*, Vol. 43(6): 877-895. <http://dx.doi.org/10.1108/00251740510603619>.
- Boyd, C.E. 1982. *Water Quality Management For Pond Fis Culture. Department Of Fisheries and Allied Aquaculture*. Auburn University Alabama. Agricultural Experiment Station. 318 page.
- Budiono, A. 2002. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. *Makalah Pengantar Falsafah Sains*. Bogor.
- Buhani dan Suharso. 2016. *Modifikasi Silika Sebagai Penyerap Logam Berat*. Edisi 1. Innosain. Jakarta. Hal: 167-180.
- Buhani, Hariyanti, F., Suharso, Rinawati, and Sumadi. 2019. Magnetized algae-silica hybrid from Porphyridium sp. biomass with Fe₃O₄ particle and its application as adsorbent for the removal of methylene blue from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, 142 (2019) 331–340. doi: 10.5004/dwt.2019.23533.
- Buhani, Suharso, Luziana, F., Rilyanti, M., and Sumadi. 2019. Production of adsorbent from activated carbon of palm oil shells coated by Fe₃O₄ particle to remove crystal violet in water. *Desalination and Water Treatment*, 171 (2019) 281–293. doi: 10.5004/dwt.2019.24776.
- Buhani, Suharso, Miftahza, N., Permatasari, D., and Sumadi. 2021. Improved Adsorption Capacity of Nannochloropsis sp. through Modification with Cetyltrimethylammonium Bromide on the Removal of Methyl Orange in Solution. *Hindawi Adsorption Science & Technology*, Vol. 2021: 1-14. <https://doi.org/10.1155/2021/1641074>
- Buhani, Suharso, dan Noviadi, R. 2018. Pembuatan Kompos Dari Limbah Pertanian Sebagai Solusi Pengadaan Pupuk Secara Mandiri Oleh Masyarakat Di Desa Way Tuba Dan Campur Asri Kabupaten Way Kanan. *Jurnal Pengabdian*, Vol. 1(2): 45-53.
- Buhani, Wijayanti, T.A., Suharso, Sumadi, and Ansori, M. 2021. Application of modified green algae Nannochloropsis sp. as adsorbent in the simultaneous adsorption of Methylene Blue and Cu(II) cations in solution. *Sustainable Environment Research*, (2021) 31:17. <https://doi.org/10.1186/s42834-021-00090-y>
- Buyang, Y. 2013. Analisis Kadar Kadmium dan Timbal Pada Air di Lima Lokasi Sungai Totok Sulawesi Utara. *Jurnal Agricola*. Vol. 3 (1). DOI:<https://doi.org/10.35724/ag.v3i1.119>

- Candra, A. 2010. Demam Berdarah Dengue: Epidemiologi, Patogenesis dan Faktor Penularan. *Jurnal Aspirator*, Vol. 2(2): 110-119.
- Canter. 1996. *Environmental Impact Assessment*. McGraw Hill. New York.
- Chakraborty, K., Praveen, N.K., Vijayan, K.K., and Rao, G.S. 2013. Evaluation of Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Brown Seaweeds Belonging to *Turbinaria* spp. (Phaeophyta, Sargassaceae) Collected from Gulf of Mannar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 3(1): 8-16. doi:10.1016/S2221-1691(13)60016-7
- Chandra, B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Chen, C.H., Shimada, T., Elhadi, N., Radu, S., Nishibuchi, M. 2004. Phenotypic and Genotypic Characteristics and Epidemiological Significance of ctx Strains of *Vibrio cholerae* Isolated from Seafood in Malaysia. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 70(4): 1964–1972. doi:10.1128/AEM.70.4.1964-1972.2004
- Citri Priyono, T.S., Yuliani, E., Sayekti, R.W. 2013. Studi Penentuan Status Mutu Air di Sungai Surabaya untuk Keperluan Bahan Baku Air Minum. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*. Vol. 4(1): 53–60.
- Clark, J.J., and Hindelang, T.J. 1989. *Capital Budgeting: Planning and Control of Capital Expenditures*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Connell dan Miller. 1995. *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*. Indonesia University Press, Jakarta. Hal 222-223.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Hal 96-99. Indonesia University Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Hal 140-141. Indonesia University Press. Jakarta.
- Day and Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kualitatif*, Edisi Enam. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Desmawati, E., 2014. *Sistem Informasi Kualitas Air Sungai di Wilayah Sungai Seputih Sekampung (Tesis)*. Magister Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Dike, N.I., Oniye, S.J., Ajibola, V.O., and Ezealor, A.U. 2010. Nitrate and Phosphate Levels in River Jakara, Kano State, Nigeria. *Science World of Journal*, Vol. 5(3): 23-27.
- Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Daerah Kabupaten Way Kanan. 2015. *Laporan Akhir Penyusunan Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Minum (RI SPAM) Kabupaten Way Kanan*. Way Kanan.
- Direktur Jenderal Peraturan Pemerintah dan PL. Depkes RI. 2011. *Pedoman Nasional Tatalaksana Klinis Infeksi HIV dan Terapi Antiretroviral pada Orang Dewasa*. Jakarta.

