

DISERTASI

**DISTRIBUSI SPASIAL PENCEMARAN AIR LIMBAH
TERNAK DAN PENGOLAHANNYA PADA DAS SADDANG**

*(Spatial Distribution of Livestock Waste Water Pollution
and Its Treatment in Saddang Watershed)*

**RENI OKTAVIANI TARRU
D013172002**



**PROGRAM STUDI S3 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**DISTRIBUSI SPASIAL PENCEMARAN AIR LIMBAH TERNAK
DAN PENGOLAHANNYA PADA DAS SADDANG**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

RENI OKTAVIANI TARRU

Kepada

**PROGRAM STUDI S3 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**DISTRIBUSI SPASIAL PENCEMARAN AIR LIMBAH TERNAK DAN
PENGOLAHANNYA PADA DAS SADDANG**


*(Spatial Distribution of Livestock Waste Water Pollution and Its
Treatment in Saddang Watershed)*

Disusun dan Diajukan oleh

**RENI OKTAVIANI TARRU
D013172002**



Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
Pada tanggal 9 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Komisi Penasehat


Prof .Ir. Sumbangan Baja. M.Phil., Ph.D
Promotor


Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT
Co-Promotor


Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT
Co-Promotor


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Ir. M. Isran Ramli, ST. MT. IPM


Ketua Program Studi
S3 Teknik Sipil

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST. MT

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reni Oktaviani Tarru

Nomor Induk : D013172002

Program Studi : S-3 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh isi disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 9 Januari 2023

Yang Menyatakan



Reni Oktaviani Tarru

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena kasih dan PenyertaanNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul **“Distribusi Spasial Pencemaran Limbah Ternak dan Pengolahannya pada DAS Saddang”**.

Penyusunan disertasi ini banyak kendala yang penulis hadapi, berkat pertolongan Tuhan dan dukungan banyak pihak sehingga dapat menyelesaikan Disertasi ini, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya dan penghargaan yang setinggi tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Prof. Ir. Sumbangan Baja, M. Phil., Ph.D. selaku Promotor yang telah membimbing, memberikan arahan dan petunjuk dalam penyelesaian disertasi ini.
3. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT selaku Co Promotor 1 yang telah membimbing, memberikan arahan dan petunjuk dalam penyelesaian disertasi ini
4. Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT selaku Co. Promotor 2 yang telah membimbing, memberikan arahan dan petunjuk dalam penyelesaian disertasi ini
5. Prof. Dr. Henny Herawati. ST.MT selaku penguji external yang senantiasa memberikan masukan dalam perbaikan disertasi ini.
6. Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng, selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan masukan dalam penyelesaian disertasi ini.

7. Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc. selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan masukan dalam penyelesaian disertasi ini.
8. Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., MT, selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan masukan dalam penyelesaian disertasi ini.
9. Dr. Samsu Arif., M.Sc selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan masukan dalam penyelesaian disertasi ini.
10. Prof. Dr. Eng Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
11. Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M. Eng, Selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
12. Dr. Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST., MT selaku Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin
13. Bapak Enos Karoma, SH. MH selaku Ketua Yayasan Perguruan Tinggi Kristen Makale beserta staf yang telah memberikan dukungan bantuan dana selama menempuh studi
14. Dr. Oktavianus Pasoloran, SE., M.Si., Ak.CA selaku Rektor UKI Toraja dan Senat Universitas yang telah memberikan motivasi selama menempuh studi.
15. Dr. Yafet Bontong, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik UKI Toraja
16. Dosen Program Studi Teknik Sipil UKI Toraja yang telah memberikan dukungan selama menempuh studi
17. Yanita Sapu, ST, Selvi, SE, Sarianti, SE, Ibu Erna selaku Staf Fakultas Teknik dan Program Studi Teknik Sipil yang senantiasa memberi dukungan.

18. Himpunan Alumni Teknik Sipil dan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil UKI Toraja yang Selalu Memberikan Semangat dan Motivasi selama menempuh studi.
19. Pendeta dan anggota Jemaat Karassik, Jemaat Tikulembang Timika yang senantiasa mendoakan penulis selama menempuh studi.
20. Rekan-rekan seperjuangan Program Doktor Teknik Sipil Angkatan 2017 dan Angkatan 2018.
21. The Team One Package, Traveling Squad, The Project, Mama Dede” Squad, Betta Fish Fam, Reni Squad, Bpk. Daud Rinyel. ST, Daniel, ST, Harsen Lembang, ST, Irwanto. ST, Melkianus. ST, Luruwandi, ST, Dedianto P, ST, Tandi Sirupang, ST, Ferdi, ST dan Tim Geoinfotek, Papoji Computer yang senantiasa mendoakan dan membantu dalam Penelitian ini.
22. Bapak Yunus Paranduk dan Bapak Agustinus Salulino yang telah memberikan dukungan dalam melakukan penelitian ini.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada kedua Orang Tua, Ayahanda Almarhum Daniel Tarru dan Ibunda Margaretha Baan yang telah membesarkan dengan penuh kasih dan kesabaran, mendidik serta dukungan doa untuk keberhasilan penulis, juga untuk saudara saudara Pdt. Barto Masna Pauang, M.Th, Harni Eirene Tarru, ST.MT, Yansen Nangga, ST, Jeni Tarru, A.Md, Asaria Zetri Tarru, Anna Tammu Konda, A.Md, anakku Intan Aprilia Rerung, Ariel Antoni P, Angelo Novri P, Aurelius Harianto P, Filadelfia Tarru N, Yemima Libriani T.N, Hezekia Noel T.N, Novelica K. Tarru, Kimi dan segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan bantuan, mendoakan dan memberi motivasi.

Ucapan terima kasih buat suami tercinta Anthon Rerung, ST yang selalu menyemangati dan memberi motivasi dalam menyelesaikan studi beserta kedua orang tua Bpk. Luter Tampang Rerung dan Ibu Hermin Ranteallo beserta keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberi motivasi.

Ucapan terima kasih terkhusus buat Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si., M.Eng.Sc, Ph.D, Dr. Ir. Lucky Caroles,ST.MT, Ir. Pramudyo Bayu Pamungkas, Muh.Fauding, ST, Daniel Oktovianus Tabbi, ST, Marlin K. Pasenggo, ST, Herianto Pali. ST, beserta Tim limbah, Dr.Ir.Yolly Adriati ST.,MT, Dr. Rahmawati, ST, M.Eng, Dr. Errni Rante Bungin. ST. M.Eng, Dr.Ermitha Ambun R.D, ST.MT, Dr.Ira Widyastuti.ST.MT, Dr.Wa Ode Zulia. ST. MT, Dr. Rona Reski, ST., MT, Dr. Irnawaty, MT., Dr. Ir. Noviska Aditiaman, ST.,M.T., Dr. Ir.Muh Idil Maming. MT, Dr.Ir.Asep Hudinkuwera. ST.MT, Dr.Ir.Thely S.H. Sembor ST., MT. Dr. Olivia Moningka.ST.MT, Dr.Deny Pinasang.ST. MT, Dr. Hamzah Al Imran. MT, Dr. Jasman Yusuf. MT, Dr. Fery Fadlin.ST.MT, Dr. Hendra Hamid. MT, Pejuang Disertasi 2017 yang penuh ketulusan memberi motivasi dan membantu penulis dalam penyelesaian disertasi ini.

Penyusunan disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu sangat di harapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan disertasi ini. Semoga disertasi ini dapat bermanfaat.

Makassar, 2023

Penulis

Reni Oktaviani Tarru

ABSTRAK

Reni Oktaviani Tarru. Distribusi Spasial Pencemaran Air Limbah Ternak dan Pengolahannya pada DAS Saddang (dibimbing oleh Sumbangan Baja, Farouk Maricar dan Rita Tahir Lopa).

Abstrak - Sungai Saddang merupakan sungai utama di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang mengalami degradasi kualitas air. Sumber pencemaran berasal dari pemukiman penduduk, industri, pusat perdagangan. Salah satu pusat perdagangan yaitu pasar ternak, selain tempat perdagangan kebutuhan bahan pokok juga terdapat lokasi khusus untuk perdagangan ternak khususnya kerbau dan babi. Jumlah ternak yang banyak menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan karena limbah yang dihasilkan belum mendapatkan penanganan dengan baik. Limbah ternak langsung mengalir ke saluran alam dan buatan menuju ke sungai Saddang yang hanya berjarak 64 meter dari pasar ternak sehingga perlu dilakukan langkah-langkah pengembangan teknologi pengolahan limbah yang tepat dan dapat mengurangi beban pencemaran. Penelitian initerdiri dari tahap penentuan distribusi spasial pencemaran limbah dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) diawali dengan pengambilan sampel awal di Sungai Saddang. Berdasarkan hasil pengujian dari laboratorium ditentukan baku mutunya berdasarkan Indeks Pencemaran yang berpedoman pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 dan diplot kedalam SIG. Hasil penelitian menunjukkan gambaran secara spasial zona tercemar berat pada stasiun ST4, stasiun ST5, ST00 sedangkan stasiun ST01, stasiun ST02 dan stasiun ST03 tercemar sedang. Pengolahan limbah menggunakan sistem biofilter dan fitoremediasi dengan efektifitas penurunan limbah untuk parameter fisik yaitu Residu Terlarut (TDS) 78,64%, Padatan Tersuspensi (TSS) 97,93%, Kekeruhan 96,90%, parameter kimia COD 97,69%, DO 98%, Nitrat 29,29%, Amoniak 66,35%, Nitrit 97,18%, dan parameter biologi yaitu Fecal Coliform 10%, Total Coliform 91,25%.

Kata Kunci : Biofilter, efektifitas, fitoremediasi, kualitas air, limbah ternak, spasial

ABSTRACT

Reni Oktaviani Tarru. Spatial Distribution of Livestock Wastewater Pollution and Treatment in Saddang Watershed (supervised by Sumbangan Baja, Farouk Maricar and Rita Tahir Lopa).

Abstract - The Saddang River is the main river in the Saddang Watershed (DAS) region, which has experienced a decrease in air quality. Sources of pollution come from residential areas, industry, trade centers. One of the trading centers is the livestock market, apart from trading places for basic commodities, there are also special locations for trading livestock, especially buffalo and pigs. The large number of livestock causes problems for the environment because the waste produced has not been handled properly. Livestock waste flows directly into natural and man-made channels leading to the Saddang River which is only 64 meters from the livestock market, so it is necessary to take steps to develop appropriate waste treatment technology and reduce pollution loads. This study consisted of payment stages for the spatial distribution of waste pollution using the Geographic Information System (GIS) application, beginning with initial sampling at five stations on the Saddang River and one station at the livestock market outlet. Based on the test results from the laboratory, the quality standard is determined based on the Pollution Index and the STORET method, which is guided by the Decree of the Minister of Environment No. 115 of 2003 and plotted into GIS. The results of the research at ST04 station, ST05 station, ST00 show a spatial description of the heavily polluted zone while ST01 station, ST02 station and ST03 station of fairly polluted zone. That a waste treatment a biofilter system and phytoremediation with the effectiveness of reducing waste for physical parameters namely Dissolved Residue (TDS) 78.64%, Suspended Solids (TSS) 97.93%, Turbidity 96.90% , chemical parameters COD 97.69%, DO 98%, Nitrate 29.29%, Ammonia 66.35%, Nitrite 97.18%, and for biological parameters namely Fecal Coliform 10%, Total Coliform 91.25%.

Keywords - Biofilter, effectiveness, phytoremediation, water quality, livestock waste, spatial

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	5
F. Kebaruan/Novelti	6
G. Penelitian Terdahulu	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Permasalahan Sumber Daya Air	22
B. Daerah Aliran Sungai	25
C. Parameter Kualitas Air	26
D. Beban Pencemaran	34
E. Air Limbah	34
F. Limbah Cair Hewan Ternak	36
G. Penentuan Status Mutu Air	39
H. Sistem Penyaluran Air Limbah	49

I. Pengolahan Air Limbah	43
J. Pengolahan Air Limbah Dengan Biofilter	46
K. Jenis Media Biofilter	48
L. Bagian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	50
M. Fitoremediasi	61
N. Sistem Informasi Geografis	66
O. Kerangka Penelitian	70
P. Hipotesis	72
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	73
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	75
C. Alat dan Bahan	76
D. Variabel Penelitian	80
E. Proses Pembuatan Bangunan Pengelolaan Air Limbah	80
F. Tahapan Pengolahan Limbah	87
G. Bagan Alir Penelitian	89
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kondisi Perairan dan Kualitas Air Sungai Saddang	91
B. Penentuan Lokasi IPAL berdasarkan hasil Pemetaan	96
C. Karakteristik air limbah ternak di Pasar Bolu, Kabupaten Toraja Utara	101
D. Model Bangunan Pengolahan Limbah Ternak	101
E. Analisis Kualitas Air Limbah	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	179
B. Saran	181
DAFTAR PUSTAKA	182
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Variabel, Parameter Masukan dan Parameter yang dihasilkan	7
2.	Matriks Penelitian Terdahulu	9
3.	Parameter Standar Kualitas Air Sungai di Indonesia	41
4.	Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	58
5.	Koordinat Pengambilan Sampel	74
6.	Hasil pengujian parameter kualitas air	91
7.	Hasil Status Mutu Air di Stasiun outlet (ST.00) dengan Indeks Pencemaran.	92
8.	Hasil Status Mutu Air Sungai Saddang di Stasiun pertama (ST.01) dengan Indeks Pencemaran.	93
9.	Hasil Status Mutu Air Sungai Saddang di Stasiun kedua (ST.02) dengan Indeks Pencemaran.	93
10.	Hasil Status Mutu Air Sungai Saddang di Stasiun ketiga (ST.03) dengan Indeks Pencemaran	94
11.	Hasil Status Mutu Air Sungai Saddang di Stasiun keempat (ST.04) dengan Indeks Pencemaran.	94
12.	Hasil Status Mutu Air Sungai Saddang di Stasiun kelima (ST.05) dengan Indeks Pencemaran.	95
13.	Rekapan Status Mutu Air Sungai Saddang dengan IP	96
14.	Karakteristik Air Limbah ternak	101
15.	Data ternak masuk setiap hari pasar hewan Bolu tahun 2020	102
16.	Perhitungan Debit pada ST. 00	102
17.	Perhitungan debit air limbah kerbau	104
18.	Perhitungan debit air limbah babi	104
19.	Hasil Analisis Perbandingan Parameter Kimia Limbah Cair Sebelum Diolah dan Setelah Diolah	121
20.	Hasil Analisis Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Sebelum Diolah dan Setelah Diolah	124
21.	Hasil Analisis Perbandingan Parameter Biologis Limbah Cair	

