

ANALISIS TINGKAT PENYEBARAN PENCEMARAN SUNGAI TALLO DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

(Analysis of the Pollution Distribution Level of the Tallo River using Geographic Information Systems (GIS))

Firdha Nurhikmah¹, Mery Selintung¹, Syafruddin Rauf²

¹*Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Civil & Environmental Engineering Building Fakultas Teknik, Kampus Gowa Jl Poros Malino, km 6 Bontomarannu, Gowa*

²*Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Civil & Environmental Engineering Building Fakultas Teknik, Kampus Gowa Jl Poros Malino, km 6 Bontomarannu, Gowa*
Email: firdhanurhikmah@gmail.com

Diterima: 9 April 2022, Direvisi : 16 November 2022, Disetujui : 17 November 2022

ABSTRACT

Makassar City is one of the densely populated cities with various industrial activities. Among the 15 sub-districts in the Makassar City area, eight of them are crossed by the Tallo River. This study aims to analyze the level of spread of pollution and the water quality status of the water at the Tallo River using the parameters of temperature, TSS, pH, DO, BOD, and COD. The research was conducted by delimiting and dividing the research area into 3 river segments based on different types of land use. Sampling of Tallo River water in this study used SNI 6989.57:2008. The water quality parameters were tested in the field and in the laboratory. From the results of this study, based on the standard criteria for class II PP No. 82 of 2001, the water quality of the Tallo River at the research site in terms of physical parameters, the temperature value meets the quality criteria, while the TSS value at several points does not meet the quality standard criteria. In terms of chemical parameters, the pH and DO values meet the quality criteria, while the BOD and COD values does not. The water quality status of the Tallo River is then calculated using the Pollution Index method. Overall, it is categorized as lightly polluted. If broken down per segment, the distribution of water pollution levels in the Tallo River shows a fluctuating pattern, tending to increase at the first segment test point, decrease at the segment 2 test point, and increase again at the last segment test point.

Keywords: *spatial analysis, pollution, Tallo River, GIS*

ABSTRAK

Kota Makassar merupakan salah satu kota padat penduduk dengan berbagai kegiatan industrinya. Diantara 15 kecamatan yang ada di wilayah Kota Makassar, delapan diantaranya dilintasi oleh Sungai Tallo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat penyebaran pencemaran dan status mutu air perairan Sungai Tallo dengan menggunakan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD. Penelitian dilakukan dengan membatasi serta membagi area

penelitian menjadi 3 segmen sungai atas dasar perbedaan jenis tata guna lahan. Pengambilan sampel air Sungai Tallo dalam penelitian ini menggunakan SNI 6989.57:2008 tentang metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Kemudian dilakukan pengujian parameter kualitas air di lapangan dan di laboratorium. Dari hasil penelitian ini, berdasarkan standar kriteria mutu air kelas II PP No. 82 Tahun 2001, kualitas air Sungai Tallo pada lokasi penelitian ditinjau dari parameter fisika, nilai suhu memenuhi kriteria mutu sedangkan nilai TSS pada beberapa titik tidak memenuhi kriteria mutu. Ditinjau dari parameter kimia, nilai pH dan DO memenuhi kriteria mutu sedangkan nilai BOD dan COD tidak memenuhi kriteria mutu air. Status mutu air Sungai Tallo dihitung menggunakan metode Indeks Pencemaran secara keseluruhan masuk dalam kategori cemar ringan. Tingkat penyebaran pencemaran air Sungai Tallo per segmen menunjukkan pola yang fluktuatif, cenderung meningkat pada titik awal pengujian di segmen 1, kemudian menurun pada segmen 2 dan meningkat kembali pada titik pengujian pada segmen 3.

Kata kunci: analisis spasial, pencemaran, Sungai Tallo, SIG

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam terbarukan yang digunakan dalam segala aktivitas pemenuhan kebutuhan sehari-hari makhluk hidup. Air menjadi komponen dalam lingkungan hidup yang mudah mempengaruhi komponen lainnya. Apabila kualitas air buruk, maka akan mempengaruhi kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga kondisi kesehatan dan keselamatan manusia dan makhluk hidup lainnya akan terganggu.

Sumber daya air terdiri dari air permukaan dan air tanah. Permasalahan yang sering terjadi pada sumber daya air adalah rendahnya kuantitas serta kualitasnya. Hal ini sejalan dengan berkembangnya suatu wilayah serta kebutuhan hidup. Banyaknya kegiatan industri, domestik, dan kegiatan lainnya menjadi penyebab penurunan kuantitas dan kualitas air. Menurut Ketut Asrini *et al.* (2017), penurunan kualitas air akan menurunkan ketersediaan, kemudahan penggunaan, produktivitas, daya dukung

dan daya tampung sumber daya air, serta menurunkan kekayaan sumber daya alam. Untuk memperoleh sumber air dengan standar tertentu saat ini cukup mahal, karena sumber air tersebut telah tercemar oleh berbagai jenis limbah dari kegiatan manusia sehingga menyebabkan kualitas sumber air tersebut menurun. Oleh karena itu, segala bentuk pemanfaatan sumber daya air untuk berbagai keperluan harus dilaksanakan secara efisien dan bertanggung jawab.

Sungai merupakan bagian dari sumber daya air dan suatu ekosistem yang menjadi salah satu wadah tempat berkumpulnya air dari suatu kawasan. Sungai banyak dimanfaatkan untuk keperluan manusia seperti penyimpanan air, transportasi, irigasi persawahan, kebutuhan ternak, keperluan industri, keperluan perumahan, bahkan keperluan rumah tangga, tujuan pengendalian banjir. Baik buruknya kualitas air sungai akan berdampak kepada masyarakat itu sendiri dan biota yang hidup di sungai (Yogafanny, 2015).

Pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan air limbah industri, domestik dan industri menyebabkan penurunan kualitas air di sungai. Misalnya, daya dukung sungai yang semakin berkurang, dimana badan sungai sering digunakan sebagai sarana pembuangan akhir limbah dari segala aktivitas manusia. Kualitas sungai akan berubah tergantung pada evolusi lingkungan sungai. Beberapa pencemaran sungai tentu saja disebabkan oleh kehidupan di sekitarnya, baik pada sungai itu sendiri maupun dari perilaku manusia sebagai pengguna sungai. Efek dominan dari terjadinya pencemaran yang paling mungkin terlihat adalah kerusakan yang ditimbulkan oleh manusia terhadap cara hidupnya dalam memanfaatkan alam. Setiap bantaran sungai di dekat pabrik dan kawasan industri pasti akan memiliki saluran pembuangan yang menuju ke badan sungai. Apabila diakumulasikan dari banyak outlet debit, jumlah pencemar yang tersisa di badan sungai cukup tinggi.

Kota Makassar merupakan salah satu kota padat penduduk dengan berbagai kegiatan industrinya. Diantara 15 kecamatan yang ada di wilayah Kota Makassar, delapan diantaranya dilintasi oleh Sungai Tallo. Sungai Tallo merupakan sungai yang terletak dibagian utara Kota Makassar, dengan memiliki luas daerah aliran sebesar 417 km².