- Dix, H.M. 1981. *Environmental Pollution*. John Willey and Sons Inc. Chichester. New York.
- Djabu, U. 1991. *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah pada Institusi Pendidikan Sanitasi Kesehatan atau Lingkungan*. Depkes RI Pusat Pendidikan Tenaga Kesehatan. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Eriyatno. 2012. *Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen*. Surabaya (ID): Guna Widya.
- Eriyanto, Rasdan, R., Affandi, M.J., dan Machfud. 2013. Analisis Struktur Program Penguatan Bisnis Pemula bagi Wirausaha Pemuda Menggunakan Interpretive Structural Modelling. *Jurnal Aplikasi Manajemen*, Hal: 1693-5241.
- Fachrul, M.F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. Hal.124.
- Fadhil, R., Maarif, M.S., Bantacut, T., and Hermawan, A. 2018. Formulation for Development Strategy of Gayo Coffee Agroindustry Institution Using Interpretive Structural Modelling (ISM). *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Vol. 66(2): 487–495. <https://doi.org/https://doi.org/10.11118/actaun201866020487>.
- Fadhilah, R., Katharina, O., dan Nur, A.Y.R. 2018. The Pollution Profile of Citarik, Cimande, and Cikijing Rivers in Rancaekek District, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, Vol. 2(1): 14-26. DOI:<http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v2i1.3551>
- Fadilla MI., Muttaqin Z., Astriani N. 2020. Implementasi Instrumen Pengawasan Terhadap Izin Lingkungan Pada Kegiatan Usaha Di Daerah Aliran Sungai Citarum. *Jurnal Ilmiah Galuh Justisi*, Vol. 8(1).
- Fair, G.M., Geyer, J.C., and Okun, D.A. 1986. *Water and Wastewater Engineering Volume: 2 Water Purification and Wastewater Treatment Disposal*. John Willey & Sons Inc. New York.
- Fajri, N.E. 2001. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (*C. cucullata*) di Perairan Pesisir Kec. Pedes, Kab Karawang, Jawa barat (*Tesis*). Pascasarjana IPB. Bogor.
- Fardiaz, S. 1992. *Pencemaran Air dan Udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Farida, S.S., Firmansyah, Y.W., Widiyantoro, W., Fuadi, M.F., Afrina, Y.,Hardiyanto, A. 2021. Dampak Pencemaran Sungai di Indonesia Terhadap Gangguan Kesehatan. *Jurnal Riset Kesehatan*. Vol. 13(1). <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1829>
- Fatmawati., R., Masrevaniah, A., dan Solichin., M. 2012. Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw. *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 3(2): 122-131.
- Gabriel, J.F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Penerbit Hipokrates. Jakarta.

- Garno, Y.S. 2000. Peran Teknologi Lingkungan Dalam Pengelolaan Sumber daya Lingkungan Perairan DAS Citarum Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3(3): 187-194.
- Ginting, E. 2006. Persepsi Ibu tentang Label Makanan Kemasan Anak Sekolah Dasar (*Skripsi*). Program Studi Gizi Masyarakat dan Sumber daya Keluarga. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Cetakan Pertama. Penerbit Yrama Widya. Bandung.
- Gunalan, D. E. A. 1993. *Penerapan Bioremediasi Untuk Melenyapkan Polutan Organik Dari Lingkungan*. Makalah Diskusi Panel. Kongres Nasional Perhimpunan Miobiologi Indonesia. Universitas Erlangga. Surabaya.
- Halder, J., and Islam, N. 2015. Water Pollution and Its Impact on The Human Health. *Journal of Environment and Human*, Vol. 2(1): 36–46.
- Hamrat, H. dan Pramudyanto, B. 2007. *Pengawasan Industri Dalam Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Granit. Jakarta.
- Hammer, M.J. 1986. *Water and Wastewater Technology*. Prentice-Hall International Inc. New Jersey.
- Hawthorne, R.W. and Sage, A.P. 1975. On Applications of Interpretive Structural Modelling to Higher Education Program Planning. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 9(1): 31-43. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(75\)90039-7](https://doi.org/10.1016/0038-0121(75)90039-7).
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Hendra. 2020. “Sejarah Sungai Way Umpu”. *Wawancara Pribadi*: 4 Juli 2020, Way Kanan.
- Hendrawan, D. 2005. Kualitas Air Sungai dan Situ di DKI Jakarta. *Makara Journal of Technology*, Vol. 9(1): 13-19. DOI:[10.7454/mst.v9i1.315](https://doi.org/10.7454/mst.v9i1.315)
- Henson, M.C., and Chedrese, P.J. 2004. Endocrine Disruption by Cadmium, A Common Environmental Toxicant with Paradoxical Effects on Reproduction. *Experimental Biology and Medicine (Maywood, N.J.)*, Vol. 229(5): 383-92. DOI:[10.1177/153537020422900506](https://doi.org/10.1177/153537020422900506)
- Herlambang, A. 2006. Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. Peneliti Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT. *Jurnal Air Indonesia*, Vol. 2(1) DOI:<https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2280>
- Hill, V.R., Cohen, N.J., Kahler, A.M., Jones, J.L., Bopp, C.A., Marano, N., Tarr, C.L., Garrett, N.M., Bouncy, J., Henry, A., Gómez, G.A., Wellman, M., Curtis, M., Freeman, M.M., Turnsek, M., Bennet, J.R., Dahroug, Espey, D., DePaola, A., Tappero, J.W., Handzel, T., Tauxe, R.V. 2011. Detection of Toxigenic *Vibrio Cholerae* O1 in Water and Seafood Samples, Haiti. *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 17(11): 2147-2150.
- Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia. 2010. HAKLI.
- Hindersah, R., Hidayat, A.P., Arifin, M. 2009. Pengaruh Inokulasi *Azotobacter* Terhadap Produksi dan Kandungan Kadmium Tajuk Selada yang Ditanam di Andisol Terkontaminasi Kadmium. *Jurnal Agrikultura*. Vol. 20(3): 171-175.