Sebelum Diolah dan Setelah Diolah	126
22. Hasil Analisis Perbandingan Parameter Kimia Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	128
23. Hasil Analisis Perbandingan Parameter Kimia Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	133
24. Hasil Analisis Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	136
25. Efektifitas Penurunan Parameter Kimia Limbah Cair Sampel Awal Terhadap Sampel biofilter	138
26. Efektifitas penurunan parameter fisik limbah cair sampel awal terhadap sampel biofilter	140
27. Efektifitas penurunan parameter biologis limbah cair sampel awal terhadap sampel biofilter Sampel Tanpa Pengolahan	141
28. Efektifitas penurunan parameter kimia sampel biofilter 2 terhadap sampel fitoremediasi	143
29. Efektifitas penurunan parameter fisik sampel biofilter 2 terhadap sampel fitoremediasi	146
30. Efektifitas penurunan parameter biologis sampel biofilter 2 terhadap sampel fitoremediasi	149
31. Efektifitas penurunan parameter kimia <i>inlet</i> terhadap <i>outlet</i>	151
32. Efektifitas penurunan parameter fisik <i>inlet</i> terhadap <i>outlet</i>	152
33. Efektifitas penurunan parameter biologis <i>inlet</i> terhadap <i>outlet</i>	154

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Skema Representasi Strategi Fitoremediasi	62
2.	Kerangka Pikir Penelitian	71
3.	Lokasi Penelitian	73
4.	Site Plan Lokasi Penelitian	74
5.	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian	75
6.	Zeolit Alam	77
7.	Pengaktifan Zeolit	77
8.	Tanaman Gambas	78
9.	<i>Bio-ball</i>	78
10.	<i>Jap-matt</i>	79
11.	Tanaman Bambu Air	79
12.	Batu Coral	80
13.	Lahan Bangunan Pengolahan Limbah	81
14.	Proses Pengalihan Air Limbah	81
15.	Pemasangan Pondasi Bangunan	81
16.	Penambahan Galian Tanah.	82
17.	Pemasangan Bata Merah.	82
18.	Pemasangan Stop Kran.	82
19.	Pemasangan Rangka Atap.	83
20.	Pemasangan Atap	83
21.	Plesteran dan Pengacian Bak	83
22.	Pengecetan Bak.	84
23.	Penganyaman Media Penyangga	84
24.	Pemasangan Media Penyangga.	84
25.	Media Biofilter	85
26.	Bak fitoremediasi	85
27.	Bak Tanpa tanaman	85
28.	Potongan AA-A Bangunan Pengolahan	86

29.	Tahapan pengolahan air Limbah	87
30.	Bagan Alir Penelitian	90
31.	Tahapan Penentuan Zonasi Distribusi Tingkat Pencemaran	97
32.	Peta Zona Distribusi dengan Metode IP	99
33.	Peta Lokasi Penentuan Bangunan IPAL	100
34.	Bak Ekualisasi	106
35.	Bak Pengendapan Awal	107
36.	Bak Biofilter I	109
37.	Bak Biofilter II	110
38.	Bak Pengendapan Akhir	112
39.	Bak Fitoremediasi	112
40.	Pengisian Bak I dengan Gambas	113
41.	Pengisian Bak 2 dengan Jap-mat	114
42.	Pengisian Bak Media Zeolit	114
43.	Pengisian Media <i>Bio-ball</i>	114
44.	Pengisian Bak dengan Tanaman Bambu Air	115
45.	Bak Tanpa Tanaman	115
46.	Pengambilan sampel awal	116
47.	Pengaliran Air Limbah Ke Bak Ekualisasi	116
48.	Pengisian ke Bak Pengendapan Awal	117
49.	Pengaliran Air ke Bak Biofilter I	117
50.	Pengaliran Air ke Bak Biofilter II	118
51.	Proses Pengendapan Akhir	118
52.	Pengambilan Sampel Pengolahan	119
53.	Pengolahan Pada Bak Fitoremediasi dan Bak Tanpa tanaman	119
54.	Tanaman Bambu Air Setelah 7 Hari	120
55.	Tanaman Bambu Air Setelah 14 Hari	120
56.	Grafik Perbandingan Parameter Kimia Limbah cair Sebelum Diolah dan Setelah Diolah	122
57.	Grafik Perbandingan Parameter Kimia Limbah cair Sebelum Diolah dan Setelah Diolah	122

58.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Sebelum Diolah Dan Setelah Diolah	124
59.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Sebelum Diolah Dan Setelah Diolah	124
60.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Sebelum Diolah Dan Setelah Diolah	124
61.	Grafik Perbandingan Parameter Biologis Limbah Cair Sebelum Diolah Dan Setelah Diolah	127
62.	Grafik . Perbandingan Parameter Kimia Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	129
63.	Perbandingan Parameter Kimia Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	129
64.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	129
65.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	133
66.	Grafik Perbandingan Parameter Fisik Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	134
67.	Grafik Perbandingan Parameter Biologis Limbah Cair Setelah Diolah dengan Fitoremediasi	134
68.	Grafik efektifitas penurunan parameter kimia limbah cair sampel awal terhadap sampel biofilter	137
69.	Grafik efektifitas penurunan parameter fisik limbah cair sampel awal terhadap sampel biofilter	139
70.	Grafik Efektifitas Penurunan Parameter Biologis Limbah Cair Sampel Awal Terhadap Sampel Biofilter	140
71.	Grafik efektifitas penurunan parameter kimia sampel biofilter 2 terhadap sampel fitoremediasi	142
72.	Grafik efektifitas penurunan parameter fisik sampel biofilter 2 terhadap sampel fitoremediasi	144
73.	Grafik efektifitas penurunan parameter biologis sampel	

biofilter terhadap sampel fitoremediasi	147
74. Grafik Efektifitas Penurunan Parameter Kimia <i>Inlet</i> Terhadap <i>Outlet</i>	150
75. Grafik Efektifitas penurunan parameter fisik <i>inlet</i> terhadap <i>outlet</i>	151
76. Grafik efektifitas penurunan parameter biologis inlet terhadap <i>outlet</i>	153
77. Grafik efektifitas penurunan parameter biologis inlet terhadap <i>outlet</i>	154

DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi Proses Penelitian
2. Titik Pengambilan sampel, Langkah Penginputan data pada aplikasi SIG dan peta zonasi distribusi pencemaran air limbah
3. Site Plan Lokasi Penelitian dan Gambar Bangunan Pengolahan
4. Laporan Pengujian Laboratorium
5. Kuisoner Profil Pasar ternak tahun 2019

DAFTAR NOTASI

BOD	Biochemical Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand
DO	Dissolve Oxygen
DAS	Daerah Aliran Sungai
DEM	Digital Elevasi Model
SWS	Satuan Wilayah Sungai
TDS	Total Dissolved Solid
TSS	Total Suspended Solid
PTPA	Panitia Tata Pengaturan Air
PPTPA	Panitia Pelaksana Tata Pengaturan Air

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber daya air adalah sumber daya berupa air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, perdagangan, rumah tangga, dan aktivitas lingkungan. Mengingat pentingnya kebutuhan akan air bersih, maka sangatlah wajar apabila sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama karena menyangkut kehidupan orang banyak. Adanya Undang Undang Dasar yang mengatur tentang air bahwa air harus dijaga dan dilindungi agar air tersebut akan tetap ada dan lestari. Salah satu pertimbangan dalam UU Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dalam menghadapi ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air perlu dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup dan ekonomi secara selaras untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan antarwilayah, antarsektor dan antar generasi guna memenuhi kebutuhan rakyat atas air. Ketersediaan sumber air yang memadai baik dari sisi kualitas maupun kuantitas sudah semakin langka oleh karenanya pemanfaatannya perlu dikelola dengan baik melalui berbagai usaha seperti konservasi.

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang berkembang cepat serta tingkat penghidupan masyarakat yang semakin maju, banyak

kawasan resapan air yang dijadikan kawasan pemukiman dan pengembangan daerah perkotaan, kawasan industri dan perdagangan dengan kata lain perubahan penggunaan lahan mencerminkan dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan yang membuat jumlah ketersediaan air semakin lama semakin berkurang dan terjadi pencemaran yang berdampak kepada air yang dibutuhkan oleh masyarakat. Hal ini terjadi pada sungai yang berada di Kabupaten Toraja Utara yaitu Sungai Saddang.

Sungai Saddang yang merupakan sungai lintas provinsi (Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat). Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN) Toraja Utara merupakan kawasan strategis di Sulawesi Selatan sebagai Kawasan hutan lindung, secara geografis merupakan salah satu kabupaten yang memiliki topografi pegunungan dengan penggunaan lahan dominan hutan. Hal ini menyebabkan potensi air yang dimiliki cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air. Salah satu pemanfaatan air sungai Saddang sebagai sumber air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan kebutuhan lainnya. Kondisi aliran Sungai mengalami degradasi kualitas air akibat pencemaran dari limbah domestik dan non domestik. Sumber pencemar berasal dari pemukiman penduduk, industri, pusat perdagangan. Salah satu pusat perdagangan yaitu pasar ternak, selain tempat perdagangan kebutuhan bahan pokok juga terdapat lokasi khusus untuk perdagangan ternak khususnya kerbau dan babi. Keberadaan pasar tersebut memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap Pemerintah dan

masyarakat di Kabupaten Toraja Utara selain sebagai sumber pendapatan daerah, pasar ternak ini juga merupakan destinasi wisata karena keunikan pasar tersebut.

Jumlah ternak yang banyak menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan sebagaimana dijelaskan diatas karena limbah yang dihasilkan belum mendapatkan penanganan dengan baik. Limbah dari ternak langsung terbuang kedalam saluran alam dan buatan menuju ke sungai Saddang yang berjarak 64 meter dari pasar ternak sehingga perlu dilakukan langkah-langkah pengembangan teknologi pengolahan dan pelestarian sumber daya air dengan menentukan sebaran polutan yang diakibatkan oleh limbah ternak dan menentukan metode pengelolaannya sehingga konservasi Sumber Daya Air berupa perlindungan ruas restorasi sungai dan daerah alirannya, sehingga fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi perairan dan kualitas air di Sungai Saddang ditinjau dari parameter pencemaran?
2. Bagaimana pola sebaran pencemaran air di Sungai Saddang?
3. Bagaimana karakteristik air limbah ternak dari pasar hewan Bolu?

4. Bagaimana model pengolahan yang tepat digunakan untuk masalah limbah ternak dari pasar hewan Bolu ?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kualitas air di Sungai Saddang ditinjau dari parameter pencemaran.
2. Menemukan pola sebaran atau distribusi spasial pencemaran air di Sungai Saddang.
3. Menemukan Karakteristik air limbah ternak dari pasar hewan Bolu.
4. Mendesain model pengolahan yang tepat digunakan untuk masalah limbah ternak dari pasar hewan Bolu.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritik, yaitu berkontribusi terhadap pengembangan ilmu restorasi sungai.
2. Manfaat bagi Pemerintah memeberikan masukan tentang usaha penanggulangan permasalahan Sumber Daya Air di Toraja Utara dan sebagai sumber informasi mengenai kondisi sungai dari sisi pengaturan dan kualitas air sungai.
3. Sebagai referensi pembuatan rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah.
4. Manfaat bagi masyarakat yaitu memberikan pemahaman akan pentingnya menjaga lingkungan perairan sungai dan menggali potensi sumber daya alam tanpa merusak lingkungan.

E. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan dengan efektif maka ruang lingkup dan batasan penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Penelitian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang .
2. Untuk menggambarkan distribusi spasial pencemaran air Sungai Saddang dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu ArcGIS, Data DEM (Digital Elevation Model) DEMNAS 2013-22v1.0
3. Pengambilan Sampel pada 6 titik dan pengujian baku mutu air dengan Metode Indeks Pencemaran dan Pengujian Laboratorium berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air.
4. Menggunakan parameter dengan baku mutu yang telah ditetapkan sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengolahan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air (PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup)
5. Standar yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Sul-Sel No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, mengacu pada Peraturan menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.
6. Metode pengambilan sampel air limbah mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metoda pengambilan sampel air limbah.

7. Penelitian terbatas pada perubahan akibat beban pencemar tidak termasuk tutupan lahan di daerah penelitian.
8. Parameter yang diuji yaitu parameter fisik (Suhu, Residu Terlarut (TDS), Padatan Tersuspensi (TSS), Kekeruhan, parameter kimia (pH, BOD, COD, DO, Nitrat (NO₃), Amoniak (NH₃-N), Nitrit (NO₂) dan parameter biologis (Fecal Coliform, Total Coliform).
9. Perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang dilakukan hanya menangani limbah cair, tidak memperhitungkan dan mengelola limbah padat.
10. Air limbah yang diolah adalah air limbah ternak pasar hewan Bolu, Toraja Utara.
11. Pengaliran yang digunakan secara gravitasi.
12. Perencanaan bangunan tidak menggunakan skala penuh.
13. Pada fitoremediasi tidak memperhitungkan variasi debit (Q), berat dan ukuran tanaman hanya memperhitungkan waktu tinggal yaitu 7 dan 14 hari.

F. Kebaruan/Novelti

Kebaharuan atau novelti dari penelitian ini adalah menemukan lokasi pembuatan instalasi pengolahan air limbah berdasarkan hasil disitribusi spasial pencemaran air limbah dan menemukan metode pengolahan air limbah ternak menggunakan metode gabungan yaitu metode biofilter yang terdiri dari bahan dari alam dan sintesis yaitu tanaman gambas, zeolit alam, *bio-ball*, *jap-mat* dengan metode fitoremediasi yang merupakan alternatif yang sangat baik untuk menghilangkan kontaminan di badan air yang

berbasis teknologi hijau dan ramah lingkungan yang efisien dan memiliki nilai estetika.

Tabel 1. Variabel, Parameter Masukan dan Parameter yang dihasilkan

Tabel 1. Menunjukkan tujuan penelitian pada DAS Saddang, variabel, parameter masukan dan parameter yang dihasilkan dalam penelitian ini.