Berdasarkan uraian penelitian yang dilakukan oleh Wasir (2013), Sungai Tallo tergolong tercemar dengan tingkat pencemaran mulai dari ringan hingga berat. Hal ini diduga terjadi karena di sekitar bantaran Sungai Tallo terdapat berbagai kegiatan yang dapat menimbulkan pencemaran, antara lain

limbah domestik serta dari saluran pengolahan air limbah yang mengalir ke badan air Sungai Tallo. Sungai Tallo menerima limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Kima yang mengalir dari anak sungai ke badan air Sungai Tallo. Selain industri dalam kawasan, juga terdapat beberapa industri yang berada di luar kawasan yang ikut membuang limbah cairnya ke Sungai Tallo seperti industri galvanisasi, industri kayu lapis dan industri baja, serta PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan pusat perbelanjaan. Selain itu, limbah pertanian juga ikut menyebabkan pencemaran air akibat penggunaan pupuk yang mengandung fosfat dan pestisida. Namun di sisi lain, Sungai Tallo juga dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitarnya untuk mengairi tambak dan sawah, serta menangkap ikan dan kerang untuk konsumsi, sehingga pencemaran yang terjadi di Sungai Tallo tidak hanya menyebabkan kerusakan lingkungan tetapi juga dikhawatirkan dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Berdasarkan uraian di atas, untuk melengkapi penelitian-penelitian terdahulu mengenai tingkat pencemaran Sungai Tallo, maka dilakukan penelitian dengan menambah jumlah titik pengambilan data, menambah parameter uji, melakukan pengolahan data sesuai aturan yang berlaku, dan menggambarkan penyebarannya secara sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat penyebaran pencemaran dan status mutu air perairan Sungai Tallo dengan menggunakan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD. Diharapkan penelitian ini bisa lebih menggambarkan

realita yang terjadi di sungai Tallo Kota Makassar.

Manfaat penelitian ini bisa digunakan untuk keperluan akademik dan pemerintah. Penelitian ini membahas mengenai tingkat pencemaran Sungai Tallo, sehingga diharapkan semua pihak yang berkepentingan dapat lebih memahaminya, khususnya mengenai pola sebaran tingkat pencemaran yang terjadi di Sungai Tallo. Hasil penelitian juga diharapkan dapat menambah referensi ilmu pengetahuan di dunia akademik dan sebagai dasar untuk penelitian lanjutan dalam bidang kualitas air mengenai pola penyebaran tingkat pencemaran pada sungai. Bagi pemerintah, hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi para pengambil kebijakan dalam menentukan arah pembangunan dan konservasi alam di Sungai Tallo Kota Makassar.

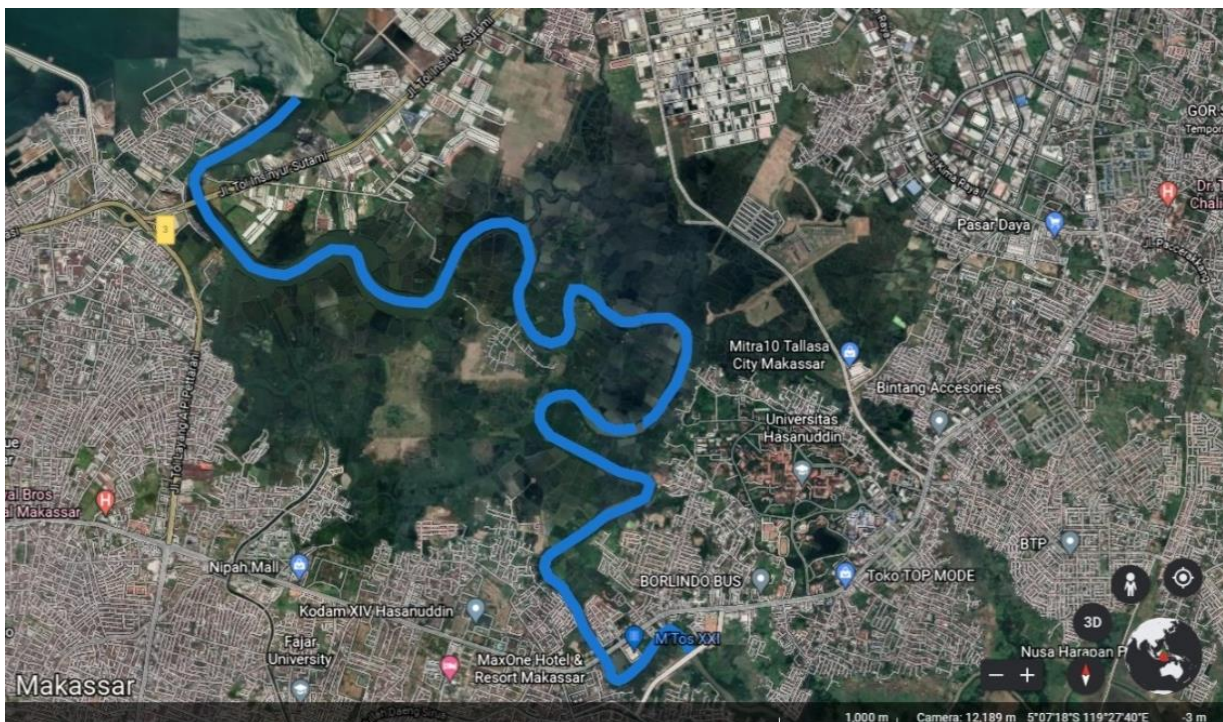
II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan selama lima bulan, terhitung sejak bulan April – September 2021. Penelitian dimulai dari survei pendahuluan, penentuan titik penelitian, pengambilan data, hingga analisis kualitas air Sungai Tallo. Pengambilan data dilakukan di Sungai Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan dengan membatasi area penelitian serta membagi area penelitian menjadi 3 segmen sungai. Gambar 1 menyajikan peta lokasi penelitian.

B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini terbagi berdasarkan 3 tahap, yaitu tahap pengambilan sampel, tahap pengujian sampel, dan tahap analisis.



Gambar (Figure) 1. Lokasi Penelitian Sungai Tallo (Research Site of the Tallo River)
Sumber (Source): Google Earth (2021)

B.1. Tahap Pengambilan Sampel

Tabel (Table) 1. Bahan dan Alat Tahap Pengambilan Sampel (*Materials and Tools at the Sampling Stage*)

Bahan dan Alat (<i>Materials and Tools</i>)	Kegunaan (<i>Usage</i>)
Global Position System (GPS)	Untuk Menentukan Titik Koordinat
Botol Sampel	Menyimpan sampel air
Cool Box	Tempat menyimpan botol sampel
pH Meter	Mengukur pH sampel air
Van Dorn Water Sampler	Mengambil sampel air dengan kedalaman
Alat Tulis Menulis	Mencatat hasil pengamatan
Kamera	Alat Dokumentasi
Perahu	Alat Transportasi

Sumber (Source): SNI 6989.57 (2008)

B.2. Tahap Pengujian Sampel

Tabel (Table) 2. Bahan dan Alat Tahap Pengujian Sampel (*Materials and Tools at the Sampling Stage*)

Bahan dan Alat (<i>Materials and Tools</i>)	Kegunaan (<i>Usage</i>)
Pengujian Parameter TSS (<i>TSS parameter testing</i>)	
Desikator yang berisi desikan	Menyimpan <i>Microglass-fiber Filter</i> agar bebas air
Oven	Mengeringkan <i>Microglass-fiber Filter</i>
Timbangan	Menimbang <i>Microglass-fiber Filter</i>
Gelas Ukur	Mengukur air sampel
Cawan Petri	Media penimbang
Pinset	Menjepit <i>Microglass-fiber Filter</i>
Sistem Vakum	Membantu proses filtrasi
<i>Microglass-fiber Filter</i>	Media Filter
Air Sampel	Sebagai objek penelitian
Air bebas mineral (<i>aquades</i>);	Membantu pembilasan
Pengujian Parameter BOD (<i>BOD parameter testing</i>)	
Botol Winkler Gelap dan Terang	Menyimpan larutan uji
Lemari Inkubasi	Menyimpan larutan botol winkler gelap yang terdapat larutan uji
Buret	Meneteskan reagen saat titrasi
Statif	Tempat meletakkan klem
Klem	Menjepit buret
Erlenmeyer	Menyimpan larutan
Gelas Ukur	Menyimpan larutan
Labu ukur	Menyimpan larutan
Pipet tetes	Memindahkan larutan
Pipet Volumetrik	
Air Sampel	Sebagai objek penelitian
Mangan sulfat, $MnSO_4$	Larutan pereaksi
Sodium thiosulfate, $H_2S_2O_3$	Larutan pereaksi
Asam sulfat, H_2SO_4 pekat	Larutan pereaksi
Larutan Alkali iodida azida, NaOH-KI	Larutan pereaksi
Indikator Amilum	Larutan indikator
Air bebas mineral (<i>aquades</i>);	Larutan pereaksi