- Hutabarat, S., dan Evans, S. M. 1986. *Kunci Identifikasi Zooplankton*. UI Press. Jakarta.
- Indonesia Sanitation Sector Development Program (ISSDP). 2006. *Pedoman umum pelaksanaan PAMSIMAS*. (<http://ciptakarya.pu.go.id> diakses 18 November 2011).
- Irawan, A. 2013. *Karakteristik Distribusi Horizontal Parameter Fisika-Kimia Perairan Permukaan di Pesisir Bagian Timur Balikpapan*.
- Irawan, A.Y. 2013. Hubungan antara Aspek Kesehatan Lingkungan dalam PHBS Rumah Tangga dengan Kejadian Penyakit Diare di Kecamatan Karangreja Tahun 2012. *Unnes Journal of Public Health*, Vol. 2(4). <https://doi.org/10.15294/ujph.v2i4.3058>
- Ismail, Z. 2011. Monitoring Trends of Nitrate, Chloride and Phosphate Levels in an Urban River. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, Vol. 3(7): 132-138. <https://doi.org/10.5897/IJWREE.9000038>.
- Ismail, R. 2016. Partisipasi Masyarakat Dalam Program Pengembangan Dan Pengelolaan Jaringan Irigasi Di Daerah Irigasi Way Umpu Kabupaten Way Kanan. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, Vol. 12(1): 86-97.
- Johar OA. 2019. Pencemaran Sungai Siak Di Kota Pekanbaru Dan Penegakan Hukum Pidana Lingkungan. *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, Vol. 9(2): 489-501.
- Joko, T. 2010. *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kadem, D. E. D., Rached, O., Krika, A., Gheribi-Aoulmi, Z. 2004. *Statistical analysis of vegetation incidence on contamination of soils by heavy metals (Pb, Ni and Zn) in the vicinity of an iron steel industrial plant in Algeria*, Vol. 15(5): 447-462. doi:10.1002/env.673
- Kadyonggo, E. 2013. *Pemodelan Perubahan Oksigen Terlarut di Perairan Terbuka Akibat Beban Pencemar Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD) dengan Software Qual2K (Studi Kasus Kanal Tarum Barat) (Skripsi)*. Fakultas Teknik Lingkungan, Depok. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2014*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan. 2002. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002. *Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*. Indonesia.
- Kementerian Kesehatan. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KLH) Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Indonesia.

- Kementrian Kesehatan RI. 2018. Profil Kesehatan Indonesia 2017. Jakarta:Kemenkes RI. Diakses pada tanggal 31 Januari 2022 dari <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/profil-kesehatanindonesia/Profil-Kesehatan-Indonesia-tahun-2017.pdf>
- Khopkar. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Diterjemahkan oleh Saptorahardjo. Airlangga Press. Susarabaya. 71: 274-287.
- Kiswandono, A.A., Prasetyo, S.I., Rinawati, Rahmawati, A., dan Risgiyanto, A. 2022. Analisis Logam Berat Cd, Fe Dan Pb Pada Air Sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Secara Spektrofotometer Serapan Atom. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, Vol. 7(01): 68-79.
- Koutras, G.A., Schneider, A.S., Hattori, M., and Valentine, W.N. 1965. Studies on Chromated Erythrocytes. Mechanisms of Chromate Inhibition of Glutathione Reductase. *British Journal of Haematology*, Vol. 11(3): 360–369. DOI:[10.1111/j.1365-2141.1965.tb06596.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2141.1965.tb06596.x)
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. New York. 649p.
- Krebs, C.J. 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Third Edition. Harper and Row Distribution, New York. 289p.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Kristiana. 2003. *Identifikasi Status Kesehatan Masyarakat di Sekitar Pabrik Tahu Tempe di Desa Kuncen Kecamatan Padangan Kabupaten Bojonegoro*. JIPTUMM. Malang.
- Kusnosaputro, H. 1983. *Kesehatan Lingkungan*. FKM – Universitas Indonesia. Jakarta.
- Las, T., Hendrawati dan Amsiri. 2010. Penyerapan Merkuri dalam Limbah Simulasi Menggunakan Zeolit Klinoptilolit. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. *Jurnal Kimia Valensi*, Vol. 1(6). DOI:[10.15408/jkv.v1i6.240](https://doi.org/10.15408/jkv.v1i6.240)
- Laws, E.A. 1993. *Aquatic Pollution an Introductory Text*. 2nd Edition. An Interscience Publication John Willey and Sons, Inc. New York. USA.
- Leguizamo, M.A.O., Gómez, W.D.F., and Sarmiento, M.C.G. 2017. Native Herbaceous Plant Species with Potential use in Phy-Toremediation of Heavy Metals, *Spotlight on Wetlands: A review*. *Chemosphere*, 30 (2016): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.075>
- Lesmana, D.S. 2001. *Kualitas Air Untuk Ikan Hias Air Tawar*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lesmana, M. 2004. Perkembangan Mutakhir Infeksi Kolera. Fakultas Kedokteran. Universitas Trisakti. Jakarta. *Jurnal Kedokteran Trisakti*, Vol. 23(3).
- Lind, O.T. 1979. *Handbook of Methods in Limnology*. Sec Ed. Mosby Company, St, Louis, Toronto, London.
- Linsley, R.K., Franzini, J.B., dan Sasongko, D. 1995. *Teknik Sumber Daya Air*. Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta.