Tujuan Penelitian	Variabel	Parameter Masukan (Input)	Parameter yang dihasilkan
Kajian kualitas Air sungai Saddang	Parameter Fisik Suhu, Residu Terlarut (TDS) , Padatan Tersuspensi (TSS), Kekeruhan Parameter Kimia pH, BOD, COD, DO, Nitrat (NO ₃), Amoniak (NH ₃ -N), Nitrit (NO ₂) Parameter Biologi Fecal Coliform, Total Coliform	Pengukuran lapangan (debit limbah ternak, luas lahan, titik lokasi pengambilan sampel) hasil pengujian sampel air sungai dari laboratorium.	Trend perubahan Kualitas air Sungai Saddang, status mutu air sungai dengan metode Indeks Pencemaran
Penentuan Metode Pengolahan	Perubahan Kualitas air Sungai Saddang	Limbah cair bersumber dari Pasar hewan Bolu	Pengolahan Limbah cair dengan Biofilter

Tujuan Penelitian	Variabel	Parameter Masukan (Input)	Parameter yang dihasilkan
Limbah cair yang mengalir ke Sungai Saddang			dan Fitoremediasi
Pemetaan zona sebaran polutan	Peta sebaran Polutan	Data RBI Toraja Utara, Data DEMNAS 2013-22v1.0, data koordit system WGS, 1984, Ploting data hasil dari Metode IP	Distribusi spasial pencemaran air Sungai Saddang dan zona sebaran polutan pada setiap stasiun.

G. Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2 diberikan gambaran beberapa penelitian terdahulu tentang permasalahan degradasi kualitas air sungai yang disebabkan oleh beban pencemar dari limbah dan beberapa metode penanggulangan dan penggunaan aplikasi SIG dalam menentukan distribusi spasial pencemaran air limbah pada aliran sungai. Beberapa penelitian terdahulu disajikan dalam bentuk matriks.

Tabel 2. Matriks Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
1	Mujiati, M. Saleh Pallu, Mary Selintung, Forouk Mricar, 2017	A study on the land use change and its effect toward the Water Quality in Kampwoker River	International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) Volume 8, Issue 7, July 2017	Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kualitas air pada sungai Kampwoker	Jenis penggunaan lahan menunjukkan hubungan yang signifikan dengan parameter kualitas air.	<ul style="list-style-type: none"> Parameter kualitas air ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta ditetapkan status mutunya dengan metode STORET dan Indeks Pencemaran Menggunakan bantuan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) 	<ul style="list-style-type: none"> Perubahan kualitas air dipengaruhi oleh penggunaan Lahan Menggunakan SIG versi berbeda dan LanduseSim versi 2.2.
2	Putra, I Komang Adi, dkk. 2015.	Desain bangunan pengolahan limbah cair peternakan babi dan pemanfaatannya	Jurnal Teknik ITS. Vol. 4, No.1.	Adanya peternakan babi yang menimbulkan masalah terhadap lingkungan	Pengolahan air limbah yang relatif murah diterapkan dengan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan Constructed	Pengolahan pada air Limbah ternak babi	Model bangunan pengolahan limbah berbeda yaitu Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan Constructed

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
		n Kembali hasil dari pengolaan.			Wetland (CW).		Wetland (CW)
3	Meng Hu, Tian C. Zhang, F John Stansbury, Jill Nealand Aijiao Zhou, 2014	Graywater Reclamation by a Shredded Tire Biofilter and a Membrane Bioreactor in Series	Journal of Enviromental Engineering, American Society of Civil Engineers (.ASCE), Vol 14,ISSUE 1 Januari 2014	Pencarian teknologi reklamasi air yang berkelanjutan dan efektif oleh kelangkaan air yang semakin mendesak	<ul style="list-style-type: none"> • Penanganan Limbah Greywater dengan menggunakan biofilter cacahan ban dan membran bioreactor • Limbah Dari Bioreactor membrane memenuhi pedoman untuk penggunaan kembali air limbah domestik, kombinasi tersebut terbukti layak untuk reklamasi greywater 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengamatan pada air Limbah • Bahan yang digunakan mudah diperoleh 	<ul style="list-style-type: none"> • Model atau Media yang digunakan mengolah limbah berbeda yaitu menggunakan Cacahan ban dan membrane • Variasi waktu yang dibutuhkan untuk mengolah limbah berbeda. • Limbah yang diolah adalah greywater yang bersumber dari Limbah domestik
4	Shane Trussell, Sammer Adham, 2014	Process Limits of Municipal Watewater Treatment with the Submerged	Water Science & Technology 43(10):203-9 February 2001	Biaya dan efektifitas proses pengolahan air limbah konvensional	Kelayakan proses membran bioreaktor (MBR) untuk reklamasi air	<ul style="list-style-type: none"> • Pengamatan dilakukan pada air limbah. • Bahan yang digunakan dalam 	<ul style="list-style-type: none"> • Media yang digunakan mengolah limbah berbeda yaitu menggunakan

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
		Membrane Bioreactor				pengolahan relative murah dan efektif dan mudah diperoleh.	modul membran bertekanan rendah <ul style="list-style-type: none"> • menggantikan clarifier di hilir bioreaktor (dalam seri), dan yang kedua dengan membran yang terendam di dalam bioreaktor • Variasi waktu yang dibutuhkan untuk mengolah limbah berbeda.
5.	Sukmasari Sukma Antaria, Mary Selintung, Muh Saleh Pallu, Mukhsan Putra Hatta	Test Of Bio-Activator Model with Natural Zeolit from South Sulawesi As Filter Media and Adsorbents Heavy Metal Pb, Ni, and Cu	Journal Of Proceedings Series Vol 1 No.1, 2014	Pecemaran lingkungan perairan sungai pada Sungai Jeneberang mengakibatkan ketersediaan air baku untuk dikonsumsi tidak sesuai lagi.	Memberikan informasi baru tentang karakteristik zeolit alam Sulawesi Selatan dan model pengolahan air terproduksi yang murah dan mudah diperoleh.	<ul style="list-style-type: none"> • Pencemaran lingkungan perairan sungai untuk kebutuhan air baku. • Salah satu bahan yang digunakan yaitu Zeolit Alam yang berasal dari Toraja Utara, Sulawesi Selatan 	Model pengolahan dan unsur pencemar yang berbeda yaitu logam berat timbal (Pb), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) pada air baku.
6	Atsushi Ichiki, Tomohiro	GIS Application to Estimate	Conference: Specialty	Beban pencemaran	Model simulasi dengan	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Aplikasi GIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Mensimulasikan Pereilaku

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
	Yamada dan Kiyoshi Yamada, 2001	Run-off Pollution Loads From Lake Biwa Watershed, Japan	Symposium on Urban Drainage Modeling at the World Water and Environmental Resources Congress 2001	pada DAS danau Biwa di Jepang	menggabungkan model simulasi limpasan dengan database GIS mensimulasikan perilaku polutan seperti generasi, transportasi, akumulasi dan limpasan menggunakan data yang diperoleh dalam proses sebelumnya dan deret waktu curah hujan yang diamati di observatorium meteorologi. Dengan menggunakan sistem ini, pembahasan perilaku pencemar pada peta digital di komputer menjadi lebih mudah untuk pengelolaan lingkungan DAS Danau Biwa.	Untuk simulasi Beban Pencemaran pada Daerah Aliran Sungai.	<p>Polutan generasi, transportasi, akumulasi dan limpasan menggunakan data yang diperoleh dalam proses sebelumnya dan deret waktu curah hujan yang diamati di observatorium meteorologi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber Polutan Berbeda
7	Rahani Yunanda.	Perencanaan Instalasi	Jurnal Teknik ITS. Vol 5, No	Air limbah yang dihasilkan dari	Pengurangan enfluen dengan teknologi <i>Upfl</i>	Pengolahan Limbah Ternak yang	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah ternak dengan

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
	Kusumadewi. 2016.	Pengolahan Air Limbah kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Indsutri Tahu.	2. ISSN 2337-3539.	kegiatan peternakan sapi perah dengan diversivikasi industri tahu di Dusun Klagen, Krian, Kabupaten Sidoarjo memiliki karakteristik yang melebihi baku mutu	ow <i>Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB) dan kombinasi <i>Anaerobic Aerobic Filter</i> (AAF).	mencemari sungai melebihi baku mutu	<ul style="list-style-type: none"> diversifikasi industri tahu Metode pengolahan berbeda yaitu teknologi <i>upflow anaerobic sludge blanket</i> (UASB) dan kombinasi <i>aerobic filter</i> (AAF).
8	Nur Hannani Hazmi, Marlia M. Hanafiah, 2018,	Phytoremediation of Livestock Wastewater Using <i>Azolla Filiculoides</i> and <i>Lemna Minor</i>	Journal Environment & Ecosystem science 2(1):13-16.	Peningkatan produksi ternak menyebabkan tingginya risiko masalah lingkungan seperti pencemaran air karena pengelolaan operasi ternak yang tidak tepat	Fitoremediasi <i>Azolla filiculoides</i> dan <i>Lemna minor</i> efisien dalam menghilangkan unsur hara dalam air limbah ternak.	Limbah ternak yang mecemari badan air. dan pengolahan limbah dengan Fitoremediasi	Fitoremediasi dengan jenis tanaman dan perlakuan yang berbeda yaitu <i>Azolla filiculoides</i> dan <i>Lemna minor</i> digunakan sebagai tanaman fitoremediasi menghilangkan nitrogen amoniak dan kebutuhan oksigen kimia dalam air limbah dari ternak.
9	Yunita Kusuma	Studi Efektifitas	Jurnal Teknik	Peternakan sapi	Terjadi penurunan	Limbah ternak yang	Media Biofilter

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
	Bintang, Dian Candrtasasi, Riyanto Hariwibowo 2019.	dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada peternakan sapi skala rumah tangga.	Pengairan Vol 10, No 1.pp 51-58 Malang	menghasilkan kandungan limbah cair belum memenuhi standar baku mutu sehingga dibutuhkan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk dapat mengurangi kandungan pada limbah cair sapi.	pada effluent dengan menggunakan media biofilter sarang tawon	mecemari badan Air. Pengolahan limbah dengan Biofilter dapat terurai secara biologis untuk tempat tumbuh dan berkembangbiak mikroorganisme	berbeda terdiri dari bak pengendap awal, bak biofilter aerob dan bak pengendap akhir dengan media penyangga bentuk sarang tawon
10	Elida Novita, Agnesa Arunggi, Sri Wahyuningsi, 2019,	Comparison of Phytoremediation Process on Tempe Waste water using three types of Aquatic Plants.	Jurnal Agroteknologi Vol 13. No.01, Jember	Parameter negatif kualitas air limbah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi eceng gondok (Eg) merupakan perlakuan terbaik dalam menurunkan parameter kualitas air limbah tempe	Fitoremediasi yang menurunkan parameter seperti BOD, COD, TSS, pH, kekeruhan dan N air oleh tanaman air	Sumber Limbah Fitoremedisi dengan eceng gondok (Eg), kangkung (Ka) dan air. selada (Ki).
11	Yuda Romdania, Ahmad Herison, Gatot Eko Susilo, Elza Novilyansa, 2018	Kajian Penggunaan Metode IP STORET dan CCME WQI dalam	Jurnal SPATIAL, Wahana Komonikasi dan Informasi Beografi Vol 18	Pemantauan kualitas air perlu dilakukan pada air sungai, air laut, air danau, air	Hasil kajian menunjukkan Metode IP lebih unggul jika memakai data tunggal, karena memiliki kelebihan dari segi	Pemantauan kualitas air pada air sungai dengan metode Indeks Pencemaran.	Menggunakan Metode CCME WQI dan STORET dengan data perulangan sepanjang waktu

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
		menentukan status kualitas air,	no 1 Maret 2018.	rawa dan air tanah sehingga air digunakan sesuai dengan fungsinya.	biaya dan waktu namun hanya status mutu air pada saat itu saja tidak dalam periode tertentu sehingga CCME WQI lebih unggul dari Metode Storet dan Metode IP karena memperhitungkan besarnya selisih hasil pengujian yang melebihi baku mutu.		sehingga menghasilkan status mutu air dalam periode tertentu.
12	Andriati Cahyaningsih, Budi Harsoyo 2010	Distribusi spasial tingkat pencemaran air di DAS Citarum	Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 11, No. 2, 2010: 1-9	Masalah banjir dan penurunan kualitas air. Banjir yang terjadi disebabkan antara lain oleh erosi dan sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan pada badan air	Menggambarkan distribusi spasial pencemar air di DAS Citarum dengan menggabungkan teknologi penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (GIS) dan data kualitas air. Untuk sebaran tingkat pencemaran yang ada	Penurunan kualitas air dari pencemaran limbah yang berada dalam suatu sistem perairan (DAS) digambarkan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)	Data Kualitas air dikumpulkan dari data sekunder yang dianalisis dan diplot ke dalam peta yang menunjukkan distribusi polutan air di DAS.