Bahan dan Alat (<i>Materials and Tools</i>)	Kegunaan (<i>Usage</i>)
Pengujian Parameter COD (<i>COD parameter testing</i>)	
Pendingin Liebig 30 cm	Pengembun dalam proses destilasi cairan
Hot plate	Memanaskan larutan
Buret 25 mL	Meneteskan reagen saat titrasi
Pipet volumetrik	Memindahkan larutan
Pipet tetes	Memindahkan larutan
Erlenmeyer 250 mL (labu refluk)	Menyimpan larutan
Timbangan analitik.	Mengukur berat suatu zat atau bahan kimia dalam jumlah sangat kecil
Air Sampel	Sebagai objek penelitian
Air bebas mineral (aquades)	Larutan pelarut
Larutan Kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N	Larutan pereaksi
Larutan asam sulfat – perak sulfat	Larutan pereaksi
Larutan indikator ferroin	Larutan indikator
Larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N	Larutan pereaksi
Serbuk merkuri sulfat, $HgSO_4$	Menghilangkan gangguan klorida
Batu didih.	Meratakan panas
Pengujian Parameter DO (<i>DO parameter testing</i>)	
Botol Winkler	Menyimpan larutan uji
Buret	Meneteskan reagen saat titrasi
Statif	Tempat meletakkan klem
Klem	Menjepit buret
Erlenmeyer	Menyimpan larutan
Gelas Ukur	Menyimpan larutan
Pipet ukur	Memindahkan larutan
Pipet tetes	Memindahkan larutan
Pipet Volumetrik	Memindahkan larutan
Air Sampel	Sebagai objek penelitian
Mangan sulfat, $MnSO_4$	Larutan pereaksi
Sodium thiosulfate, $N_2AS_2O_3$	Larutan pereaksi
Asam sulfat, H_2SO_4 pekat	Larutan pereaksi
Larutan Alkali iodida azida, NaOH-KI	Larutan pereaksi
Indikator Amilum	Larutan indikator
Air bebas mineral (<i>aquades</i>)	Larutan pelarut

Sumber (*Source*): SNI 6989.3:2019, SNI 6989.72:2009, SNI 6989.15:2019, dan SNI 06989.14:2004

B.3. Tahap Analisis

Bahan dan alat yang digunakan pada tahap ini berupa komputer, Peta Rupa Bumi Indonesi dari Badan Informasi Geospasial, dan perangkat lunak ArcGIS 10.8 untuk pengolahan dan penyajian data spasial.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama dilakukan penentuan segmen dan titik Pengambilan sampel. Proses segmentasi Sungai Tallo menghasilkan tiga segmen. Segmen satu dibagi berdasarkan adanya pemukiman,

PLTU dan juga tempat wisata. Segmen dua dibagi berdasarkan adanya aktivitas pertanian. Sedangkan segmen 3 dibagi berdasarkan banyaknya kegiatan industri dan pemukiman warga di area tersebut. Penentuan titik pengambilan sampel dimasing-masing segmen ditentukan berdasarkan lokasi dan titik pengambilan contoh yang di atur pada SNI 6989.57:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan dan dengan melakukan analisis buffer terhadap banyaknya bangunan dengan jarak 200 meter.

Tahap selanjutnya, yaitu Pengambilan data yang dilakukan di setiap titik pengambilan sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini data yang akan di ambil, yaitu data hidrolis sungai berupa lebar sungai, kedalaman sungai, serta arus sungai dan pengambilan sampel air. Metode pengambilan sampel air Sungai Tallo dalam penelitian ini mengacu kepada ketetapan SNI 6989.57:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan.

Selanjutnya, dilakukan pengujian parameter kualitas air. Pada penelitian tingkat pencemaran Sungai Tallo ini, parameter yang diukur meliputi parameter fisika (suhu dan TSS) dan kimia (pH, BOD, COD, dan DO). Parameter suhu dan pH diukur secara langsung (*in situ*). Sedangkan untuk parameter TSS, DO, BOD, dan COD diukur di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin (*ex situ*) dengan metode yaitu: Gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019 (TSS),

Yodometri berdasarkan SNI 6989.72:2009 (BOD), Titrasi berdasarkan SNI 6989.15:2019 (COD), dan Yodometri berdasarkan SNI 06989.14:2004 (DO).

Terakhir, tahap analisis status mutu air dan analisis spasial. Analisis penentuan status mutu air dilakukan dengan metode Indeks Pencemaran. Metode Indeks Pencemaran ditentukan berdasarkan perhitungan IP pada Kepmen LH No 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Sedangkan analisis spasial dilakukan dengan membuat pola tingkat penyebaran pencemaran Sungai Tallo dengan menggunakan ArcGIS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Hidrolis

Kondisi hidrolis Sungai Tallo didapat dari data primer. Pengumpulan data primer dilakukan dengan analisis yang diambil dari 13 titik pada tanggal 28 Juli 2021 dimulai dari pukul 08.30 WITA.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 3, diperoleh bahwa kedalaman titik pengukuran cenderung menurun atau semakin dangkal saat menuju hilir. Kedalaman pada titik 1A sebesar 4,75 m kemudian cenderung berkurang hingga titik 3F dengan kedalaman 1,1 m. Kecepatan arus perairan Sungai Tallo pada titik 1A kecepatannya relatif rendah yaitu 0,142 m/det kemudian cenderung menurun hingga titik 1C dengan kecepatan 0,068 m/det. Karena pada kondisi tersebut pengukuran dilakukan pada pagi hari, air laut dalam kondisi pasang sehingga kecepatan aliran sungai kecil.

Tabel (Table) 3. Data Analisis Hidrolik Sungai Tallo (*Tallo River Hydraulic Analysis Data*)

Titik Sampel	Kedalaman (m)		Kedalaman Rata-Rata (m)	Kecepatan Aliran (m/det)				Kecepatan Aliran Rata-Rata (m/det)
	1	2		0,2d	0,8d	0,2d	0,8d	
1A	5	4,5	4,75	0,078	0,075	0,336	0,079	0,142
1B	2	2,1	2,05	0,255	0,03	0,031	0,043	0,090
1C	2	2	2,00	0,031	0,071	0,111	0,058	0,068
1D	2,1	2,1	2,10	0,328	0,253	0,269	0,172	0,256
2A	2,5	2,5	2,50	0,458	0,157	0,161	0,044	0,205
2B	0,8	2	1,40	0,178	0,168	0,305	0,009	0,165
2C	2,8	1,5	2,15	0,268	0,257	0,234	0,237	0,249
3A	2,2	0,3	1,25	0,061	0,05	0,172	0,17	0,113
3B	0,5	2,2	1,35	0,208	0,206	0,074	0,004	0,123
3C	2,6	1,5	2,05	0,554	0,563	0,301	0,355	0,443
3D	0,5	0,8	0,65	0,097	0,095	0,083	0,057	0,083
3E	0,5	1,3	0,90	0,075	0,074	0,041	0,039	0,057
3F	1,3	0,9	1,10	0,058	0,066	0,024	0,016	0,041

Sumber (Source): Hasil Analisis (*Analysis result*), 2021

Pada titik 1D hingga titik 3C kecepatan arus fluktuatif namun relatif besar dengan kecepatan berkisar antara 0,113 m/det hingga 0,443 m/det. Kondisi ini disebabkan karena air laut perlahan surut sehingga kecepatan aliran relatif besar. Setelah itu, pada titik 3D hingga 3F kecepatan aliran sungai perlahan menurun kembali, Hal ini diakibatkan karena mendekati waktu sore air laut kembali pasang.