- Lu, F.C. 1995. Toksikologi Dasar Asas, Organ Sasaran, dan Penilaian Risiko. Edisi II. Penerjemah Edi Nugroho, 358, UI-Press. Jakarta.
- Lumaela, A.K., Otok, B.W., dan Sutikno. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni Pomit*, Vol 2(1): D100-D105. DOI:[10.12962/j23373520.v2i1.3204](https://doi.org/10.12962/j23373520.v2i1.3204)
- Machfud. 2001. *Rekayasa Model Penunjang Keputusan Kelompok Dengan Fuzzy-Logic untuk Sistem Pengembangan Agroindustri Minyak Atsiri* [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Maddusa, S.S., Papatungan, M.G., Syarifuddin, A.R., Maambuat, J., Alla, G. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) pada Ikan dan Air Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Al-Sihah : Public Health Science Journal*. Vol. 9(2): 153-159.
- Mahida, U.N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Penerbit PT.Rajawali Grafindo. Jakarta.
- Mahida, U.N. 1993. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Edisi Keempat. PT.Rajawali Grafindo. Jakarta.
- Manahan, S.E. 1993. *Fundamentals of Environmental Chemistry*, Lewis Publishers. London.
- Mandal, A., dan Deshmukh, S. 1994. Vendor Selection Using Interpretive Structural Modelling (ISM). *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 14(6): 52-59. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579410062086>.
- Mansjoer, A. 2001. *Kapita Selekta Kedokteran*. FKUI. Jakarta.
- Marimin. 2008. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Penerbit Grasindo. Jakarta.
- Markowitz, M. 2000. Lead Poisoning. *Journal of Environmental Sciencel*, Vol. 15: 327-335.
- Martin, S., and Griswold, W. 2009. Human Health Effects of Heavy Metals. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*, Vol. 15: 1-6.
- Matahelumual, B.C. 2007. Penentuan Status Mutu Air dengan Sistem STORET di Kecamatan Bantar Gebang. Pusat Lingkungan Geologi. Diponegoro. Bandung. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 2(2): 113-118.
- Mawardi, I. 2010. Kerusakan Daerah Aliran Sungai dan Penurunan Daya Dukung Sumber daya Air di Pulau Jawa Serta Upaya Penanganannya. *Jurnal Hidrosfer Indonesia*, Vol 5(2): 1-11.
- McNaughton, S.J. Larry L. 1998. *Ekologi Umum*. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Merian, R.D.; Mubarak, dan Sutikno, S. 2016. Analisis Kualitas Perairan Muara Sungai Dumai ditinjau dari Aspek Fisika, Kimia, dan Biologi. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Vol 3(2): 107-112.

- Michael, P. 1994. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Misnadiarly. 2008. *Penyakit Infeksi Saluran Napas Pneumonia pada Balita, Orang Dewasa, Usia Lanjut*. Pustaka Obor Populer. Jakarta.
- Morais, S., Costa, F.F., Pereira, M.L. 2012. *Heavy Metals and Human Health in Environmental Health-Emerging Issue and Practice (Oosthuizen J ed)*, In Tech: 227-246.
- Morris, D. 1996. *Nitrate and Nitrite Poisoning*. Vet Column. French Post.
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Singh, R.B., and Mishra, S. 2010. Effect of Toxic Metals on Human Health. *Journal Open Nutraceuticals*, Vol. 3: 94-99.
- Mulia, R. M. 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Mulyanto, B., dan Dharmawan, I.W.S. 2017. *Bunga Rampai Pengelolaan Lahan dan Air Berkelanjutan dengan Melibatkan Masyarakat*. Forda Press. Bogor.
- Murti, R.S., dan Purwanti, C.M.H. 2014. Optimasi Waktu Reaksi Pembentukan Kompleks Indofenol Biru Stabil pada Uji N-Amonia Air Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Fenat. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, Vol. 30(1): 29-34.
- Mutiara. 1999. *Perubahan Suhu Pada Air*. (Online), (http://eprints.undip.ac.id/40486/6/BAB_II_III.pdf).
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., and Katili, D. Y. 2015. Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis Dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, Vol. 4(2): 165-168. DOI:<https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Naria, E. 2005. *Mewaspada Dampak Pencemar Timbal (Pb) Di Lingkungan Terhadap Kesehatan*. Jurnal Komunikasi Penelitian.
- Nastiti, A.S., Krismono, Kartamihardja, E.S. 2001. Dampak Budi Daya Ikan dalam Keramba Jaring Apung Terhadap Peningk, Atan Unsur N dan P di Perairan Waduk Saguling, Girata, dan Jatiluhur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Vol. 7(2). <https://dx.doi.org/10.15578/jppi.7.2.2001.22-30>
- Nemerow, N.L. 1974. *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw-Hill Book Co.
- Noor, A. 2014. *Kimia Analisis Unsur Runut*. Makassar (ID): Dua Satu Press.
- Nugroho, A. 2006. *Bioindikator Kualitas Air*. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Nybakken, J.W. 1992. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 3rd Ed. Harper Collins College Publishers. Patriqium, D.G. 1992. The origin of nitrogen and phosphorus for growth of the marine Angiosperm *Thalassia testudinum*. *Marine Biology*, Vol. 15: 35-46.
- O'Brien, T., Xu, J., and Patierno, S.R. 2001. Effects of Glutathione on Chromium-Induced DNA Crosslinking and DNA Polymerase Arrest. *In Molecular Mechanisms of Metal Toxicity and Carcinogenesis*. Springer US. Vol. 222: 173-182.