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
13	MA Latif, MS Pallu, J Patanduk , 2012,	Studi kuantitas dan kualitas air Sungai Tallo sebagai sumber air baku,	Jurnal Penelitian Jurusan Sipil Fakultas Teknik	Sungai Tallo menerima pengaliran hasil buangan dari lokasi sekitarnya dan panjangnya daerah aliran sungai (DA) yang melintasi perkampungan di kota Makassar, sehingga dapat membahayakan dan berdampak negatif bagi Manusia dan lingkungana.	Mengetahui kuantitas dan kualitas air Sungai Tallo yang dapat digunakan sebagai sumber air baku dalam hal ini penyedia air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat kota Makassar	Penelitian tentang kuantitas dan kualitas air Sungai untuk kebutuhan air baku dengan pengujian parameter fisik, kimia dan Biologi Perbedaan : Sumber pencemar bersumber dari limbah domestik	Sumber pencemar bersumber dari limbah domestik
14	S Baja, U Nurmiaty, S Arif, 2014	GIS-based soil erosion modeling for assessing land suitability in the urban watershed of tallo river, South Sulawesi, Indonesia	Modern Applied Science, Issue 8 – 50	DAS perkotaan adalah sistem yang terpisah dan kompleks di mana beragam faktor mengatur kualitas dan kualitasnya. Erosi tanah oleh air merupakan	Memanfaatkan informasi erosi tanah berbasis spasial untuk menilai kesesuaian lahan pada tingkat DAS. Tujuan spesifiknya adalah tiga kali lipat untuk mengembangkan teknik berdasarkan GIS dalam	Memanfaatkan informasi berbasis spasial dengan aplikasi GIS pada Daerah aliran Sungai .	Informasi berbasis spasial untuk menilai dan memetakan tata ruang distribusi tingkat kehilangan tanah untuk kesesuaian lahan pada tingkat DAS sedangkan pada

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
				faktor paling dominan yang menentukan kualitas DAS, dan dianggap sebagai salah satu bentuk degradasi lahan yang paling signifikan yang mempengaruhi produktivitas penggunaan lahan yang berkelanjutan pada DAS perkotaan Sungai Tallo, Sulawesi Selatan, Indonesia	parameterisasi model erosi tanah, yang dirancang untuk digunakan pada penilaian skala besar, untuk menilai dan memetakan tata ruang distribusi tingkat kehilangan tanah rata-rata tahunan, menggunakan konsep terkait seperti toleransi kehilangan tanah untuk menentukan kesesuaian lahan pada tingkat DAS.		penelitian ini informasi berbasis spasial untuk distribusi/sebaran
15	Ping HAN, Prakash Kumar, Bee- Lian Ong (2013),	Remediation of nutrient-rich waters using the terrestrial plant, Pandanus amaryllifolius Roxb	J. Environ Sci (China) 2 (12), 404.14	Mengetahui efektifitas tanaman Pandanus amaryllifolius terhadap penurunan	Pengolahan Limbah dengan menggunakan media tanaman yang lebih efektif dan menggunakan green teknologi	Menggunakan metode yang sama untuk pengolahan Limbah	Pandanus amaryllifolius memiliki potensi yang relatif tinggi untuk menurunkan nitrat dengan

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
				nitrat dan fosfat yang terkandung dalam limbah.			kandungan 200mg/l menjadi 20mg/l (90%) dan fosfat dengan kandungan 100mg/l menjadi 73mg/l (27%) dengan waktu detensi 7 hari.
16	Nayla Kamilia Fithri (2010),	Pemanfaatan Tumbuhan Air Azolla Mycrophyla untuk Pengolahan Limbah Cair Tahu di Industri Tahu Sutinem,	Jurnal Teknik Pengairan Volume 10 No. 1	Mengetahui kemampuan Azolla Mycrophyla dalam memperbaiki kualitas air limbah Cair Tahu untuk parameter BOD dan COD	Pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman yang lebih efektif dan menggunakan green teknologi	BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah	Perendaman Azolla Mycrophyla selama 4 hari Kandungan BOD, sebesar 6.860,52 mg/l menjadi 3.094,90 mg/l (45,1%) dan Kandungan COD, sebesar 1.084,39 mg/l menjadi 864,88mg/l (79,75%)
17	RT Lopa , M Selintung , MP Lakatua, M Chaerul, T Hardiyanti, 2016	Water Quality monitoring of UNHAS Lake water	International journal of Engineering and Science Applications 1 (1), 55-5	Sumber daya air Danau UNHAS harus dijaga agar mendapatkan air yang jernih dan sehat bagi manusia dan	Penentuan parameter kualitas air berdasarkan hasil pengujian parameter fisik , kimia dan Biologi tidak memenuhi kriteria baku mutu Kelas 1	Persamaan Permasalahan kuantitas dan kualitas air untuk kebutuhan air baku dengan menguji parameter fisik, kimia dan biologi	Hanya sebatas penentuan parameter fisik, kimia dan biologi tanpa pengolahan

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
				mahluk hidup lainnya serta perlu dilakukan pemantauan kualitas air secara rutin dan berkesinambungan	yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.		
18	F Maricar, Rahmawati, MS Pallu, M Selintung, 2019	The Utilization of Brackish Water for Provision of Raw Water in Parepare	World Journal of Engineering Research and Technology 5 (6), 230-339	Kuantitas dan kualitas air Sungai Karajae yang dapat digunakan sebagai sumber air baku untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Kota Parepare dan lokasi pengambilan sumber air bak	Rekomendasi lokasi pengambilan sumber air baku.	Permasalahan kuantitas dan kualitas air Sungai dan penentuan status Mutu air dan Penggunaan Aplikasi SIG	Hanya parameter salinitas tidak meneliti parameter fisika, kimia dan biologis. Permasalahan air payau untuk kebutuhan air baku sedangkan penelitian ini permasalahan limbah yang mencemari badan air untuk kebutuhan air baku .
19	R Ibrahim1, A	Phytoremediatio	: IOP Conference	Penambangan	Pengolahan Limbah	Menggunakan	Metode

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
	Zubair1, M Selintung,A R Dwirachma, , 2019,	n of Fe and Mn Metal in Acid Mine Drainage Using Typha Angustifolia,	Series: Materials Science and Engineering, Volume 875	terbuka adalah adanya asam tambang drainase yang mengandung logam berat seperti Fe dan Mn. Keberadaan logam berat dapat menyebabkan pencemaran air dan menyebabkan kematian organisme perairan	dengan memanfaatkan tanaman yang lebih efektif dan menggunakan green teknologi	metode yang sama yaitu metode fitoremediasi merupakan metode pengolahan alternatif yang memiliki keunggulan seperti desain yang mudah, biaya pembiayaan yang rendah, dan tidak memerlukan tenaga ahli dalam pengoperasiannya, namun memiliki kemampuan yang cukup baik untuk mereduksi polutan.	Fitoremediasi yang dilakukan untuk mereduksi logam besi (Fe) dan logam mangan (Mn) .
20	R. Ibrahim, 2017,	Study of domestic wastewater (Greywater) in the district of Tamalanrea the city of Makassar, :	Lowland Technology International,19 (2 - Sep)131-134	Masalah greywater merupakan masalah lingkungan yang belum banyak mendapat perhatian dari masyarakat dan pemerintah	Menentukan solusi untuk pengelolaan dan pengolahan greywater. sistem pengelolaan greywater diselenggarakan secara terpisah dari blackwater dengan cara dialirkan ke saluran drainase tanpa diolah terlebih dahulu. Kondisi	Persoalan limbah yang mencemari lingkungan	Penanganan dan pengolahan limbah Greywater

Lanjutan Tabel 2

No	Nama Penulis	Judul	Sumber	Pokok Persoalan	Outcome	Persamaan Riset	Perbedaan Riset
					pengelolaan tersebut memberikan kemudahan dalam upaya pengolahan greywater sehingga dapat digunakan kembali.		
21	Bayu Andika, Puji Wahyuningsih, Rahmatul Fajri, 2018	Penentuan nilai BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan	Jurnal Kimia Sains dan Terapan ISSN 2716-0963 Volume 2, Nomor 1, April 2020 e-ISSN 2716-1218	Permasalahan limbah pusat penelitian kelapa sawit (PPKS) di Medan yang mencamari lingkungan	Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa sampel 1 belum memenuhi standar baku mutu air limbah, sedangkan hasil uji sampel 2 dan sampel 3 telah memenuhi standar baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014	Nilai BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) merupakan sebagai parameter yang akan diuji dikarenakan BOD dan COD digunakan sebagai penduga adanya pencemaran dalam limbah	Sumber air limbah berasal dari Industri
22	Yunita Kusuma Bintang, Dian Chandrasasi, 2019	Studi efektifitas dan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada peternakan sapi skala rumah tangga	Jurnal Biology Science & Education 2015 Waatima	Limbah cair dari peternakan sapi yang langsung mengalir ke badan air	Pengolahan limbah dengan membuat IPAL untuk mengurangi kadar limbah	IPAL dengan menggunakan media penyangga biofilter untuk pengolahan limbah	Pengolahan air limbah dengan media penyangga yang berbeda yaitu sarang tawon..

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Permasalahan Sumber Daya Air

Air merupakan unsur yang vital dalam kehidupan manusia. Dimana manusia tidak dapat bertahan hidup tanpa air. Pentingnya kebutuhan akan air bersih, maka wajar jika sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama karena menyangkut kehidupan orang banyak.

Jika kebutuhan terhadap air bersih tidak diimbangi dengan pengelolaan sumber daya air yang baik, maka berdampak pada kuantitas air tersebut dan yang terjadi krisis air bersih.

Ketimpangan antara kebutuhan dan ketersediaan air bersih dialami oleh sebagian besar wilayah di Indonesia. Permasalahan Sumber Daya Air di Indonesia terdiri dari 3 sisi yaitu, permasalahan dari sisi pasokan atau ketersediaan, permasalahan dari sisi penggunaan dan permasalahan dari sisi manajemen.

1. Permasalahan Sumber Daya Air dari sisi pasokan/ketersediaan.

a. Pengaruh *Global Climate Change*

Pengaruh global climate change seperti “efek rumah kaca”, pemanasan global dan sebagainya menyebabkan semakin sering dan semakin besarnya intensitas “*extreme climate events*” sebagaimana dua kejadian yang berlawanan yang kita alami akhir-akhir ini yaitu La Nina (fenomena/curah hujan dengan intensitas tinggi yang berlangsung lama disuatu tempat) dan El Nino (fenomena sebaliknya /kekeringan).

b. Kerusakan Daerah Aliran Sungai

Semakin meluasnya degradasi DAS dan semakin tingginya sedimentasi akibat pembabatan hutan dan praktek pertanian serta perkebunan yang tidak mengikuti aspek konservasi tanah dan air yang didorong oleh tekanan kependudukan dan meningkatnya kegiatan ekonomi dan tata guna tanah serta tata ruang yang tidak kondusif.

c. Kerusakan Sumber Air

Menyempitnya sungai-sungai karena tingginya tingkat kandungan lumpur akibat erosi dan sedimentasi yang disebabkan rusaknya DAS maupun akibat sampah yang dibuang penduduk di sekitar sungai. Sungai yang menyempit akan menyebabkan melimpahnya aliran sungai diwaktu banjir.

d. Krisis Air

Semakin meningkatnya kekurangan air dan konflik antar pemakai tentang penggunaan air yang terjadi terutama pada musim kemarau di daerah-daerah rawan air meskipun siklus curah hujan relative sama dari tahun ke tahun. Hal ini terjadi karena disatu sisi pasokan air alamiah (curah hujan) relatif sama tapi kualitas air yang secara alamiah mengalir di sungai menurun akibat menurunnya fungsi resapan dari DAS serta pencemaran air sungai akibat perilaku bahwa sungai adalah tempat pembuangan segala macam sampah dan limbah yang paling gampang.

e. Pencemaran Air Tanah

Pada beberapa tempat air tanah telah tercemar oleh intrusi air laut dan

limbah domestik, non domestik dan industri. Hal ini akan membahayakan penduduk yang memakainya sebagai air minum.

2. Permasalahan dari sisi penggunaan

a. Dampak pertumbuhan penduduk

Pertumbuhan penduduk akan menimbulkan bertambahnya kebutuhan akan pangan dan bahkan tekanan yang sangat besar atas tanah (lahan) dan air.

b. Dampak pertumbuhan ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi yang dimanifestasikan dalam meningkatnya kegiatan industri, jasa dan perkotaan memerlukan dukungan dari berbagai sektor diantaranya penyediaan air baku. Kebutuhan air baku untuk industri, jasa dan perkotaan diperkirakan akan meningkat sebesar 2 s/d 3 kali dari kebutuhan.

c. Daerah irigasi beralih fungsi menjadi daerah pemukiman dan industri

Menurut perkiraan INUDS (*Indonesian National Urban Development Study*) yang dikutip dari World Bank selama kurun waktu 1980-1985, areal perkotaan di Indonesia secara fisik bertambah luas sebanyak 367.500 Hektar atau kira-kira 25.100 ha pertahun, dimana 60 % perkembangan terjadi di Jawa 20% di Sumatera, 20% lainnya di Kawasan Timur.

d. Perilaku boros air, tidak peduli dan tidak ramah lingkungan.

Perilaku masyarakat yang boros air dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari, demikian juga pembuangan sampah padat dan limbah cair ke air dan sumber air tidak saja menyebabkan penyempitan sungai tetapi juga menebarkan bau tidak sedap disepanjang sungai/kanal.

3. Permasalahan dari sisi manajemen

- a. Penanganan yang terfragmentasi. Dengan sifat SDA yang dinamis maka penanganan SDA menjadi terfragmentasi di beberapa departemen. Tiap sektor menangani sehingga cenderung membentuk egois sektoral yang menitikberatkan kepada kepentingan masing-masing. Akibatnya terjadi tumpang tindih maupun “*gap*” (kekosongan) tanggung jawab dan wewenang institusi yang merencanakan dan membuat aturan. Institusi yang berhubungan dengan kualitas air misalnya, juga bermacam-macam sehingga sampai saat ini masalah lingkungan masih belum terpecahkan.
- b. Kelemahan koordinasi. Koordinasi pengelolaan sumber daya air dipusat maupun daerah masih lemah.

B. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai merupakan wilayah daratan yang secara topografik dihipit oleh punggung gunung untuk menampung dan menyimpan hujan yang jatuh untuk mengalirkannya ke laut melalui sungai- sungai utama. Fungsi DAS merupakan suatu keadaan

bagaimana kondisi lanskap memengaruhi kuantitas, kualitas, dan periode waktu suatu aliran sungai secara rinci dapat dijabarkan bagaimana suatu lanskap mempengaruhi proses aliran sungai, kemampuan menyangga, pelepasan perlahan-lahan curah hujan yang disimpan di tanah, kualitas air, dan menjaga keutuhan tanah pada DAS (Bambang Triatmodjo, 2008). DAS terdapat sungai dan anak-anak sungai, dimana sungai adalah badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya biotik dan abiotik (Rita Lopa, 2013). Sebuah sungai membawa air, sedimen dan zat terlarut dari daerah hulu ke tengah ke hilir lalu kemuar hingga ke laut. Di Indonesia saat ini terdapat 5.950 Daerah Aliran Sungai (DAS). Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumberdaya alam yang mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan makhluk hidup. Air memiliki fungsi yang tidak dapat digantikan dengan zat atau benda lainnya. Sayangnya, air atau sungai juga dapat merupakan sumber malapetaka apabila tidak di jaga, baik dari segi manfaatnya maupun pengamanannya.