B. Kondisi Kualitas Air Sungai

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan di lapangan dan di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terhadap sampel air Sungai Tallo dengan jumlah titik sampel sebanyak 13 titik, waktu dan tanggal pengambilan sampel 28 Juli 2021 dimulai dari pukul 08.30 WITA.

Data hasil analisis laboratorium merupakan data primer yang dibandingkan dengan standar kriteria mutu air. Standar kriteria mutu yang digunakan adalah standar Kriteria Mutu Air Kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Dipilih Kriteria Mutu Air Kelas II karena berdasarkan peruntukannya dalam kehidupan sehari-hari. Air kelas II digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil pengukuran kualitas air Sungai Tallo seperti yang tersaji pad Tabel 4.

Tabel (Table) 4. Data Analisis Kualitas Air Sungai Tallo (Tallo River Water Quality Analysis Data)

Parameter	Satuan	Kriteria Mutu Air Kelas II	Hasil Pengukuran												
			1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	3A	3B	3C	3D	3E	3F
Suhu	°C	Deviasi 3	28	27,8	27,7	28,8	28,5	29	29,2	29,5	29,8	30	29,8	30	30
TSS	mg/L	50	54	29	25	37	22	13	22	71	16	58	25	25	25
pH	-	6-9	7,8	7,7	7,3	7,1	7,2	6,9	7,2	6,8	6,8	6,9	6,6	6,7	6,8
DO	mg/L	4	9,5	8,1	8,1	8,7	8,3	9,1	9,1	8,5	7,9	8,5	8,9	8,5	8,1
BOD	mg/L	3	6,4	6,8	5,9	5,7	5,9	6,4	6,7	6,7	6,8	7,2	6,5	6,9	7,4
COD	mg/L	25	128	112	96	104	88	80	88	96	112	112	128	136	152

Sumber (Source): Hasil Analisis (Analysis result), 2021

B.1. Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh hasil bahwa terjadi perbedaan suhu di setiap titik pengukuran. Menurut Secchi et al., (2011), adanya perbedaan suhu pada perairan bisa disebabkan karena intensitas sinar matahari, pertukaran panas antara air dan udara sekitar, elevasi geografis, serta faktor tutupan vegetasi.

Suhu terendah berada pada titik pengukuran di segmen 1 pada titik 1A hingga 1C dengan hasil berkisar antara 27,7°C – 28,8°C dikarenakan waktu pengukuran pada titik ini dilakukan saat intensitas sinar matahari belum terlalu tinggi. Suhu perairan Sungai Tallo mengalami kenaikan secara fluktuatif saat masuk ke area sungai segmen 2 dimulai dari titik 1D hingga hilir pada titik 3F pada segmen 3 dengan suhu berkisar antara 28,8°C - 30°C. Hal tersebut dikarenakan terjadi pendangkalan badan air dan kondisi sungai yang lebih terbuka sehingga sinar matahari lebih banyak terkena permukaan air sungai.

B.2. Total Suspended Solid (TSS)

Hasil pengujian di laboratorium menjelaskan bahwa secara keseluruhan

kadar TSS perairan Sungai Tallo berada di bawah nilai kriteria mutu yang ditetapkan namun ada tiga titik yang tidak sesuai kriteria mutu kelas II. Titik dengan kadar TSS tidak sesuai kriteria mutu yaitu titik 1A pada segmen 1 dan titik 3A serta 3C pada segmen 3. Menurut Kuniadi (2019) dan Jiyah et al., (2016), tingginya kadar TSS dipengaruhi oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Kecepatan arus sungai dan tingginya curah hujan menjadi penyebab utama terjadinya erosi.

B.3. pH

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai konsentrasi pH air Sungai Tallo pada setiap titik pengukuran memenuhi syarat. Menurut Ramadhani (2016), dengan pH air yang normal, mikroorganisme maupun tumbuhan air seperti enceng gondok yang berperan dalam penguraian dan pengoksidasi bahan pencemar di dalam air kemungkinan dapat hidup di sumber air tersebut.

Perbedaan nilai pH di setiap titik pengukuran perairan Sungai Tallo dipengaruhi oleh limbah organik maupun anorganik yang dibuang ke sungai.

Penurunan nilai pH pada segmen 3 Sungai Tallo pada lokasi penelitian dikarenakan pada segmen ini terdapat aktivitas pembuangan limbah organik yang bersumber dari limbah domestik dan aktivitas industri. Akibat dari meningkatnya limbah organik, maka berdasarkan pembahasan Wulandari et al. (2020), meningkatnya aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik mengakibatkan O₂ menurun dan CO₂ meningkat. Meningkatnya karbon dioksida akan membuat perairan menjadi lebih asam (pH menurun).

B.4. Dissolved Oxygen (DO)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, kadar DO disetiap titik pengambilan sampel masih memenuhi syarat kriteria mutu air kelas II. DO berperan penting sebagai indikator kualitas air karena DO berperan dalam oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Karena proses oksidasi dan reduksi ini, peran DO sangat penting dalam membantu mengurangi beban polutan yang tinggi dalam air (Yelli Kurnianti & Rahman, 2020).

Menurut Salmin (2005), perairan dapat dikatakan baik dan mempunyai tingkat pencemaran yang rendah jika kadar oksigen terlarutnya lebih besar dari 5 mg/L. Hal ini menandakan bahwa kualitas perairan Sungai Tallo berdasarkan parameter DO memiliki tingkat pencemaran yang rendah karena rata-rata hasil pengujian kadar DO perairan Sungai Tallo disetiap titik lebih besar dari 5 mg/L.

B.5. Biological Oxygen Demand (BOD)

Berdasarkan hasil pengujian BOD di laboratorium, kadar BOD untuk setiap titik Pengambilan sampel air Sungai Tallo tidak

memenuhi syarat kriteria mutu air kelas II. Kadar BOD pada titik 1A sebesar 6,39 mg/L, kemudian cenderung menurun hingga titik 2A dengan nilai 5,98 mg/L. Kadar BOD cenderung meningkat kembali menuju hilir sehingga kadar BOD tertinggi adalah pada titik 3F yang berada pada segmen 3 dengan kadar BOD 7,41 mg/L. Pada titik ini diperkirakan telah terjadi akumulasi bahan organik dari hulu. Namun perlu diperhatikan bahwa, menurut Setiawan et al., (2019), Nilai beban pencemaran BOD yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak bahan organik yang ada di perairan, namun hal ini belum dapat disimpulkan lingkungan perairan tercemar karena perlu diperhatikan lagi faktor dari parameter air lainnya.

B.6. Chemical Oxygen Demand (COD)

Berdasarkan hasil pengujian kadar COD di laboratorium, kadar COD perairan Sungai Tallo pada semua titik pengambilan sampel tidak memenuhi kriteria mutu. Kadar COD pada titik 1A sebesar 128 mg/L, kemudian cenderung menurun hingga titik 2C dengan nilai COD 88 mg/L. Kadar COD pada titik 2A hingga 3A relatif rendah dan cenderung meningkat kembali menuju hilir pada titik 3F sehingga kadar COD tertinggi adalah pada titik 3F yang berada pada segmen 3 dengan kadar COD 152 mg/L. Tingginya kadar COD pada segmen 3, sama halnya dengan BOD, diperkirakan telah terjadi akumulasi bahan organik dari hulu. Erat kaitannya dengan BOD, banyak zat organik yang tidak dapat terurai secara biologi dengan cepat berdasarkan pengujian BOD, tetapi senyawa-senyawa organik tersebut tetap menurunkan kualitas air. Menurut Agustiniingsih, dkk. (2012), nilai COD selalu lebih besar dari

BOD, COD air di sungai dapat menunjukkan banyaknya pencemar organik yang ada dalam air sungai.