- O'Neill, B.C., Gaffin, S.R., Tubiello, F.N., and Oppenheimer, M. 1994. Reservoir Timescales for Anthropogenic CO₂ in the Atmosphere. *Tellus*. 46B, 378-389. doi:10.1034/j.1600-0889.1994.t01-4-00004.x.
- Odum, E.P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Odum, H.T. 1994. *Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology (rev. ed.)*. University Press of Colorado. Niwot. 644 pp.
- Oviantari, M.V. 2011. Analisis Indeks Kualitas Air pada Mata Air Tlebusan Baluan, Pancoran Camplung, dan Pancoran Padukuhan di Banjar Cau, Tabanan (Skripsi). Singaraja: Undiksha. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/semnasmipa/article/view/2635>.
- Parakkasi, A. 1999. *Ilmu Makanan Ternak Ruminansia*. Cetakan Pertama. UI-Press. Jakarta.
- Pairunan, T.T. 2012. Perangkat Lunak Pendukung Keputusan Analisis Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Program Studi Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*, Vol. 12 (2).
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit PT.Rineka Cipta. Jakarta.
- Palar, H. 2008. *Penyebaran, Sifat, dan Penggunaan Timbal (Plumbum)*. Dalam *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Hal 674- 93. Penerbit PT.Rineka Cipta. Jakarta.
- Patrick, R.. 1949. A Proposed Biological Measure of Stream Conditions Based on a Survey of the Conestoga Basin, Lancaster County, Pennsylvania. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 101: 277–341.
- Paul, B.K. 2004. Arsenic Contamination Awareness Among the Rural Residents in Bangladesh. *Social Science and Medicine*, Vol. 59 (2004): 1741-1755.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai*. Jakarta.
- Pennak, R. 1978. *Fresh Water Invertebrates of The United States Protozoa to Mollusca*. Colorado: University of Colorado, Boulder.
- Peraturan Daerah Kabupaten Way Kanan Nomor 2 Tahun 2021 tentang *Rancangan Awal Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Way Kanan Tahun 2021-2026*. Kabupaten Way Kanan.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 *Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 37 Tahun 2012. *Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Perkins, H.C. 1974. *Air Pollution*. McGraw Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.

- Piliang, W.G. 2002. *Nutrisi Vitamin*. Volume I. Edisi ke-5. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Pohan, H.T. 2009. *Penyakit Cacing yang Ditularkan Melalui Tanah*. Dalam: Sudoyo, A.W., Setiyohadi, B., dkk, editors. Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam. Edisi ke V. Jakarta: Interna Publishing. Hal. 2938-2942.
- Pomalingo, N. dan Ali, I. 2002. *Pengetahuan Lingkungan*. Penerbit BKS-PTNINTIM. Makassar.
- Prabowo, A. 2004. *Malaria: Mencegah dan Mengatasinya*. Halaman 13-14.
- Pribadi, R.N., Zaman, B., Purwono. 2016. Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, dan Nitrat Pada Limbah Cair Domestik (Grey Water) Dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 5(4).
- Purwanto, D.S. 2004. *Pengelolaan Limbah Cair Teori Praktis Untuk Tenaga Sanitasi*. Jurusan Kesehatan Lingkungan. Surabaya.
- Purwanto, Nova. 2018. Perilaku Sadar Lingkungan Pemukim Bantaran Sungai Jelai, Kabupaten Sukamara. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*. Vol. 14(1).
- Putri, S.O. 2011. Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Debit Aliran Sungai di Sub DAS Batang Arau Hulu Kota Padang (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahayu, S. dan Tontowi. 2009. Penelitian Kualitas Air Bengawan Solo pada Saat Musim Kemarau. *Jurnal Sumber Daya Air*, Vol. 5(2): 127-136. DOI:<https://doi.org/10.32679/jsda.v5i2.472>
- Rahmawati, D. 2011. Pengaruh Aktivitas Industri Terhadap Kualitas Air Sungai Diwak Di Bergas Kabupaten Semarang Dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai (*Tesis*). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ratnaningsih, D., dan Hadi, A. 2016. Determination of Parameter and Sub-Index Curves. *Jurnal Ecolab*, Vol. 10(2): 47-102.
- Rejeki, S. 2001. *Pengantar Budidaya Perairan*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro: Semarang.
- Rencana Strategis (Renstra) Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan. 2019. *Revisi Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan Tahun 2016 -2021*. Dinas Kesehatan Kabupaten Way Kanan.
- Reynold, C.S. 1993. Scales of Disturbance and Their Role in Plankton Ecology. *Hydrobiologia*, Vol. 249. (1-3): 151-171. DOI:[10.1007/BF00008851](https://doi.org/10.1007/BF00008851)
- Rini, S.D. 2011. *Ayo Cintai Sungai*. Gersik: Ecoton. Jawa Timur.
- Rismawati, L., Priatmadi, B.J., Hidayat, A.S., Indrayatie, E.R., 2022. Hubungan Pola Perilaku Masyarakat dan Penggunaan Air Sungai dengan Kejadian Keluhan Gangguan Kulit di Kampung Sasirangan Kota Banjarmasin. *Jurnal Vokasi Kesehatan*. Vol. 8(1).