C. Parameter Kualitas Air

Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air untuk dipergunakan bagi pemenuhan tertentu kehidupan manusia, seperti untuk air minum, mengairi tanaman, minuman ternak dan sebagainya (Arsyad, 1989). Salah satu potensi sumber daya air yang strategis dan banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas pembangunan adalah air sungai. Air sungai merupakan

sumberdaya alam yang potensial menerima beban pencemaran limbah kegiatan manusia seperti: kegiatan industri, pertanian, perdagangan, peternakan dan rumah tangga. Akibat menurunnya kualitas air, kuantitas air yang memenuhi kualitas menjadi berkurang. Mengingat sungai merupakan sumberdaya air yang penting untuk menunjang pembangunan ekonomi dan kesejahteraan manusia, maka fungsi sungai sebagai sumberdaya air harus dilestarikan agar dapat menunjang pembangunan secara berkelanjutan. Menurut Direktorat Pengendali Masalah Air (1975) dalam Wardhani (2002), pencemaran air merupakan segala pengotoran atau penambahan organisme atau zat-zat lain ke dalam air, sehingga mencapai tingkat yang mengganggu penggunaan dan pemanfaatan serta kelestarian perairan tersebut. Masalah pencemaran air berhubungan erat dengan kualitas air. Data kualitas air dibutuhkan dalam manajemen sungai sebagai dasar untuk penentuan karakteristik fisik dan kimia sungai. Sungai memiliki kualitas air yang selalu berubah dari waktu ke waktu (dinamis).

Perubahan ini dapat disebabkan oleh musim, jenis dan jumlah limbah yang masuk serta debit. Menurut Alaerts dan Santika (1984) dalam Wardhani (2002), terdapat sumber pencemar yang diakibatkan oleh perubahan sesuatu faktor dalam sungai. Air yang memenuhi syarat yaitu syarat Fisika, Kimia dan Mikrobiologi sebagai berikut:

1. Syarat Fisika.

- a. Warna. Air yang layak dikonsumsi tidak berwarna (jernih), apabila air berwarna, itu menandakan air tersebut sudah tercemar oleh banyak

kontaminan. Warna dipersyaratkan dalam air minum untuk masyarakat karena pertimbangan estetika. Ada 2 (dua) macam warna pada air yaitu *Apparent color* dan *true color*. *Apparent color*, ditimbulkan karena adanya benda-benda zat tersuspensi dari bahan. Hal ini lebih mudah diatasi dibanding dengan jenis *true color*.

- b. Bau. Air yang berbau dapat menjadi indikasi air tersebut tidak layak konsumsi dan telah tercemar. Bau dan rasa biasanya terdapat bersama-sama dalam air.
- c. Rasa. Secara fisik air minum tidak berasa (tawar). Rasa seperti asin, manis, pahit dan asam tidak boleh terdapat dalam air minum untuk masyarakat.
- d. TDS (*Total Dissolve Solid*). TDS adalah jumlah zat padat yang terlarut dalam air, nilainya adalah maksimal 1000 ppm untuk air bersih dan 100 ppm untuk air minum.
- e. Kekeruhan. Terjadi karena banyak faktor, bisa tercampur oleh tanah, debu, pasir, dan zat lainnya yang tidak larut dalam air. Air yang baik tidak memiliki nilai kekeruhan.
- f. Suhu. Suhu secara langsung atau tidak langsung sangat dipengaruhi oleh sinar matahari. Panas yang dimiliki oleh air akan mengalami perubahan secara perlahan-lahan antara siang dan malam serta dari musim ke musim. Selain itu, air mempunyai sifat dimana berat jenis maksimum terjadi pada suhu 4°C dan bukan pada titik beku. Suhu air sangat berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut di dalam air.

Jika suhu tinggi, air akan lebih cepat jenuh dengan oksigen dibanding dengan suhunya rendah.

2. Syarat Kimia

- a. *Dissolved Oxygen* (DO) Oksigen terlarut atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (*Oxygen demand*) 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.
- b. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan dalam kondisi aerobik. Nilai BOD yang tinggi menyatakan pencemaran yang tinggi pula. Pemeriksaan BOD dilakukan dengan cara reaksi oksidasi O_2 dengan zat karena adanya bakteri aerob dan akan menghasilkan amonia, CO_2 dan air. Menurut Metcalf dan Eddy (2003) pada saat ini pengujian BOD digunakan untuk beberapa tujuan, yaitu: Memperkirakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri agar menstabilkan senyawa, menentukan dimensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL), pengukur efisiensi beberapa proses pengolahan, untuk menentukan jumlah air limbah yang diizinkan untuk dibuang.

- c. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang terdapat dalam air, secara kimia atau kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air. Chemical Oxygen Demand (COD) menyatakan jumlah O_2 yang sesuai untuk mengoksidasi zat-zat yang terdapat dalam limbah cair secara kimia. Semakin tinggi angka COD, maka semakin tinggi pula kadar oksigen yang diperlukan untuk oksidasi, sehingga O_2 yang tersedia untuk biota air menjadi berkurang atau malah terbatas. Nilai COD biasanya lebih tinggi dibandingkan BOD. Pengukuran BOD membutuhkan waktu 5 hari sedangkan COD hanya 3 jam saja. Kondisi air limbah dapat diketahui apabila korelasi antara BOD dan COD juga diketahui (Siregar, 2005).
- d. pH. Adalah nilai tingkat keasaman atau basa dari air. Nilai pH yang normal antara 6 – 8. apabila nilai pH kurang dari 6 disebut asam, nilai pH sama dengan 7 maka kadar air dinyatakan netral, jika melebihi 8 disebut basa. pH adalah parameter yang menyatakan nilai/kadar asam dan basa pada suatu larutan dengan menerka konsentrasi ion hidrogen (H^+). Kadar pH yang tidak netral dapat mengganggu proses penjernihan air karena menghambat proses biologis.
- e. Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3). Nitrat dan Nitrit adalah senyawa nitrogen yang dapat mempengaruhi pada kualitas air. Nitrit merupakan bentuk antara oksidasi ammonia ke nitrat atau

reduksi nitrat ke amonia. Konsentrasi nitrit dan nitrat dalam air dapat menyebabkan gangguan diare, koma, dan bila tidak tertolongkan meninggal. Nitrat merupakan senyawa yang banyak dihasilkan dari limbah, baik limbah kotoran manusia, hewan, limbah industri, atau limbah lain seperti: hasil samping penggunaan pupuk pertanian. Senyawa nitrat dapat menahan perembesan air ke dalam tanah dan banyak mencemari sumber air dangkal

- f. Timbal (Pb). Logam berat yang dapat menjadi penyebab pencemaran air salah satunya adalah logam timbal (Pb). Air sumur yang tercemar logam timbal (Pb) dapat menimbulkan adanya risiko bagi kesehatan apabila dikonsumsi. Daya racun timbal yang akut pada perairan alami menyebabkan hambatan perkembangan mental pada anak, kerusakan pada ginjal, sistem reproduksi, hati, dan otak, serta sistem syaraf pusat, dan bisa menyebabkan kematian.
- g. Besi (Fe). Dalam jumlah kecil zat besi dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan sel-sel darah merah. Kandungan zat besi di dalam air yang melebihi batas akan menimbulkan gangguan. Standar kualitas ditetapkan 0,1 – 1.0 mg/l.
- h. Mangan (Mn). Tubuh manusia membutuhkan mangan rata-rata 10 mg/l sehari yang dapat dipenuhi dari makanan. Mangan bersifat toksik terhadap organ pernafasan. Standar kualitas ditetapkan 0,05 – 0,5 mg/l dalam air.

- i. Cadmium (Cd). Cadmium merupakan zat beracun yang bersifat akumulasi dalam jaringan tubuh sehingga dapat menyebabkan batu ginjal, gangguan lambung, kerapuhan tulang, mengurangi hemoglobin darah dan pigmentasi gigi.
- j. Kesadahan (CaCO_3). Kesadahan adalah kandungan mineral – mineral tertentu di dalam air umumnya ion kalsium dan magnesium dalam bentuk garam karbonat kesadahan total adalah 500 mg/l.
- k. *Total Suspended Solid (TSS)*, *Total Suspended Solid (TSS)* adalah partikel-partikel tersuspensi di dalam air yang menjadi faktor utama kekeruhan air. Cahaya matahari yang masuk ke dalam air pun akhirnya terhalangi. Sehingga menghambat fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan mikroorganisme. Padatan tersuspensi biasanya terdiri dari lanau, lempung atau partikel-partikel halus. Selain itu, limbah cair dengan kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh langsung dibuang ke badan air karena rawan terjadi pendangkalan. Menurut Metcalf dan Eddy (2003), air limbah mengandung berbagai macam material padatan yang mengendap (tidak terlarut) dan material yang tercampur (tersuspensi).
- l. Amoniak (NH_3). Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Adanya amoniak

tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amoniak, tanaman air yang menyerap amoniak sebagai nutrisi, konsentrasi oksigen, dan temperatur. Senyawa amoniak dapat ditemukan dimana-mana, dari kadar beberapa mg/l pada air permukaan dan air tanah sehingga mencapai 30 mg/l lebih pada air buangan. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Rasa amoniak kurang enak sehingga kadar amoniak harus rendah. Pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus dibawah 1 mg/l (syarat mutu air sungai di Indonesia). Amoniak dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Kadar amoniak bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Kehidupan air terpengaruh oleh amoniak pada konsentrasi 1 mg/l dan dapat menyebabkan mati lemas karena dapat mengurangi kapasitas oksigen dalam air. Senyawa amoniak dapat mengurangi efektifitas khlorin yang biasanya digunakan sebagai tahap akhir dalam pengolahan air untuk menghilangkan bahan yang tersisa serta untuk proses desinfeksi. Di dalam air limbah, senyawa amoniak ini dapat diolah secara mikrobiologis dengan cara aerasi melalui proses nitrifikasi sehingga menjadi nitrit dan nitrat.

3. Syarat Mikrobiologi

Syarat Mikrobiologi atau syarat bakteriologis Bakteri coli adalah kandungan mikroorganisme atau jasad renik didalam air.

D. Beban Pencemaran

Beban Pencemaran sungai adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air sungai atau pencemaran air yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lainnya kedalam air oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Sumber Pencemaran air berdasarkan Karakteristik limbah yang dihasilkan terdiri dari sumber limbah domestik dan sumber limbah non domestik. Sumber bahan pencemar yang masuk ke pengairan dapat berasal dari buangan (Muhammad,2014) yang diklasifikasikan:

- a. *Point Source Discharge* (sumber titik) yaitu sumber pencemar yang dapat diketahui secara pasti dapat berupa suatu lokasi seperti air limbah industri maupun domestik serta saluran drainase.
- b. *Nonpoint Source* (sebaran menyebar) berasal dari sumber yang tidak diketahui secara pasti. Pencemar masuk ke perairan melalui limpasan (*run off*) dari wilayah pertanian pemukiman dan perkotaan.

E. Air Limbah

1. Pengertian Air Limbah

Air limbah (*waste water*) adalah air buangan yang berasal dari kegiatan permukiman masyarakat, rumah tangga, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, kampus, srama, industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sutapa, 1999). Air limbah atau air buangan adalah sisa air dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup.

Air limbah (*waste water*) adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah (air yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri). Limbah merupakan cairan yang dibawa oleh saluran air buangan. Air buangan adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang berbahaya. Bahan-bahan yang berbahaya dapat mengganggu kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga, perdagangan dan industri. Kualitas air merupakan pencerminan kandungan konsentrasi makhluk hidup, energi, zat-zat, atau komponen lain yang ada dalam air. Limbah cair mempunyai efek negative bagi lingkungan karena mengandung zat-zat beracun yang mengganggu keseimbangan lingkungan dan kehidupan makhluk hidup yang terdapat di dalamnya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun

2009 dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, sisa usaha/suatu kegiatan yang berupa cairan disebut air limbah. Selain itu.

Menurut Notoatmodjo (2003), berdasarkan sumbernya air limbah dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu sebagai berikut:

1. Limbah cair rumah tangga (*domestic wastewater*)

Limbah yang dihasilkan dari sisa-sisa aktivitas skala rumah tangga disebut juga dengan limbah domestik. Pada umumnya limbah domestik terdiri dari hasil ekskresi manusia (urin dan tinja), air buangan kamar mandi dan bekas pencucian alat dapur, serta beberapa terdiri pula dari bahan-bahan .

2. Limbah cair industri (*industrial wastewater*)

Limbah cair industri berasal dari sisa proses-proses produksi. Seperti pabrik, tekstil, kulit, pertanian, industri kimia, peternakan, transportasi dan sumber lainnya. Air limbah industri biasanya mengandung zat-zat yang bervariasi sesuai dari bahan baku yang dipakai pada proses pengolahan. Antara lain seperti amoniak, nitrogen, lemak, sulfida, mineral, garam-garam, zat pelarut, zat pewarna, logam berat dan sebagainya.

3. Air limbah perusahaan (*commercial waste*)

Biasanya limbah ini berasal dari unit usaha perkantoran, restoran, hotel, pusat peribadatan, dan sebagainya. Kandungan limbah pada jenis ini hampir mirip seperti kandungan limbah domestik.

F. Limbah Cair Hewan Ternak

1. Limbah Cair Hewan Ternak Kerbau

Ternak kerbau merupakan salah satu dari banyaknya usaha industri peternakan yang ada di Indonesia. Pada tahun 2013 data dari Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa terdapat setidaknya jumlah Kerbau diperkirakan 90.642 ekor. Hal ini menyebabkan industri ternak Kerbau termasuk yang harus diperhatikan, karena dalam pengolahannya menghasilkan bahan buangan yaitu limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Faktor utama penyebab terjadinya pencemaran dari limbah ternak Kerbau adalah limbah cair yang berupa air untuk mencuci hewan, air bekas pembersihan kandang penampung dan urine. Sedangkan limbah padatnya yang berupa sisa pakan dan feses Kerbau dapat dimanfaatkan kembali.

Urine Kerbau menjadi fokus utama yang harus diperhatikan karena unsur kimianya. Terdapat sisa unsur metabolisme berupa urea, asam uric, dan keratinin serta hasil dari metabolisme protein yang disekresikan melalui ginjal. Hasil tersebut berupa 92% cairan dan biasa disebut urine.