C. Analisis Status Mutu Air Sungai Tallo

Analisis status mutu air dilakukan dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP).

Dalam penelitian ini parameter yang digunakan dalam menganalisis status mutu air adalah suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD. Tabel hasil perhitungan tiap segmen menunjukkan IP Sungai Tallo tercemar ringan untuk setiap segmen karena nilai IP berada pada rentang $1,0 < PIj \leq 5$.

Segmen 2 mempunyai nilai IP terendah karena parameter kualitas air seperti suhu, TSS, BOD, dan COD untuk segmen ini paling baik diantara semua segmen sehingga nilai Ci/Li juga rendah. Kondisi ini dapat disebabkan karena pada segmen 2 belum banyak tata guna lahan yang berpotensi tinggi menjadi sumber pencemar bagi perairan Sungai Tallo. Pada segmen ini, tata guna lahan yang paling dominan hanya pertanian. Walaupun mempunyai nilai IP terendah segmen ini tetap tercemar dengan status cemar ringan.

Segmen 3 mempunyai nilai IP tertinggi. Hal ini dikarenakan konsentrasi pencemar seperti suhu, TSS, BOD, dan COD yang juga cenderung mengalami kenaikan saat masuk di segmen ini sehingga nilai Ci/Li menjadi naik. Kemudian, nilai IP segmen 1 relatif sama dengan segmen 3. Hal ini sesuai dengan konsentrasi pencemar pada segmen 1 yang juga selalu relatif sama dengan segmen 3.

Namun, jika dilakukan perhitungan secara keseluruhan untuk lokasi penelitian, diperoleh nilai IP 3,62 yang mengindikasikan bahwa perairan Sungai Tallo berdasarkan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD telah tercemar dan dalam penelitian ini masuk dalam kategori cemar ringan untuk kriteria mutu air kelas II berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 dimana peruntukannya digunakan untuk prasarana/ sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama kegunaan tersebut.

Tabel (Table) 5. Hasil Rangkuman Analisis Indeks Pencemaran Tiap Segmen (Summary Results of Pollution Index Analysis for Each Segment)

Titik	Skor IP	
	Nilai	Keterangan
Segmen 1	3.35	Cemar Ringan
Segmen 2	2.77	Cemar Ringan
Segmen 3	3.64	Cemar Ringan

Sumber (Source): Hasil Analisis (Analysis Result), 2021

D. Analisis Spasial dengan ArcGIS

D.1. Suhu

Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter suhu sebagaimana tersaji pada Gambar 2.

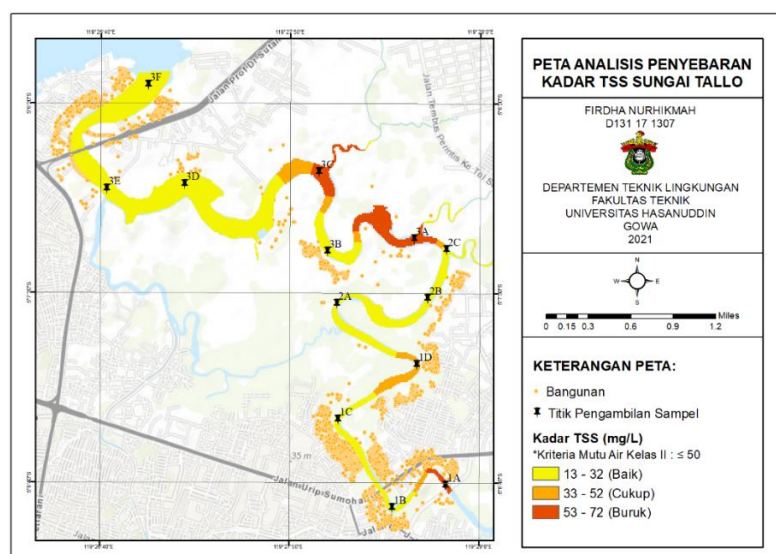
Berdasarkan pola sebarannya terlihat bahwa semakin ke hilir suhu air Sungai Tallo semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin ke hilir, titik pengambilan sampel lebih dangkal dan kondisi sungai lebih terbuka. Sehingga intensitas sinar matahari lebih banyak saat menuju hilir dan pertukaran panas antara air dan udara lebih besar. Selain itu, waktu pengambilan sampel semakin ke hilir dilakukan di siang hari sehingga intensitas sinar matahari juga meningkat. Perubahan suhu air mengatur keseimbangan fisika-kimia (seperti nitrifikasi, mineralisasi kimia organik, dll.) di sungai dan dengan demikian mengubah transportasi dan konsentrasi polusi kontaminan (Hosseini *et al.*, 2017).

D.2. Total Suspended Solid (TSS)

Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter TSS sebagaimana tersaji pada Gambar 3.

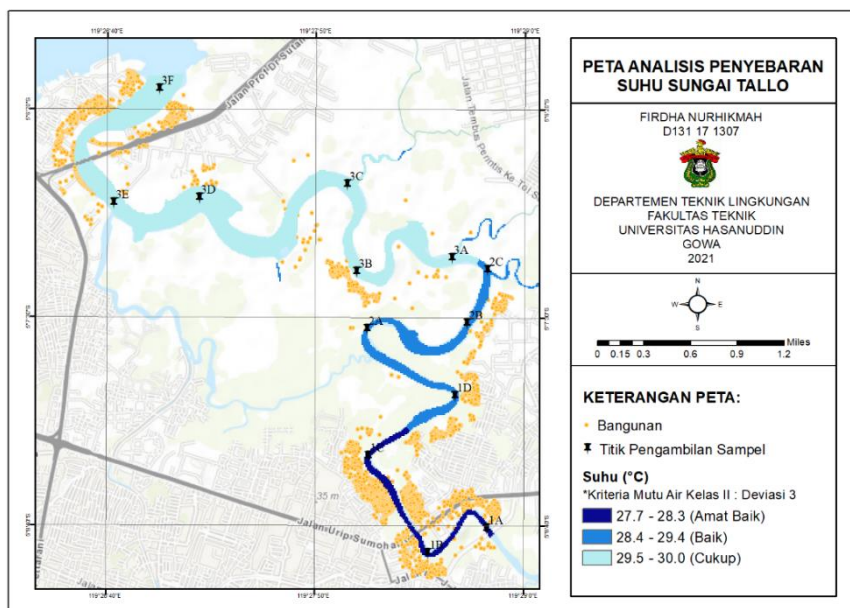
Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa kadar TSS cukup tinggi pada titik 1A kemudian perlahan menurun saat menuju segmen 2 dan meningkat kembali di tengah pada pertemuan segmen 2 dan segmen 3 kemudian perlahan menurun kembali saat menuju hilir.

Kemudian terjadi penurunan di titik 3B kemudian meningkat kembali pada titik 3C yang disebabkan oleh masuknya kembali beban pencemar tambahan dari anak sungai. Setelah itu, kadar TSS perlahan menurun menuju hilir yang kemungkinan disebabkan karena terjadi pengendapan endapan yang tersuspensi yang diakibatkan dari penurunan kecepatan arus pada segmen ini. Seperti yang dijelaskan Haeruddin *et al.*, (2019), bahwa konsentrasi TSS dalam sungai sangat erat kaitannya dengan kecepatan arus.