- Riyadi, Slamet. 1984. *Pencemaran Air, Seri Lingkungan Dasar-Dasar dan Pokok Pokok Penanggulangan*. Karya Anda. Surabaya.
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Ryan, K.J., and Ray, C.G. 2004. *Sherris Medical Microbiology*. 4th Edition, McGraw Hill. New York.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikaor Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, Vol. 30(3): 21-26.
- Santoso, S., dan Ranti, A.L. 2004. *Kesehatan dan Gizi*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Saragih, J. P. N. dan Sitorus, S. 1983. *Bunga Rampai Lingkungan Hidup*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Sargaonkar A., dan Deshpande V. 2003. Development of an Overall Index of Pollution for Surface Water based on A General Classification Scheme in Indian Context. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 89: 43-67. <https://doi.org/10.1023/A:1025886025137>.
- Sasongko, L.A. 2006. Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang) (*Tesis*). Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- Sastrawijaya, A.T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Penerbit PT.Rineka Cipta. Jakarta.
- Sastroasmoro Sudigdo dan Ismael Sofyan. 2002. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*. FKUI. Jakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2001. *Spektroskopi*. Liberty. Yogyakarta. 1-43.
- Sathiyamurthy, K., Baskaran, A., Kumar, S.D. 2013. Prevalence of *Vibrio cholerae* and Other *Vibriosis* from Environmental and Seafood Sources, Tamil Nadu, India. *British Microbiology Research Journal International*, Vol. 3(4): 538-549. DOI:[10.9734/BMRJ/2013/4805](https://doi.org/10.9734/BMRJ/2013/4805)
- Saxena, J.P., Sushil and Vrat, P. 1992. Hierarchy and Classification of Program Plan Elements Using Interpretive Structural Modelling: A Case Study of Energy Conservation in the Indian Cement Industry. *System Practice and Action Research*, Vol. 5(6): 651-670. DOI:[10.1007/BF01083616](https://doi.org/10.1007/BF01083616)
- Saxena, Sushil JP, Vrat P. 1992. Scenario Building: A Critical Study of Energy Conservation in The Indian Cement Industry. *Technological Forecasting and Sosial Change*, Vol. 41: 121-146.
- Schlatter, C., and Kissling, U. 1973. *Acute Fatal Bichromate Poisoning*. *Beitrage Zur Gerichtlichen Medizin* 30: 382–388.
- Sekarwati, N, Subagiyono dan Wulandari, H. 2016. Analisis Kandungan Bakteri Total Coliform dalam Air Bersih dan *Escherichia Coli* dalam Air Minum

- pada Depot Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kerja Puskesmas Kalasan Sleman. *KESMAS*, Vol. 10(2).
- Sembiring, S. 2008. Sifat Kimia dan Fisik Tanah pada Areal Bekas Tambang Bauksit di Pulau Bintan Riau. *Jurnal Info Hutan*, Vol. 5(2): 123–134.
- Semiromi, B.F., Hassani, A.H., Torabian, A., and Karbassi, A.R. 2011. Water Quality Index Development Using Fuzzy Logic: A Case Study of the Karoon River of Iran. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10(50): 0125-10133. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.1608>.
- Setiabudi, T. B. 2005. *Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Projo, D. I Jogjakarta*. Kolokium Hasil Lapangan. DIM.
- Setiana, A. 1996. *Pengendalian Pencemaran Air di Daerah Pengaliran Sungai (DPS)*. Prosiding Pengelolaan DPS Terpadu. BPPT, Jakarta.
- Setiawan, H. 1996. Amonia, Sumber Pencemar yang Meresahkan. *Dalam: Infovot (Informasi Dunia Kesehatan Hewan)*. Edisi 037.
- Setyaningthias, Sari. 2007. *Kualitas Air Citarum Hulu Dengan Menggunakan Biomonitoring Makrozoobentos (Skripsi)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Setyobudiandi. 2009. *Rumput Laut Indonesia Jenis dan Upaya Pemanfaatan*. Unhalu Press. (E-Jurnal).
- Shannon, C. E., and Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press: Urbana, IL, USA.
- Sihite, M.H., Naria, E., dan Nurmaini. 2015. Analisis Kandungan Timbal pada Lipstik Impor dan dalam Negeri Serta Tingkat Pengetahuan Konsumen dan Pedagang Terhadap Lipstik yang Beredar di Pasar Petisah Kota Medan Tahun 2015 (*Skripsi*) Fakultas Kesehatan Masyarakat USU. Medan.
- Silalahi, J. 2009. Analisis Kualitas Air dan Hubungannya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Balige Danau Toba (*Tesis*). Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Simange, S.M., Simbolon, D., dan Jusadi, D. 2010. *Analisis Kandungan Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Beberapa Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Teluk Hao, Halmahera Utara*. Kumpulan Hasil Penelitian Departemen Pemanfaatan Sumber daya Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sinaga, T. 2009. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir (*Tesis*). Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Singh, M.D. and Kant, R. 2008. Knowledge Management Barriers: An Interpretive Structural Modelling Approach. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, Vol. 3(2): 141-150. <https://doi.org/10.1080/17509653.2008.10671042>.
- Situmorang, M. 2012. *Kimia Lingkungan*. FMIPA-UNIMED. Medan.