Dengan kandungan bahan yang cukup tinggi, urine Kerbau dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Nitrit/nitrat yang merupakan bagian dari siklus nitrogen apabila terserap berlebih dalam tanah dapat terakumulasi dan mencemari sumber air dalam tanah maupun tanaman yang dimakan oleh manusia akan mengganggu kesehatan masyarakat. Meningkatnya unsur senyawa pada badan air juga akan terjadi apabila kadar parameter tidak seimbang atau tidak sesuai standar imbasnya, terjadi

penguraian yang tidak sempurna (kekurangan kadar oksigen terlarut) serta menimbulkan bau busuk. Selain itu, lalat dan nyamuk dapat berkembangbiak pada badan air yang tercemar lalu menimbulkan berbagai penyakit pencernaan. Limbah cair juga akan berdampak pada warna, pH, dan total padatan terlarut. Selain itu, padatan tersuspensi, BOD dan Ammoniak juga akan mengalami peningkatan.

2. Limbah Cair Hewan Ternak Babi

Ternak Babi berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan tahun 2015 menunjukkan bahwa terdapat setidaknya jumlah Babi diperkirakan 60.860 ekor. Karakteristik limbah peternakan babi menjelaskan bahwa air limbah peternakan babi mengandung bahan yang tinggi. Air limbah tersebut terdiri dari urine, feces, sisa makanan, dan air dari pembersihan kandang. Air limbah peternakan babi sangat sulit untuk diolah akibat kandungan tidak stabil yang tinggi.

Limbah peternakan babi mengandung air, karbohidrat kompleks dan nutrien. Kompleks karbohidrat tersebut akan dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti karbon dioksida dan air selama proses pengolahan. Di samping itu, terdapat pula nutrien, unsur, dan garam dalam jumlah kecil. Bakteri patogen juga terkandung dalam limbah peternakan babi.

Menurut Jung et al. (2000), air limbah peternakan babi memiliki nilai COD, ammonia, nitrogen, dan alkalinitas yang tinggi. Nitrat dan Nitrit bentuk umum kombinasi Nitrogen, pencemaran Nitrat disebabkan air limbah pertanian akibat pupuk Nitrogen. Pada makanan ternak terdapat tanaman

yang dipupuk dan mengandung nitrogen yang menjadi salah satu sumber pencemaran air.

3. Standar Baku Mutu Air Limbah Hewan Ternak

Baku mutu air merupakan ambang batas kadar yang diizinkan bagi bahan pencemar untuk terdapat di dalam air, namun dapat digunakan sesuai peruntukannya (misal untuk air cuci). Baku mutu air adalah pengendali untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan oleh berbagai kegiatan, seperti menetapkan baku mutu air limbah untuk aktivitas peternakan. Nilai standar baku mutu air limbah untuk peternakan dilihat pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Peternakan. Kuantitas air limbah maksimum untuk kerbau/sapi sebanyak 200 ltr/ekor/hari, babi sebanyak 40 ltr/ekor/hari dan parameter-parameter yang menjadi standar baku mutu yaitu: BOD, COD, TSS, NH₃-N, dan pH

G. Penentuan Status Mutu Air

1. Status Mutu Air

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 115 Tahun 2003 penentuan status mutu air yang berkaitan dengan senyawa pencemar yang bermakna untuk suatu peruntukan yaitu Metode Indeks Pencemaran. Metode Indeks Pencemaran.

Indeks ini dinyatakan sebagai Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Indeks Pencemaran (IP) ditentukan

untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (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.

Evaluasi terhadap nilai Indeks Pencemaran:

- 1) $0 \leq IP \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (*good*)
- 2) $1,0 < IP \leq 5,0$ = tercemar ringan (*slightly polluted*);
- 3) $5,0 < IP \leq 10$ = tercemar sedang (*fairly polluted*),
- 4) $IP > 10,0$ = tercemar berat (*heavily polluted*).

Persamaan Indeks Pencemaran

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

L_{ij} = konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu Peruntukan Air (j),

C_i = konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, hasil pengukuran

PI_j = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} .

2. Klasifikasi mutu air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun

2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta kegunaannya.

Tabel 3. Parameter Standar Kualitas Air Sungai di Indonesia

	No	Parameter	Satuan	Tingkat Kualitas Air			
				Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
Fisik	1	Suhu	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	Fisik
	2	Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	1.000	1.000	1.000	
	3	Total Suspended Solids (TSS)	mg/l	50	50	400	400
Kimia	4	pH		6.5-9.0			
	5	Biological Oxygen Deman (BOD)	mg/l	2	3	6	6
	6	Chemical Oxygen Deman (COD)	mg/l	10	25	50	100
	7	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	6	4	3	0
	8	Fosfat (P)	mg/l	0.2	0.2	1	5
	9	Nitrat (NO ₃ N)	mg/l	10	10	20	20
	10	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	0,5	(-)	(-)	(-)
Kimia Organik	11	Minyak dan Lemak	ug/L	1.000	1.000	1.000	(-)
	12	Deterjen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)
Mikrobiologis	13	Fecal Coliform	MPN/100ml	100	100	1.000	2.000
	14	Total Coliform	MPN/100ml	1.000	1.000	5.000	10.000

Sumber : PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Berdasarkan Tabel 2. Standar Kualitas air sungai terdiri dari:

1. Kelas I : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II : Air yang peruntukannya digunakan untuk

prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Kelas III : Air yang peruntukannya digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

H. Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga, perkantoran, perdagangan maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut ke bak interceptor yang nantinya di salurkan ke saluran utama atau saluran drainase

Sistem penyaluran air limbah pada prinsipnya terdiri dari dua macam, yaitu:

- a. Sistem penyaluran terpisah

Sistem penyaluran terpisah adalah sistem yang memisahkan aliran air

buangan dengan limpasan air hujan

b. Sistem penyaluran campuran,

sistem penyaluran menggabungkan aliran air buangan dengan limpasan air hujan.

I. Pengolahan Air Limbah

Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menghilangkan atau menyisihkan kontaminan. Kontaminan dinyatakan oleh nilai BOD, COD, nutrient, senyawa toksik, mikroorganisme pathogen, padatan tersuspensi maupun terlarut (Metcalf & Eddy, 2004). Pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan ke dalam tiga metode yaitu pengolahan fisik, kimia dan biologi. Penerapan masing-masing metode tergantung pada kualitas limbah dan kondisi fasilitas yang tersedia. Pengolahan fisik merupakan metode pengolahan dimana diaplikasikan proses fisik seperti screening, mixing, flokulasi, sedimentasi, flotasi, filtrasi dan transfer gas. Pengolahan kimia merupakan metode pengolahan dimana penyisihan atau konversi kontaminan terjadi karena penambahan bahan kimia dan melawati reaksi kimia seperti adsorpsi dan disinfeksi. Sedangkan Pengolahan biologi merupakan metode pengolahan dimana kontaminan disisihkan melalui aktivitas biologi yang ditujukan untuk menghilangkan substansi *biodegradable* dalam limbah cair (Metcalf & Eddy, 2004).

1. Pengolahan Fisik

Maksud pengolahan fisik adalah memisahkan zat yang tidak

diperlukan dari dalam air tanpa menggunakan reaksi kimia dan reaksi biokimia hanya menggunakan proses secara fisik sebagai variabel pertimbangan untuk rekayasa pemisahan dari air dengan polutan atau zat-zat pencemar yang ada di dalam air limbah tersebut. Beberapa cara pemisahan yang dapat dilakukan diantaranya adalah:

- a. Pemisahan sampah dari aliran dengan saringan sampah (*Screen*),
- b. Pemisahan grit (pasir) dengan pengendapan melalui Bak Penangkapan Pasir (*grit chamber*), kecepatan aliran dalam *grit chamber* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga yang diendapkan hanya pasir yang relatif mempunyai spesifik gravitasi yang lebih berat dari partikel lain,
- c. Pemisahan partikel *discrete* (sendiri tidak mengelompok) dari suspensi melalui pengendapan bebas (*unhindered settling*),
- d. Pemisahan pengendapan material *flocculant* (hasil proses flokulasi atau proses sintesa oleh bakteri) yaitu partikel yang mengelompok oleh gaya saling tarik menarik (*van derwaals forces*) menjadi menggumpal lebih besar dan kemudian menjadi lebih berat dan mudah mengendap.
- e. Pemisahan partikel melalui metoda *sludge blanked* yang disebut juga *hindered sedimentation*.
- f. Pemisahan dengan metoda konsolidasi pengendapan yaitu diendapkan pada lapisan cairan yang dangkal sehingga mempercepat pengendapan. Sistem ini disebut lamella separator. Penerapannya seperti *tube settler* dan *plat settler*.

2. Pengolahan secara Biologi

Hampir semua jenis limbah cair dapat diolah secara biologi bila dilakukan melalui analisis dan kontrol lingkungan yang benar. Proses pengolahan

biologi merupakan proses pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas pertumbuhan mikro organisme yang berkontak dengan air limbah, sehingga mikroorganisme tersebut dapat menggunakan bakteri pencemar yang ada sebagai bahan makanan dalam kondisi lingkungan tertentu dan mendegradasi atau menstabilisasinya menjadi bentuk yang lebih sederhana (Metcalf & Eddy, 2004).

Proses pengolahan biologi juga dapat dibagi berdasarkan media pertumbuhan mikroorganismenya, yaitu:

- a. Pertumbuhan tersuspensi atau *Suspended growth*, mikroorganisme berada dalam keadaan tersuspensi di air limbah seperti pada reaktor lumpur aktif atau kolam oksidasi.
- b. Pertumbuhan terlekat atau *Attached growth*, mikroorganisme tumbuh terlekat pada media pendukung yang berada di dalam air limbah. Media pendukung ini dapat berupa media pendukung yang bergerak (*rotating biological contactor*) diam (*trickling filter, baffled reactor*), terendam (*fluidized bed*) maupun tidak terendam (*trickling filter*).
- c. Kombinasi dari *suspended* dan *attached growth*.

3. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia merupakan metode pengolahan dimana penyisihan atau perubahan karakteristik kontaminan terjadi akibat penambahan bahan kimia dan melewati reaksi kimia seperti klorinasi dan desinfeksi.

Pengolahan cara ini biasa dilakukan untuk partikel-partikel yang tidak mudah mengendap, logam berat, senyawa fosfor dan zat beracun, dengan cara memberi bahan kimia yang diperlukan. Pada dasarnya dengan

pengolahan secara kimia akan didapatkan efisiensi pengurangan yang lebih baik, akan tetapi konsentrasi total padatan menjadi meningkat akibat adanya penambahan bahan kimia tersebut.

Selain itu, penambahan bahan kimia akan berpengaruh terhadap besarnya energi yang digunakan yang kemudian akan menyebabkan biaya pengolahan menjadi lebih mahal. Contoh pengolahan kimia yang dilakukan di unit pengolahan air limbah adalah klorinasi dan desinfeksi.

J. Pengolahan Air Limbah Dengan Biofilter

Pengolahan air limbah dengan proses Biofilter merupakan pengolahan limbah secara biologi yang mempunyai beberapa keunggulan antara lain: Pengoperasiannya mudah di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem Biofilter tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah "*bulking*" seperti pada proses lumpur aktif (*Activated sludge process*). Oleh karena itu pengelolaaanya sangat mudah lumpur yang dihasilkan sedikit dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses Biofilter relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses Biofilter hanya sekitar 10-30 %.

Hal ini disebabkan karena pada proses Biofilter rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi zat rendah maupun tinggi. Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem Biofilter

mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.

Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil. Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses Biofilter maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan Biofilter dan juga lapisan Biofilter bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar. Adanya air buangan yang melalui media biofilter seperti sarang tawon, kerikil atau *Bio ball* yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti media sarang tawon, kerikil atau *Bio ball* (*biological film*). Air limbah yang masih mengandung zat yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikro-organisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut.

Makin luas bidang kontaknya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat nya (BOD) makin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini dapat juga mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi atau suspended solids (SS) ammonium dan posphor. Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan biofilter yang lain antara lain yakni: Biaya operasinya rendah. dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.

Proses Biofilter

Biofilter adalah pengolahan limbah menggunakan reaktor biologis berupa biofilter yang ditenggelamkan (tercelup). Di dalam biofilter tersebut berisi pembiakan mikroorganisme pengurai.

Kandungan limbah pada umumnya seperti amonia, BOD, COD, dan fosfor akan diuraikan atau terdifusi di dalam reaktor biofilter atau juga biasa disebut media penyangga. Untuk aerasi berdifusser dan beraliran putar, penyerapan oksigennya dikenal lebih optimal. Oleh karena itu, sistem aerasi merata lebih sering digunakan karena dapat menyerap O₂ secara optimal sekaligus mengolah air limbah dengan biofilter yang dapat menampung dan melekatkan mikroorganisme yang tumbuh dalam jumlah yang besar.

Sistem aliran dilakukan secara *down flow* (atas ke bawah) sehingga terjadi filtrasi secara gravitasi dan mikroorganisme berbentuk lumpur biofilm akan terbentuk dengan sendirinya.

K. Jenis Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan sintetis dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon, *bio ball* dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari alam berupa batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, pasir, batu bara (kokas) dan lainnya.

Biasanya untuk media biofilter semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi

lebih kecil (Rhenny Rahmawati, 2018). Jika aliran dilakukan dari atas ke bawah (*down flow*) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya.

Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (*short pass*) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun. Untuk media biofilter dari bahan sintesis yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil, dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar.

Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC dan *Bio ball*.

L. Bagian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Bangunan Instalasi Penolahan Air Limbah terdiri dari:

1. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimumkan dan mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi limbah cair.

Kegunaan dari bak ekualisasi adalah :

1. Mengkontinyukan debit air limbah.
2. Menstabilkan karakteristik limbah dan fluktuasi dari beban .
3. Meratakan pH untuk meminimalkan kebutuhan bahan kimia pada proses netralisasi.
4. Meratakan kandungan padatan.

2. Bak Pengendapan Awal

Pada tahap ini, air limbah diproses ke dalam bak pengendapan agar padatan limbah tersuspensi dapat berkurang. Proses pengendapan masih sederhana karena partikel diendapkan secara gravitasi. Bak pengendap awal juga berguna sebagai pengontrol aliran, pemisah, dan penampung senyawa padat yang masih terlarut pada limbah.

Bak pengendap awal dikenal memiliki efisiensi tinggi untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi (Suspended Solids) sebesar 50-70% dan material 25-40% (Metcalf & Eddy, 2004.).