Gambar (Figure) 2. Analisis Spasial Penyebaran Suhu Perairan Sungai Tallo (*Spatial Analysis of Temperature Distribution of Tallo River*)

Sumber (Source): Hasil Analisis (*Analysis Result*), 2021



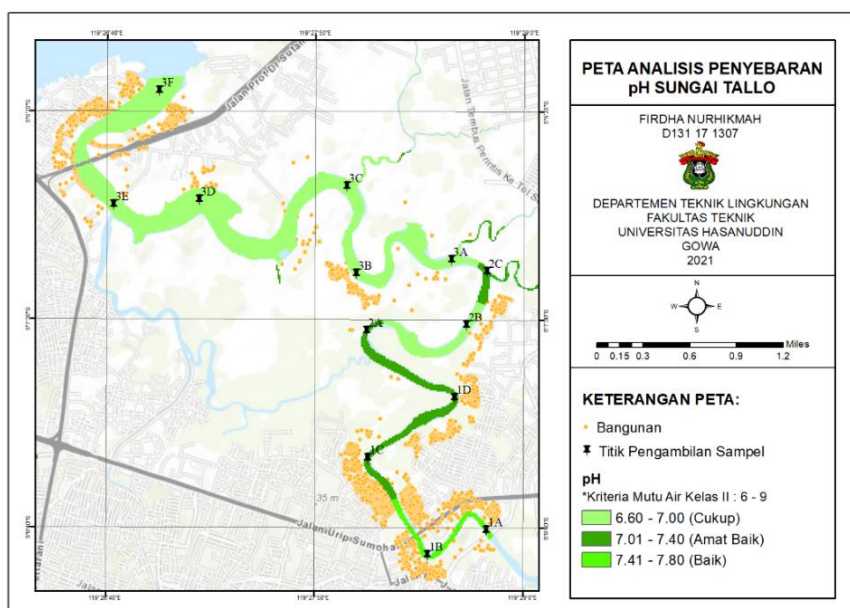
Gambar (Figure) 3. Analisis Spasial Penyebaran TSS Sungai Tallo (*Spatial Analysis of TSS Distribution in Tallo River*)
 Sumber (Source): Hasil Analisis (*Analysis Result*), 2021

D.3. pH

Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter pH sebagai berikut pada Gambar 4.

Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa semakin ke hilir nilai pH perairan

Sungai Tallo semakin menurun. Pada segmen 3 diasumsikan kontaminan berkumpul dan menumpuk sehingga pH air bersifat asam. Pertambahan bahan-bahan organik kemungkinan juga disebabkan karena adanya aliran dari anak sungai yang membawa bahan-bahan organik yang kemudian membuat pH menurun.



Gambar (Figure) 4. Analisis Spasial Penyebaran pH Sungai Tallo (*Spatial Analysis of the pH Spread of the Tallo River*)

Sumber (Source): Hasil Analisis (*Analysis Result*), 2021

D.4. Dissolved Oxygen (DO)

Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter DO sebagai berikut pada Gambar 5.

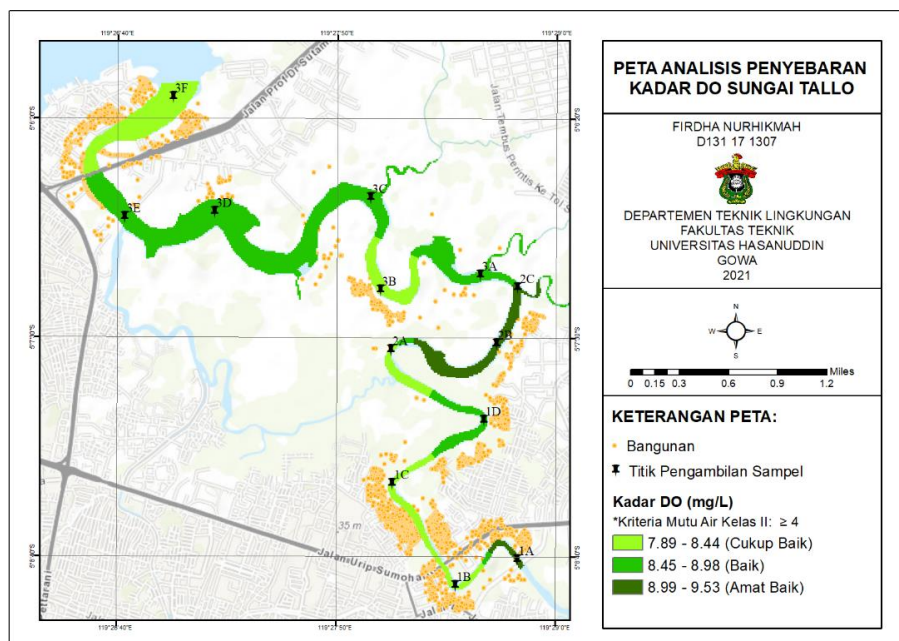
Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa kadar DO sungai Tallo masuk kategori amat baik namun fluktuatif. Pada segmen 1 kadar DO rendah kemudian meningkat pada segmen 2 dan semakin ke hilir di segmen 3 kadar DO kembali menurun. DO merupakan kandungan oksigen terlarut dalam air. Semakin tinggi kandungan DO maka semakin baik kualitas air tersebut. Pada umumnya DO dalam air selalu berfluktuasi. Konsentrasi DO pada air sungai di bagian hilir akan berkurang (Ketut Asrini *et al.*, 2017).

Kadar oksigen dalam suatu perairan bersumber dari proses difusi udara bebas dan proses hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan. Kecepatan

difusi oksigen dari udara dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, suhu, salinitas, pergerakan massa air seperti arus, dan kedalaman.

Fluktuatifnya kadar DO pada perairan Sungai Tallo dipengaruhi oleh beberapa faktor. Kedalaman titik pengambilan sampel pada segmen 1 dan 3 cenderung lebih dangkal dibandingkan pada segmen 2. Pada lapisan permukaan, kadar DO akan lebih tinggi karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas. Dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi pula penurunan kadar DO.

Selain itu, kadar BOD dan COD juga mempengaruhi DO dan mempunyai hubungan berbanding terbalik. Semakin tinggi BOD dan COD maka DO akan rendah dikarenakan oksigen dalam perairan digunakan dalam proses oksidasi. Pada segmen 1 dan segmen 3 kadar BOD dan COD juga relatif tinggi kemudian perlahan menurun pada segmen 2 dan kembali meningkat pada segmen 3.



Gambar (Figure) 5. Hasil Analisis Spasial Penyebaran DO Sungai Tallo (*Spatial Analysis of the DO Spread of the Tallo River*)

Sumber (Source): Hasil Analisis (*Analysis Result*), 2021

D.5. Biological Oxygen Demand (BOD)

Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter BOD sebagai berikut pada Gambar 6.