- Slamet, J. S. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soedomo, M. 2011. *Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soemarwoto, O. 2003. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soemirat, Soleh dan Elvinaro Ardianto. 2003. *Dasar-Dasar Publik Relation*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Soemirat. 2009. *Toksikologi Lingkungan*. Cetakan III. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soemirat, S., dan Ardianto, E. 2010. *Dasar-Dasar Public Relations*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Soeparman, D. 2001. *Ilmu Penyakit Dalam*. Jilid 2. Balai Penerbit FKUI. Jakarta.
- Sucipto. 2008. Kajian Sedimentasi di Sungai Kaligarang Dalam Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang Semarang (*Tesis*). Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sudarmaji, Mukono, J., dan Corie I.P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2(2): 129-142.
- Sudoyo, A.W., Setiyahadi, B., Alwi, I., Simadibrata, M., dan Setiati, S. 2009. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Jilid 2 Edisi 5*. Internal Publishing. Jakarta.
- Sugiharto. 1987. *Dasar–Dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI press. Jakarta.
- Suharso, Padli, M., Tugiyono, and Buhani. 2021. Combination Of Gambier Extract And Benzoic Acid As Inhibitor Of Calcium Sulfate Scale Formation. *Rasayan J. Chem*, Vol. 14(1): 141-148. <http://dx.doi.org/10.31788/>
- Suharso, Reno, T., Endaryanto, T., and Buhani. 2017. Modification of Gambier extracts as green inhibitor of calcium carbonate (CaCO₃) scale formation. *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 18(2017): 1–6.
- Sukadi, M.F. 2002. Peningkatan Teknologi Budidaya Perikanan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. Vol. 2(1):61-66. <https://doi.org/10.32491/jii.v2i2.279>
- Sukandar, D., Hermanto, S., dan Lestari, E. 2013. Uji Toksisitas Ekstrak Daun Pandan Wangi Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta. *Jurnal Sains*, Vol. 1(2). DOI:10.15408/jkv.v1i2.217
- Sumantri A. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Kencana Prenada Media Group. Jakarta.
- Sumirat, J. 1996. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sunu, P., Putra, R.M.S. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Gramedia Widiasarana Indonesia (Grasindo). Jakarta.

- Supangat, A.B. 2008. Pengaruh Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air Sungai di Kawasan Hutan Pinus di Gombong, Kebumen, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 5(3): 267-276. DOI:<https://doi.org/10.20886/jphka.2008.5.3.267-276>
- Supardi, I. 2003. *Lingkungan Hidup dan Kelestariannya*. PT. Alumni. Bandung.
- Suriadi, dan Yuliani, R. 2001. *Asuhan Keperawatan pada Anak*. Sagung Seto. Jakarta.
- Sushil. 2012. Interpreting the Interpretive Structural Model. *Global Journal of Flexible System Management*, 13(2): 87–106. <https://doi.org/10.1007/s40171-012-0008-3>.
- Susilo, R.K.D. 2008. *Sosiologi Lingkungan*. PT. RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Sutrisno, C. T. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Sutrisno, C.T, dan Suciastuti, Eni. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Penerbit PT. Rineka Cipta. Cetakan Keenam. Jakarta.
- Suwari, ETTY, R., Bambang, P., dan Djuwita, I. 2010. *Penentuan Status Mutu Air Kali Surabaya Dengan Metode Storet dan Indeks Pencemaran*. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/55266>
- Suwittoku. 2013. Artikel “*Persyaratan Kualitas Air minum Berdasarkan WHO*” (online).
- Taras, M.J., Greenberg, A.E., Hoak, R.D., and Rand, M.C. 1971. Standard Methods For The Examination of Water and Waste Water. *American Public Health Association*. W Washington.
- Tarigan, L.C.B. 2009. Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Danau Lau Kawar Desa Kuta Gugung Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Karo (*Skripsi*). Universitas Sumateta Utara. Medan.
- Tjay, H.T., dan Rahardjo, K. 2015. *Obat-Obat Penting*. Edisi VII, PT.Gramedia. Jakarta.
- Trihadiningrum, Y. dan Tjondronegoro, I. 1998. Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Pencemaran Badan Air Tawar di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, Vol. 18(1): 1 -7.
- Tugiyono, Master, J., and Suharso. 2017. Isolation and identification of phytoplankton from aquatic ecosystems of Lampung Mangroves Center (LMC) as biological feed. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, Vol. 5(4): 188-194.
- Tugiyono, Setiawan, A., Rusyani, E., Gustina, E., and Suharso. 2018. Combination of agriculture fertilizer for intermediate cultivation of isolate *Nannochloropsis* sp. of the waters of Lampung Mangrove Center as live feed. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, Vol. 6(4): 587-593.

- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., and Dobhal, R. 2013. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*. Vol. 1(3): 34–38. DOI:10.12691/ajwr-1-3-3.
- Umar, M.R. 2013. *Modul Bahan Ajar Ekologi Umum*. Jurusan Biologi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1992. *Tentang Penataan Ruang*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009. *Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009. *Tentang Kesehatan*.
- Undang-undang (UU) Nomor 12 Tahun 199 *Tentang Pembentukan Kabupaten Daerah Tingkat II Way Kanan, Kabupaten Daerah Tingkat II Lampung Timur, dan Kotamadya Daerah Tingkat II Metro*.
- UNESCO. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3 Water in a Changing World*. UNESCO Publishing Group. Paris.
- US EPA. 2006. Voluntary Estuary Monitoring Manual Chapter 9: Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand. United States Environment Protection Agency: Washington.
- Verma, R.K., Sankhla, M.S., Kumar, R. 2018. Mercury Contamination in Water and its Impact on Public Health International. *Journal of Forensic Science*, Vol. 1(2): 72-78.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Wardhana, W. 2006. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. PPSML UI. Jakarta.
- Wardoyo, S. T. H., 1981. *Kriteria Kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan Training Analisa Dampak Lingkungan*. PPLH-PS Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Warfield, J.N. 1974a. Developing Interconnected Matrices in Structural Modelling. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 4(1): 51-81.
- Warfield, J.N. 1974b. *Structuring Complex Systems*. Battelle Monograph, 4. Battelle Memorial Institute. Columbus, Ohio.
- Warfield, J.N. 1974c. Toward Interpretation of Complex Structural Models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 4(5): 405-417.
- Wargadinata, E. L. 1995. *Makrozoobenthos Sebagai Indikator Ekologi di Sungai Percut (Tesis)*. Medan: Program Pasca Sarjana Ilmu Pengetahuan Sumber Daya Alam dan Lingkungan USU.
- Warlina, L. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya (Disertasi)*. Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Widiyani, Y. 2020. Analisa Dampak Pencemaran Lingkungan Tiongkok Terhadap Aspek *Human Security* di Jepang. *Journal of International Relations*, Vol. 6 (2): 331-337.
- Widjaja. 2008. *Mengatasi Diare Dan Keracunan Pada Balita*. Kawa Pustaka. Jakarta.
- Widowati, W., dkk. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Widoyono. 2002. *Penyakit Epidemiologi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Widoyono. 2008. *Penyakit Tropis Epidemiologi, Penularan, Pencegahan dan Pemberantasan*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Widoyono. 2011. *Penyakit Tropis, Epidemiologi, Penularan, Pencegahan & Pemberantasannya*. Erlangga. Jakarta. Hal. 158.
- Wijaya YF., Muchtar H. 2019. Kesadaran Masyarakat Terhadap Kebersihan Lingkungan Sungai. *Journal of Civic Education* (ISSN: 2622-237X), Vol. 2(5): 405-411.
- Wilhm, J. F. 1975. *Biological Indicators of Pollution*. In: Whitton, B. A., (Ed). *River Ecology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford. London. 375-402.
- Winarno, F.G., dan Fardiaz, S. 1984. *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- World Health Organization (WHO). 2005. *Child Growth Standard*.
- World Health Organization (WHO). 2007. *Global Burden of Stroke*.
- World Health Organization (WHO). 2011. *The World Medicine Situation 2011 3ed. Rational Use of Medicine*. Geneva.
- World Health Organization (WHO). 2017 a. *Drinking-water Fact Sheets*. Retrieved from World Health Organization: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>. Diakses pada November 2019.
- World Health Organization (WHO). 2017 b. *UN-water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-water (GLAAS) 2017 Report: Financing Universal Water, Sanitation and Hygiene Under the Sustainable*. World Health Organization, Geneva. Retrieved from: www.who.int/water_sanitation_health/publications/glaas-report-2017/en/. Diakses pada November 2019.
- Wurdiyanto, G. 2007. *Merkuri, Bahayanya dan Pengukurannya*. Buletin Alara. (9): 1-2.
- Xia Yu, Huang Lingguang, and Xu Ligang. 2011. Characteristics of Diffuse Source N Pollution in Lean River Catchment. *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 10: 2437 – 2443. DOI:[10.1016/j.proenv.2011.09.379](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.379)
- Yatim, S., Surtipanti, Suwirma dan Lubis, E. 1979. *Distribusi logam berat dalam air permukaan Teluk Jakarta*. Majalah Batan 12: 1 - 19.

- Yodha, A.W. dan Masriyanti. 2011. *Inductively Coupled Plasma (ICP) Chemistry Article and Design Graphics*, Vol. 3: 934.
- Yogendra, K., and Puttaiah, E. T. 2008. Determination of Water Quality Index and Suitability of an Urban Waterbody in Shimoga Town, Karnataka. *Proc. Taal2007: 12th World Lake Conf.* 342-346.
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air (*Tesis*). Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zulkoni, A. 2010. *Parasitologi*. Nuha Medika. Yogyakarta.
- Zulkoni, A. 2011. *Parasitologi untuk Keperawatan, Kesehatan Masyarakat, dan Teknik Lingkungan*. Nuha Medika. Yogyakarta.