3. Bak Biofilter

Biofilter adalah metode pengolahan air kotor atau limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme sehingga menjadi air bersih yang dapat di manfaatkan lagi. Proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembang biakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi.

Media biofilter adalah bagian terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah.

Media atau Bahan material alam yang digunakan terdiri dari:

1. Zeolit

Menurut Agung.et.al (2007), zeolit pertama kali ditemukan oleh seorang ahli mineral bangsa Swedia pada tahun 1756, yang bernama A.F Cronstedt. Penamaan zeolit berasal dari bahasa Yunani, yang berarti "batu membuih", sesuai sifatnya yang akan membuih bila dipanaskan pada temperatur 100 m °C-150°C. Zeolit adalah kelompok mineral yang dalam pengertian/penamaan bahan galian, merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri (SS Antaria 2015).

Mineral zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan (Sutarti,1994). Menurut Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (2001), komposisi zeolit alam terdiri atas, senyawa alumino silikat hidrat dan unsur logam alkali.

Zeolit memiliki sifat fisika dan kimia seperti derajat hidrasi yang tinggi, kerapatan ruang yang rendah, kemampuan untuk melakukan pertukaran kation, saluran molekul yang seragam dalam kristal terhidrasi, kemampuan sebagai katalis dan konduktivitas terhadap aliran listrik.

A. Sifat-Sifat Zeolit

Zeolit mempunyai sifat-sifat kimia, diantaranya: dehidrasi, penyerapan, penukar ion, katalis, dan penyaring atau pemisah.

a. Dehidrasi

Menurut Barrer (1982), sifat dehidrasi zeolit berpengaruh terhadap sifat serapannya. Keunikan zeolit terletak pada struktur porinya yang spesifik. Kation-kation atau molekul air terdapat dalam pori-pori zeolit alam. Bila kation-kation atau molekul air tersebut dikeluarkan dari dalam pori dengan suatu perlakuan tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori yang kosong.

b. Penyerapan

Menurut Khairinal (2000), dalam keadaan normal, ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

c. Penukar Ion

Menurut Bambang, dkk (1998), ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi bergantung pada ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain bergantung pada sifat kation, suhu, dan jenis anion.

d. Katalis

Menurut Bambang, dkk (1998), zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk.

Selektivitas molekuler seperti ini disebut penyaring molekuler (*molecular sieve*) yang terdapat dalam substansi zeolit alam.

e. Penyaring/pemisah

Menurut Bambang, dkk (1998), zeolit sebagai penyaring molekuler maupun pemisah didasarkan atas perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekuler yang disaring. Sifat ini disebabkan zeolit mempunyai pori yang cukup besar. Molekul yang berukuran lebih kecil dari pori dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari pori akan ditahan.

B. Manfaat Zeolit

Menurut, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (2001), zeolit dapat dimanfaatkan sebagai bahan:

- a. Pupuk untuk pertanian
- b. Bahan aditif ("*additive*") makanan ternak;
- c. Bahan penyerap (*adsorben*) ammonium dalam perikanan/ternak;
- d. Bahan penyerap ("*adsorben*") ammonium dan racun lainnya dalam tanah, atau remediasi lahan bekas tambang, serta "penyaring" unsur-unsur pengotor pada sistem instalasi pengolahan air.

Zeolit menurut proses pembentukannya dibagi 2, yaitu : zeolit alam (natural zeolit) dan zeolit sintesis (*synteticzeolit*).

Berdasarkan ukuran porinya, zeolit dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu: zeolit dengan pori kecil (*small pore zeolit*), zeolit dengan pori medium (*medium pore zeolit*), dan zeolit dengan pori besar (*large pore zeolit*). Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} atau

Mg²⁺ sedangkan zeolit sintetik biasanya hanya mengandung kation-kation K⁺ atau Na⁺.

Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al₂O₃, SiO₂, CaO, MgO, Na₂O, K₂O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia.

Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400°C dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan Na₂EDTA atau asam-asam an seperti HF, HCl dan H₂SO₄ untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori.

1. Filtrasi Dengan Zeolit Alam

Filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang ke dalaman media yang dilewatinya.

Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk algae, virus dan koloid-koloid tanah .

Beberapa jenis media filter, diantaranya adalah: (Reynolds, 1982)

1. Single-media filter, proses filtrasi yang memerlukan satu jenis media, biasa pasir atau antrasit (batu bara hancur).
2. Dual-media filter, proses filtrasi yang memerlukan dua jenis media, biasanya pasir dan antrasit.
3. Multi-media filter, proses filtrasi yang memerlukan tiga atau lebih jenis media, biasanya menggunakan pasir, antrasit dan granit.

Filtrasi adalah pemisahan partikel padat dari cairan dengan cara mengalirkan campuran melalui pori-pori yang cukup halus sehingga mampu menahan partikel-partikel padat, namun dapat melewatkan atau meloloskan cairan yang ada. Prinsip filtrasi salah satunya adalah menahan partikel yang tersuspensi dalam celah saringan. Alternatif penyaringan dengan zeolit ini, diperlukan untuk mendapatkan hasil penyaringan limbah cair yang memenuhi syarat kesehatan lingkungan.

Aktivasi zeolit alami dapat melakukan fungsi ini karena kapasitasnya tinggi dalam pertukaran ion. Energi adsorpsi-desorpsi dan kemampuan untuk modifikasi aktivasi zeolit memiliki kerangka kristal biasa terbuka yang menghasilkan medan listrik yang berinteraksi menarik dan mengikat berbagai kation.

2. Gambas

Gambas atau oyong, adalah komoditas sayuran minor. Penanamannya biasanya dilakukan di pekarangan atau bagian ladang yang tidak digunakan untuk tanaman lain. Gambas dipanen buahnya ketika masih muda dan diolah sebagai sayur. Makin tua, gambas akan berubah menjadi makin

kering dan terbentuk serat pangan. Serat ini dapat dijadikan sebagai sabut pencuci, peredam/bantalan, bahan pengemas/packaging dan bahan penyaring kasar Gambas juga berfungsi sebagai penyaring kotoran yang ada di air dengan cara menahan kotoran.

Media atau bahan biofiter yang digunakan terdiri dari:

Pada biofilter berbahan sintesis, luas permukaan yang besar sebanding lurus dengan diameter yang mengecil. Maka semakin besar pula pengembangbiakkan jumlah mikroorganisme, tetapi volume rongga turut mengecil. Jenis media penyangga biofilter adalah sebagai berikut:

1. *Bio-ball*

Spesifikasi Media penyangga (*Bio-Ball*)

Tipe : *Bio-ball Golf*

Material : *Thermoplastic*

Diameter : 3 cm

Luas Spesifik : $\pm 210 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Berat Spesifik Media : $164,34 \text{ kg}/\text{m}^3$

Berat Jenis : $0,970 \text{ kg}/\text{m}^3$

Porositas : 0,75

Warna : Hitam

Bio-ball adalah media filter yang sangat diperlukan dalam sistem filtrasi biologi. berfungsi sebagai penyaring kotoran kasar dan media tempat hidupnya mikroorganisme atau bakteri.

Bakteri dalam hal ini adalah bakteri yang menguntungkan dengan

fungsi untuk membersihkan. Bakteri hidupnya menempel pada permukaan media. Semakin banyak *bio-ball* dalam media filter maka akan semakin banyak pula bakteri yang menguntungkan sehingga semakin baik juga kualitas airnya.

Media *bio-ball* mempunyai keunggulan antara lain mempunyai luas spesifik yang cukup besar, pemasangannya mudah (random), tidak memerlukan manhole yang besar sehingga untuk paket Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) kecil sangat sesuai.

2. *Jap-mat* (*Japanese mat*)

Jap-mat adalah salah satu media filter mekanis tetapi jika dibiarkan akan berubah menjadi bio-mekanis. *Jap-mat* biasanya disusun paling atas, yang bergunanya untuk menyaring kotoran paling kasar dan juga berguna untuk rumah bakteri pengurai. *Jap-mat* menggunakan bahan yang berkualitas tinggi. Terbuat dari serat fiber/poliester, teksturnya kaku, tebal, dan tahan lama.

Tabel 4. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter

No.	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³)
1	<i>Trickling</i> Filter dengan batu pecah	100 – 200
2	Modul Sarang Tawon (<i>honeycomb</i> modul)	150 – 240
3	Tipe Jaring	50
4	<i>Bio-ball</i>	200 – 235
5	RBC	80 – 150

Dalam pemilihan media biofilter harus diperhatikan beberapa kriteria

untuk penentuan, diantaranya memiliki luas permukaan yang cukup, bervolume rongga luas, diameter celah bebas besar, tidak mudah tersumbat, terbuat dari bahan inert, dan harga per unitnya ekonomis.

Kriteria Penentuan Media Penyangga.

Dalam hal pengolahan limbah menggunakan biofilter, penentuan media penyangga amatlah krusial. Dimensi dan kriterianya harus sesuai dengan jenis limbah yang akan diolah. Diantara syarat dan pertimbangannya adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai luas permukaan spesifik besar

Luas permukaan spesifik menyatakan total volume media yang dapat menyerap dan ditinggali mikroorganisme. Satuan pengukuran luas permukaan spesifik adalah m^2/m^3 . Luas permukaan spesifik menjadi indikator penting penentuan kapasitas biofilter untuk penghilang polutan. Selain itu juga berpengaruh pada biaya reaktor biofilter.

2. Mempunyai fraksi volume rongga tinggi

Persentase dari volume bebas/terbuka di dalam media penyangga disebut juga sebagai fraksi volume rongga. Fungsi fraksi ini adalah melancarkan aliran air dan udara agar tidak memiliki hambatan

3. Diameter celah bebas besar

4. Tahan terhadap *clogging* (penyumbatan)

Media biofilter seringkali tersumbat akibat biomassa yang tumbuh melebihi kapasitas media itu sendiri. Penyumbatan juga dapat terjadi karena permasalahan pemeliharaan, ketidakseragaman volume rongga media. Sehingga dalam pemilihan media alangkah

baiknya digunakan media dengan luas permukaan spesifik dan fraksi volume rongga besar.

5. Dibuat dari bahan *inert*

Bahan *inert* adalah bahan yang tidak mudah busuk, tahan terhadap korosif, serta tahan reaksi kimia tertentu. Tetapi, media ini umumnya memiliki unsur dari bahan plastik dan menjadi rapuh jika tidak terlindung dari radiasi ultraviolet. Maka penggunaan bahan berjenis ini disarankan memiliki pelindung dari sinar ultraviolet

6. Harga per-unit luas permukaan murah

7. Mempunyai kekuatan mekanik baik

Kekuatan mekanik media berpengaruh untuk proses pemeliharaan. Selain itu jika media berkekuatan mekanik cukup baik maka bentuknya juga cenderung stabil.

8. Ringan

Media dengan massa yang tergolong berat membutuhkan penyangga yang kuat sehingga biaya kebutuhan atau pembangunan akan semakin mahal.

9. Fleksibilitas

Pemilihan media biofilter yang digunakan harus yang mudah dimasukkan ke dalam reaktor dan dapat disesuaikan dengan bentuk reaktornya.

10. Pemeliharaan mudah

11. Kebutuhan energi kecil

12. Reduksi cahaya

Media biofilter yang diperuntukkan menghilangkan senyawa nitrogen

sebaiknya menggunakan media yang berwarna gelap dan bentuknya semaksimal mungkin menghalangi cahaya untuk masuk. Hal tersebut dikarenakan bakteri nitrifikasi sensitif terhadap cahaya.

13. Sifat kebasahan

Penampang dari media harus bersifat *hydrophilic* (tidak anti air) sehingga bakteri atau mikroorganisme lebih mudah menempel dan tumbuh.

4. Bak Pengendapan Akhir

Bak pengendap akhir juga berfungsi mirip dengan bak pengendapan awal yaitu mengeliminasi kandungan padatan tersuspensi yang masih tersisa di dalam air limbah sehingga *effluent* dapat langsung dibuang ke saluran drainase melalui pengendapan.

Kualitas effluent inilah yang nantinya penentu utama atau menjadi dasar apakah air limbah hasil pengolahan telah memenuhi standar baku mutu atau belum. Di tahap ini air limbah yang diolah dapat diambil sampelnya.

H₂SO₄ atau Asam Sulfat

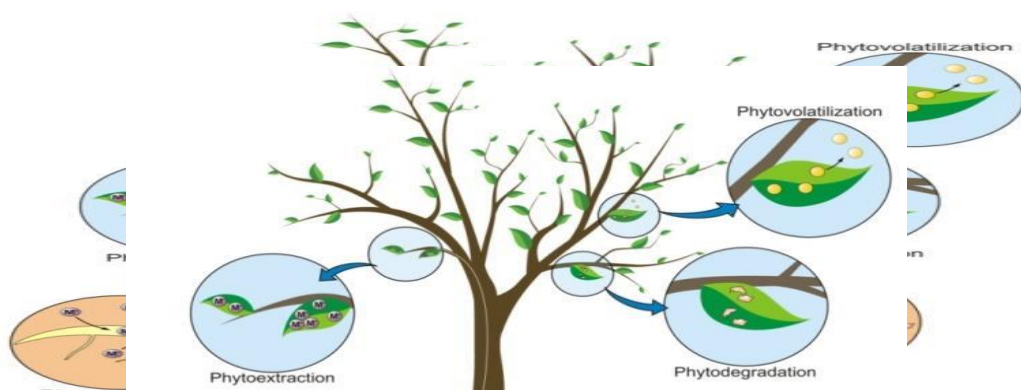
H₂SO₄ atau asam sulfat merupakan asam mineral yang kuat. Zat ini terlarut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan biji mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah (bahan pengawet limbah sebelum diuji di laboratorium).

M. Fitoremediasi

Phyto asal kata Yunani / greek *phyton* yang berarti tumbuhan/ tanaman (*plant*), *remediation* asal kata Latin *remediare* yaitu memperbaiki, menyembuhkan atau membersihkan sesuatu.