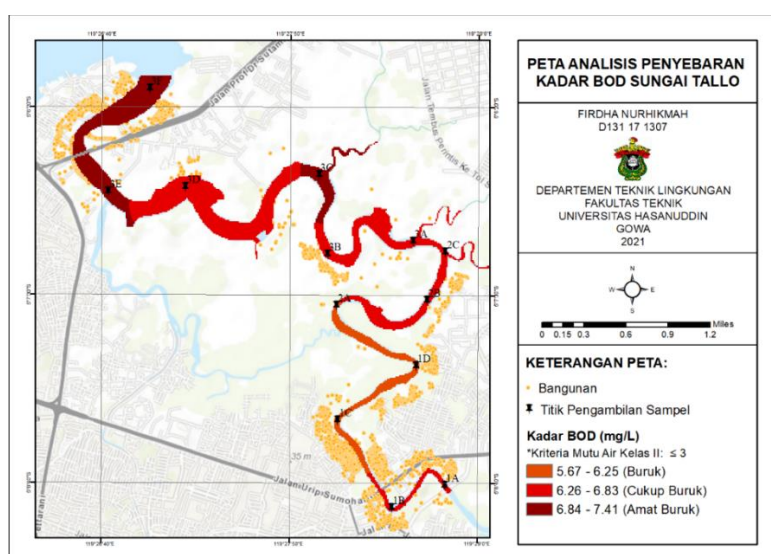
Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa semakin ke hilir kadar BOD semakin meningkat. BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik. Meningkatnya kadar BOD menandakan terjadi peningkatan senyawa organik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya sampah hasil sisa aktivitas masyarakat nelayan didalam aliran sungai pada segmen ini. Menurut Pradhana, (2014), sampah-sampah organik diperkirakan bisa menjadi faktor penyebab meningkatnya kandungan bahan organik pada air sungai. Selain itu, pada segmen 3 dianggap bahan pencemar berkumpul dan terakumulasi sehingga bahan organik dan anorganik lebih banyak. Selain itu, penambahan bahan organik kemungkinan

juga disebabkan karena adanya aliran dari anak sungai yang bersumber dari kegiatan industri seperti PT. KIMA membawa bahan-bahan organik yang kemudian membuat BOD meningkat.

D.6. Chemical Oxygen Demand (COD)

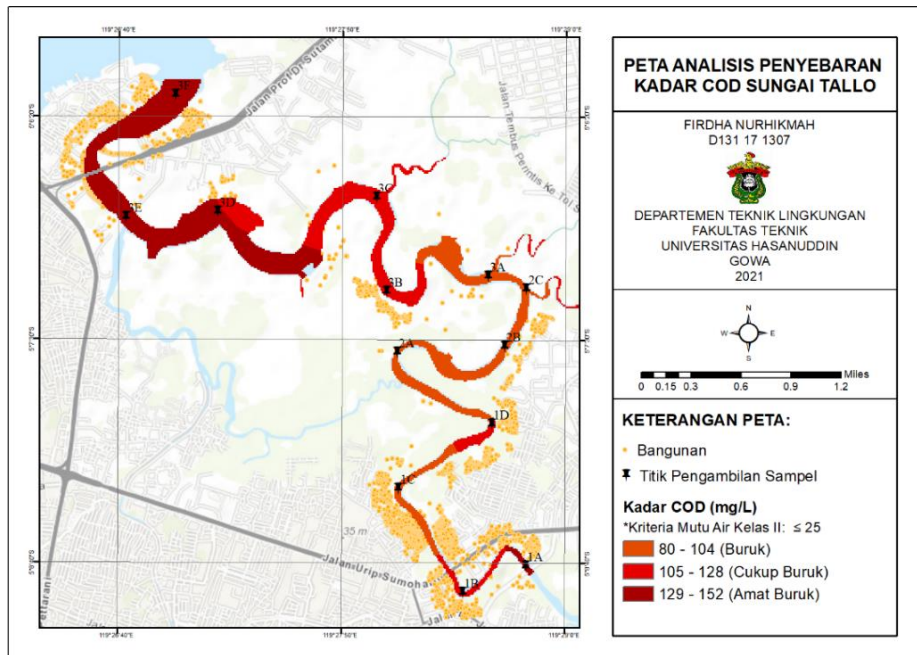
Berdasarkan analisis penyebaran pencemaran dengan ArcGIS diperoleh gambaran penyebaran pencemaran untuk parameter COD sebagai berikut pada Gambar 7.

Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa kadar COD tinggi di segmen 1 kemudian turun di segmen 2 dan semakin ke hilir kadar COD semakin meningkat. COD merupakan jumlah oksigen yang digunakan pada reaksi kimia dalam mengoksidasi senyawa organik dan anorganik. Tingginya COD mengindikasikan tingginya senyawa organik dan anorganik di sepanjang lokasi penelitian perairan Sungai Tallo. Hal ini dikarenakan karena adanya aktivitas pembuangan limbah organik yang bersumber dari limbah domestik, limbah aktivitas pertanian serta aktivitas industri.



Gambar (Figure) 6. Hasil Analisis Spasial Penyebaran BOD Sungai Tallo (Spatial Analysis of the BOD Spread of the Tallo River)

Sumber (Source): Hasil Analisis (Analysis Result), 2021



Gambar (Figure) 7. Hasil Analisis Spasial Penyebaran COD Sungai Tallo (*Spatial Analysis of the COD Spread of the Tallo River*)

Sumber (Source): Hasil Analisis (2021) (*Analysis Result*)

D.7. Tingkat Sebaran Pencemaran Sungai Tallo

Berdasarkan analisis spasial terhadap status mutu air dengan ArcGIS diperoleh gambaran status mutu air pada perairan Sungai Tallo yang tersaji pada Gambar 8.

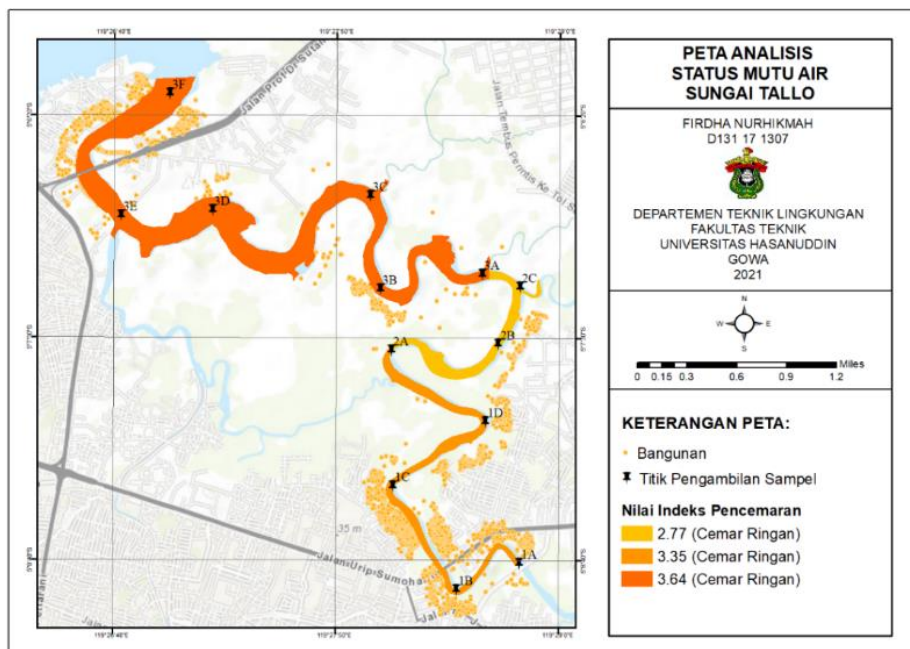
Berdasarkan pola sebarannya, terlihat bahwa status mutu air Sungai Tallo pada semua segmen kategori cemar ringan. Namun segmen 1 dan 3 memiliki nilai IP tertinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan lahan sekitar Sungai Tallo pada segmen 1 dan segmen 3 lebih padat dibandingkan segmen 2. Jika dihubungkan dengan jumlah bangunan pada tiap segmen pada Tabel 6, terlihat

bahwa bangunan pada segmen 1 dan segmen 3 cenderung lebih banyak dibandingkan pada segmen 2. Hal ini juga bisa menjadi penyebab pencemaran pada segmen 1 dan segmen 3 lebih besar dibandingkan pada segmen 2. Peningkatan pertumbuhan penduduk suatu wilayah akan menyebabkan perubahan pola konsumsi yang cukup tinggi dari tahun ke tahun, dengan kepemilikan lahan yang tetap menyebabkan tekanan lingkungan yang lebih kuat. Meningkatnya aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari akan menghasilkan limbah yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas air sungai (Mahyudin *et al.*, 2015).