Jadi fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan micro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Rustam Efendi, 2003)

Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan metode baru yang menarik untuk mengendalikan dan membersihkan limbah berbahaya menggunakan tanaman hijau. Fitoremediasi melibatkan penggunaan tumbuhan vascular, ganggang, maupun jamur untuk menghilangkan dan mengontrol limbah di dalam air atau untuk memacu perbaikan limbah oleh mikroorganisme di rizosfer. Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan (Schnoor, 2003). Brown et al. (1995) pada penelitian Zinc and Cadmium Uptake by Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* Grown in Nutrient Solutions mengemukakan bahwa suatu tumbuhan dapat dikatakan hiperakumulator apabila memiliki sifat sebagai berikut: Tumbuhan memiliki tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang lebih tinggi dibanding tanaman lainnya. Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/



Sumber: <https://www.intechopen.com>

Gambar 1. Skema representasi strategi fitoremediasi

Pada Gambar 1 menunjukkan skema representasi tumbuhan dalam mereduksi polutan melalui proses meliputi :

- a. *Phytovolatilization*, yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer.
- b. *Phytodegradation (phytotransformation)*, yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi
- c. *Pytostimulation*, yaitu pelepasan senyawa mikroba yang berada

disekitar akar tumbuhan,

- d. *Phytostabilization*, yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media,
- e. *Phytoextraction*, yaitu proses tumbuhan menghilangkan unsur atau senyawa yang berbahaya dari tanah atau air, yang memiliki kepadatan tinggi melalui akar maupun daun.

Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan air limbah yang berteknologi rendah dan murah. Teknologi pembersihan didefinisikan sebagai penggunaan tanaman hijau untuk menghilangkan atau membuat tidak berbahaya, kontaminan lingkungan seperti logam berat, senyawa dan senyawa radioaktif di tanah atau air. Fitoremediasi memanfaatkan kemampuan pengambilan akar tanaman yang unik dan selektif bersamaan dengan kemampuan penyimpanan / degradasi

Degradation yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.

Jenis- Jenis Tanaman Fitoremediasi

Tumbuhan fitoremediasi banyak tumbuh hampir semua belahan bumi.

1. Lidah Mertua (*Sansiviera lorentii*)

Tanaman hias ini cukup populer dikalangan masyarakat yang sering digunakan para arsitek lanskap untuk mendesign taman rumah. Selain penghias tanaman ini memiliki keistimewaan seperti mampu bertahan pada rentang dan suhu yang sangat luas dan sangat resiten terhadap polutan.

Ada 107 jenis polutan atau racun yang mampu diserap tanaman ini termasuk racun monoksida (CO) sisa pembuangan kendaraan, nikotin dari asap rokok bahkan radiasi nuklir.

2. Bunga Matahari (*Heliantus annuus*)

Biji bunga matahari banyak dikenal masyarakat umum sebagai bahan baku makanan kecil kwaci. Di bidang industri digunakan sebagai bahan baku minyak.

Polutan yang diserap diantaranya Arsen (As), Timah (Sn), uranium (U), strontium (Sr) dan Radosesium (CS). Uranium dan strontium menyebabkan mutasi genetik pada manusia.

3. Sirih Belanda (*Scindapus aureus*)

Termasuk tanaman hias *Indoor* dengan pertumbuhan merambat. Mudah tumbuh dimana saja termasuk media pot. Menambah kesegaran pada ruangan dan pekarangan. Menyerap nikotin yang berasal dari asap rokok dan menurut penelitian para ahli daun tanaman ini mampu menyerap racun.

4. Kangkung Darat (*Ipomea reptans*)

Kangkung terkenal dengan sayuran konsumsi yang dibudidayakan namun itu jenis kangkung air sedangkan jenis kangkung darat pada dasarnya tanaman kandungan karotena, hentriakontan dan sitosterol berfungsi sebagai antiinflamasi, diuretik, hemostatic. Polutan yang diserap adalah tembaga (Cu).

5. Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Habitat tanaman ini pada lahan kering. Banyak ditemukan di pinggir

jalan dan menjadi alternatif biodiesel. Polutan yang diserap:

- a. Nikel (Ni)
- b. Remediasi tanah tercemar Timbel (Pb) dan cadmium (Cd) dalam tanah sebesar 50mg/kg
- c. Survive pada tanah yang terkontaminasi Arsenik (As), Cromium (Cr) dan seng (Zn)

6. Bambu Air (*Equisetum sp.*)

Pada penelitian Large (2006), jenis paku ekor kuda atau bambu air juga dikenal karena kegunaannya sebagai obat.

Di Indonesia batang bambu air ini digunakan sebagai obat sakit otot atau sakit tulang dengan cara membuatnya sebagai param. Berdasarkan beberapa hasil penelitian dikatakan bahwa tumbuhan ini mengandung asam kersik dan kalium yang tinggi. Oleh karena itu di Eropa tumbuhan ini dipakai pula sebagai obat diuretik (Large, 2006).

Disamping sebagai obat, tumbuhan ini mempunyai keistimewaan yang tidak dijumpai pada jenis paku lainnya, yaitu sebagai alat pembersih pisau, garpu dan sendok. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan silikanya yang tinggi pada tanaman tersebut (Fried, 2005).

Pada dasarnya seluruh substansi dalam larutan pada tanah dan benda-benda air dapat diserap oleh akar-akar tumbuhan seperti spons yang menyerap suatu cairan dan apa saja yang terkandung didalamnya tanpa seleksi. Suatu tanaman mempunyai kemampuan penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, terutama pada

nitrat, amonium, fosfat dan lain-lain.

Terdapat dua sifat pengambilan ion oleh tanaman yaitu faktor konsentrasi dan faktor perbedaan kuantitatif. Pada faktor konsentrasi dilihat kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai suatu konsentrasi, sedangkan pada faktor perbedaan kuantitatif dilihat dari perbedaan spesies tanaman dan kebutuhan unsur hara dan tanaman tersebut (Fither dan Hey, 1992).

N. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi geografis (SIG) adalah suatu sistem dengan bantuan komputer untuk penyimpanan, analisis dan dapat menampilkan data geografis menurut spesifikasi pengguna (Laurini dan Thomson, 1992). Definisi lain SIG adalah teknologi berbasis komputer dan metodologi untuk pengumpulan, manajemen, analisis dan modeling dan tampilan geografi untuk berbagai penerapan.

Aplikasi SIG meliputi kegiatan Inventarisasi, pemetaan, monitoring dan pemodelan, salah satu produk SIG adalah dalam bentuk Peta. Peta pada dasarnya merupakan sekumpulan informasi yang diperoleh dari proses pengolahan dan analisis data, informasi yang terkandung dalam peta dapat digunakan untuk pengambilan keputusan atau penentuan kebijaksanaan.

Penggunaan teknik pengindraan jauh yang dipadukan dengan SIG diharapkan dapat menyediakan data dan menganalisis data secara spasial sehingga dapat menghasilkan informasi yang dapat dipakai untuk

mengambil keputusan yang bersifat integratif.

Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi obyek di bumi.

Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi (PPPPTK, 2016). Fenomena tersebut berupa fenomena alamiah dan buatan manusia. Data pada SIG memiliki berbagai macam bentuk, mulai dari data mentah maupun data yang sudah dalam bentuk siap tampil. Misalnya data array dari GPS (koordinat), hasil scanning peta, digitasi, citra satelit (penginderaan jauh) dan lain-lain dimana tiap titiknya diwakili oleh nilai longitude (garis bujur) dan latitude (garis lintang).

Sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu:

1. Informasi lokasi (spasial), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan contohnya: jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya.

Secara umum data spasial memiliki dua jenis tipe yaitu data vektor dan data raster. Model data vektor mampu menampilkan, menempatkan,

dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau poligon beserta atribut-atributnya dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (vector). Sedangkan Model data raster mampu menampilkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel – piksel yang membentuk grid. Pemanfaatan kedua model data spasial ini biasanya disesuaikan dengan peruntukan dan kebutuhannya.

GIS atau SIG adalah sebuah system yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia, organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisa, menyebarkan informasi- informasi mengenai daerah-daerah dipermukaan bumi. Dalam arti luas, Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk memanipulasi data secara geografis dan selanjutnya dapat dipakai sebagai bahan acuan dalam pengambilan keputusan. SIG juga digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisa objek atau fenomena lain dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang sangat penting dalam proses menganalisa. Dapat disimpulkan bahwa SIG merupakan suatu alat, metode dan prosedur yang mempermudah dan mempercepat usaha untuk menemukan dan memahami persamaan-persamaan dan perbedaan-perbedaan yang ada dalam ruang muka bumi. (Prahasta, Eddy. 2009).

Pada dasarnya istilah sistem informasi geografis merupakan gabungan dari tiga unsur pokok : sistem, informasi dan geografis. Jadi

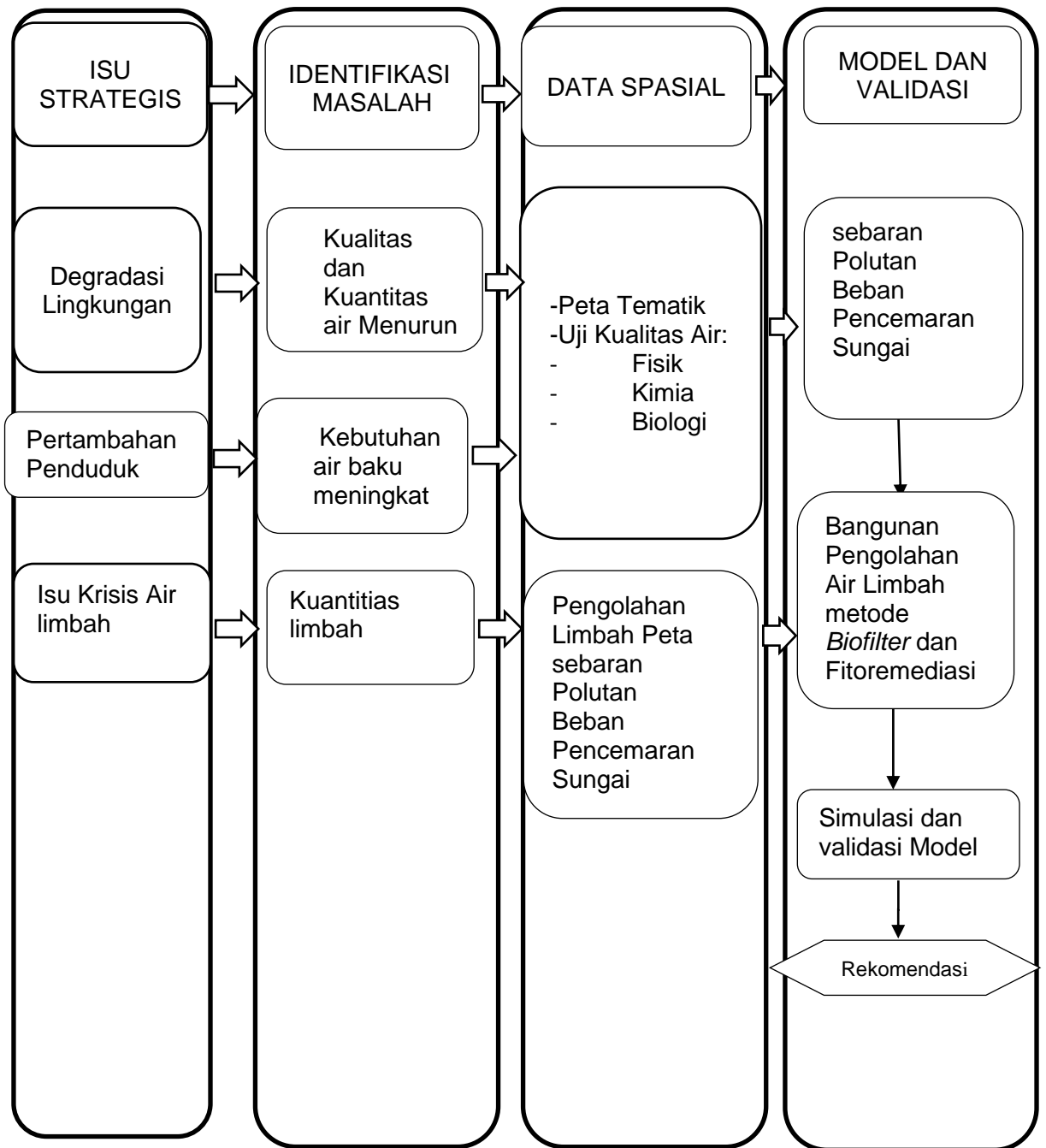
sistem informasi geografis adalah kumpulan dari sistem yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, dan data geografi yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, meng-update, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi dan data yang bereferensi geografi. Oleh sebab itu dari definisi tersebut maka sistem informasi geografis memiliki kemampuan-kemampuan yaitu :

1. Memasukkan dan mengumpulkan data geografi (spasial dan atribut).
2. Mengintegrasikan data geografi (spasial dan atribut).
3. Memeriksa, meng-update (mengedit), data geografis (spasial dan atribut).
4. Menyimpan dan memanggil kembali data geografi (spasial dan atribut).
5. Mempresentasikan atau menampilkan data geografi (spasial dan atribut).
6. Mengelola data, memanipulasi data geografi (spasial dan atribut).
7. Menghasilkan keluaran (output) data geografi dalam bentuk-bentuk peta tematik, tabel dan data atribut/tabular.

O. Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan Latar belakang dan Tinjauan Pustaka dibuat kerangka penelitian yang harus dilalui dalam penelitian pemodelan hubungan antara kualitas air di hulu, tengah dan hilir sungai Saddang yang mengalami degradasi karena sebaran polutan yang berasal dari Limbah hewan ternak.

Kerangka Berpikir merupakan model konseptual mengenai bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah didefinisikan sebagai masalah yang penting. Dalam hal ini menjelaskan secara teoritis pertautan antar variabel yang akan diteliti. Kerangka pikir dalam penelitian ini adalah berupa model konseptual yang disusun berdasarkan isu utama yang berkembang saat ini yakni isu utama masalah degradasi Lingkungan.



Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian

P. HIPOTESIS

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan serta perumusan masalah dan tinjauan pustaka yang ada, maka ditentukan hipotesis setelah mengetahui gambaran distribusi spasial pencemaran air Sungai Saddang dengan menggabungkan teknologi pengideraan jarak jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG) dan data kualitas air yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai dapat ditentukan letak lokasi bangunan dan membuat bangunan pengolahan air Limbah dan mengolah limbah dengan metode biofilter dan metode fitoremediasi yang ramah lingkungan dan dapat mereduksi limbah yang masuk kedalam badan sungai sehingga kualitas air dapat memenuhi peruntukan untuk syarat mutu dan tidak mengeluarkan biaya besar untuk proses pengolahan air bersih untuk berbagai kebutuhan.