Tabel (Table) 6. Hasil Analisis Data Buffer Lokasi Penelitian (*Research Site Buffer Data Analysis*)

Zona	Luas (Km ²)	Panjang (m)	Bangunan pada Zona Buffer 200 m (Unit)
Segmen 1	0.278	4.554	1013
Segmen 2	0.178	2.23	91
Segmen 3	1.022	7.637	682

Sumber (Source): Hasil Analisis (2021) (*Analysis Result*)



Gambar (Figure) 8. Hasil Analisis Spasial Status Mutu Air Sungai Tallo (*Spatial Analysis of Tallo River Water Quality Status*)

Sumber (Source): Hasil Analisis (2021) (*Analysis Result*)

Selain itu, pada segmen 1 terdapat aktivitas tempat wisata berupa tempat makan di pinggir sungai, kemudian terdapat pula aktivitas PLTU, serta pemukiman penduduk. Pada segmen 2, terdapat aktivitas pertanian serta pemukiman penduduk. Kemudian pada segmen 3 terdapat banyak aktivitas industri dan pemukiman penduduk. Segmen 3 merupakan area hilir, bahan pencemar yang masuk ke sungai akan terbawa oleh air sungai dari hulu ke hilir dan terakumulasi di muara sungai, sehingga bahan pencemar yang akan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi di muara dibandingkan di bagian sungai yang lainnya. Selain itu, pada segmen ini menerima tambahan beban pencemar dari tiga aliran anak sungai dimana anak sungai ini terhubung dari aktivitas industri PT. Kima serta aktivitas pertanian.

Berdasarkan faktor sumber pencemaran tersebut juga membuat hasil

pengukuran kualitas air cenderung sama penyebarannya untuk tiap parameter kualitas air. Sehingga dari analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD perairan Sungai Tallo telah tercemar dengan status cemaran ringan.

Dengan status pencemaran tersebut, status pencemaran tidak menutup kemungkinan akan meningkat menjadi cemaran berat. Dengan status cemaran ringan saja, masyarakat sekitar telah merasakan dampak buruknya. Beberapa wilayah yang paling merasakan dampaknya adalah masyarakat kampung nelayan pinggir sungai Tallo dan masyarakat di Pulau Lakkang. Mereka tidak menggunakan Sungai Tallo lagi sebagai sumber air baku, yang akhirnya membuat mereka merasa kesulitan memperoleh air bersih.

Upaya perbaikan perlu dilakukan sebelum Sungai Tallo semakin tercemar.

Selain masyarakat sekitar yang harus memperhatikan kebersihan dengan tidak membuang sampah sembarangan, pemerintah Kota Makassar perlu memperhatikan kembali implementasi peraturan perundang-undangan mengenai pemukiman di bantaran sungai. Selain itu, pihak industri juga harus lebih memperhatikan proses pengolahan limbahnya, agar saat dibuang ke badan air limbah tersebut tidak mengganggu lingkungan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan standar kriteria mutu air kelas II PP No. 82 Tahun 2001, kualitas air Sungai Tallo pada lokasi penelitian ditinjau dari parameter fisika, nilai suhu memenuhi kriteria mutu sedangkan nilai TSS pada beberapa titik tidak memenuhi kriteria mutu. Ditinjau dari parameter kimia, nilai pH dan DO memenuhi kriteria mutu sedangkan nilai BOD dan COD tidak memenuhi kriteria mutu.
2. Status Mutu air Sungai Tallo dihitung menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD pada segmen 1, segmen 2, dan segmen 3 berstatus cemar ringan. Secara keseluruhan perairan Sungai Tallo pada lokasi penelitian ini berdasarkan parameter suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD masuk dalam kategori cemar ringan.
3. Penyebaran pencemaran air Sungai Tallo pada lokasi penelitian menunjukkan pola yang fluktuatif,

yang ditunjukkan dari enam parameter (suhu, TSS, pH, DO, BOD, dan COD), cenderung meningkat pada titik awal pengukuran di segmen 1, kemudian menurun pada segmen 2 dan meningkat kembali pada titik pengukuran pada segmen 3.

4. Status pencemaran tidak menutup kemungkinan akan meningkat menjadi cemar berat. Oleh karena itu, perlu adanya kerja sama dari masyarakat, pemerintah, dan pelaku industri dalam melakukan upaya agar Sungai Tallo tidak tercemar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak/Ibu dosen serta seluruh asisten Laboratorium Kualitas Air Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam pengujian sampel penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Haeruddin, H., Febrianto, S., & Wahyu Purnomo, P. (2019). Beban Pencemaran, Kapasitas Asimilasi dan Status Pencemaran Estuari Banjir Kanal Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3), 723–735.
<https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.723-735>
- Hosseini, N., Johnston, J., & Lindenschmidt, K. E. (2017). Impacts of climate change on the water quality of a regulated prairie river. *Water (Switzerland)*, 9(3), 199.
<https://doi.org/10.3390/w9030199>
- Jiyah, Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2016). Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten

- Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41–47.
- Ketut Asrini, N., Wayan Sandi Adnyana, & I Nyoman Rai. (2017). Studi Analisis Kualitas Air di Daerah Aliran Sungai Pakerisan Provinsi Bali. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal Of Environmental Science)*, 11(2), 101–107.
<https://doi.org/10.24843/EJES.2017.v11.i02.p01>
- Kuniadi, I. A. (2019). *Estimasi Sumber Pencemar dan Beban Pencemar Sungai Winongo (Sub Das Bagian Barat-Hulu)* [Universitas Islam Indonesia].
<http://hdl.handle.net/123456789/16846>
- Mahyudin, M. , Soemarno, S. , & Prayogo, T. B. (2015). Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 6(2), 105–114.
- Pradhana, A. , S. E. , & Nugraha. W. D. (2014). *Analisis Kualitas Air Sungai Bringin Kota Semarang Menggunakan Metode Indeks Pencemaran (Studi Kasus Kondisi Sungai Bringin pada Tanggal 10 Juli 2014)*. Universitas Diponegoro.
- Presiden Republik Indonesia (2001). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Ramadhani, E. (2016). *Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar. Skripsi tidak diterbitkan*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Secchi, S., Gassman, P. W., Jha, M., Kurkalova, L., & Kling, C. L. (2011). Potential water quality changes due to corn expansion in the Upper Mississippi River Basin. *Ecological Applications*, 21(4), 1068–1084.
<https://doi.org/10.1890/09-0619.1>
- Setiawan, K., Purnomo, P. W., & Suprpto, D. (2019). Kajian Kualitas Air Kawasan Pertambakan di Sungai Buntu. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 162–168.
<https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24251>
- Wasir, N. (2013). *Gambaran Kualitas Air Sungai Tallo Di Kota Makassar Ditinjau Dari Parameter Kadar Timbal (Pb), BOD dan COD Tahun 2012. Skripsi tidak diterbitkan*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wulandari, M., Harfadli, M. M., & Rahmania, R. (2020). Penentuan Kondisi Kualitas Perairan Muara Sungai Sumber, Balikpapan, Kalimantan Timur dengan Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index). *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 23–34.
<https://doi.org/10.35718/specta.v4i2.186>
- Yelli Kurnianti, L., & Rahman, A. (2020). Analisis Beban dan Status Pencemaran BOD dan COD di Kali Asin. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(3), 379–388.
<https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.10>
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Halaman ini sengaja dikosongkan