



Kajian Perubahan Kualitas Air di Kawasan Lingkar Tambang Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara

Arbi Haya¹, Hilda Alkatiri¹, Amrih Halil^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Ternate

*Corresponding author: amrih@unkhair.ac.id

Article History

Received : 31 Agustus 2022

Revised : 29 September 2022

Accepted : 1 Oktober 2022

Abstrak

Kajian perubahan kualitas lingkungan pada kawasan pertambangan di wilayah Halmahera Tengah perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan kualitas lingkungan sebelum industri pertambangan beroperasi (rona lingkungan awal) yang dibandingkan dengan kualitas lingkungan setelah operasi pertambangan, termasuk industri pengolahan beroperasi (kondisi eksisting). Metode penelitian yang dilakukan dengan cara pengambilan data primer kualitas air melalui pengamatan langsung lapangan dan analisis laboratorium. Prosedur pengambilan contoh air dilakukan dengan mengacu kepada standar analisis laboratorium yang berlaku (SNI 06-2412-1991) Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air dan (SNI 03-7016-2004) Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Air dalam rangka Pemantauan Kualitas Air pada suatu daerah pengaliran air. Parameter yang diatur diantaranya, pH, TSS, Cu terlarut, Cd terlarut, Zn terlarut, Pb terlarut, Ni terlarut, Cr6+, Cr total, Fe terlarut, Co terlarut. Selain itu parameter fisik diukur di lapangan berupa pH, TDS, EC atau DHL, ORP serta suhu (T). Hasil pengukuran pH air berkisar 6,32-7,4; TDS 140-680 ppm; EC 280-1363 $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperatur 27,4-35°C. Berdasarkan pengujian laboratorium air sungai dari dua lokasi untuk parameter logam seng (sampel SK-01 dan SK-02) dan tembaga (sampel SK-02) sudah melewati baku mutu. Kandungan nitrat dari pinggir pantai bermuaranya limbah perusahaan sudah sama dengan baku mutu, 0,008 mg/L.

Kata kunci: *Kualitas lingkungan, kondisi eksisting, pH, rona awal*

Abstract

It is necessary to study changes in the quality of the environment in mining areas in the Central Halmahera region to determine the extent of changes in the quality of the environment before industrial mining operates (initial environmental baseline) compared to the environmental quality after mining operations, including industrial processing operations (existing conditions). The research method was carried out by collecting primary air quality data through direct observation in the field and laboratory analysis. The procedure for taking water samples is carried out with reference to applicable laboratory analysis standards (SNI 06-2412-1991) Concerning Methods for Taking Sampling for Testing Water Quality and (SNI 03-7016-2004) Concerning Procedures for Taking Water Sampling in the Context of Monitoring Water Quality in an airflow area The parameters that are regulated include pH, TSS, dissolved Cu, dissolved Cd, dissolved Zn, dissolved Pb, dissolved Ni, Cr6+, total Cr, dissolved Fe, dissolved co-dissolved. In addition, physical parameters measured in the field are pH, TDS, EC or DHL, ORP and temperature (T). The results of pH measurements ranged from 6.32-7.4; TDS 140-680 ppm; EC 280-1363 $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperature 27.4-35°C. Based on laboratory tests of river water from 2 the location for the parameters of zinc metal (sample SK-01 and SK-02) and copper (sample SK-02) has passed the quality standard. The nitrate content from the beach where the company's waste flows is the same as the quality standard, 0.008 mg/L.

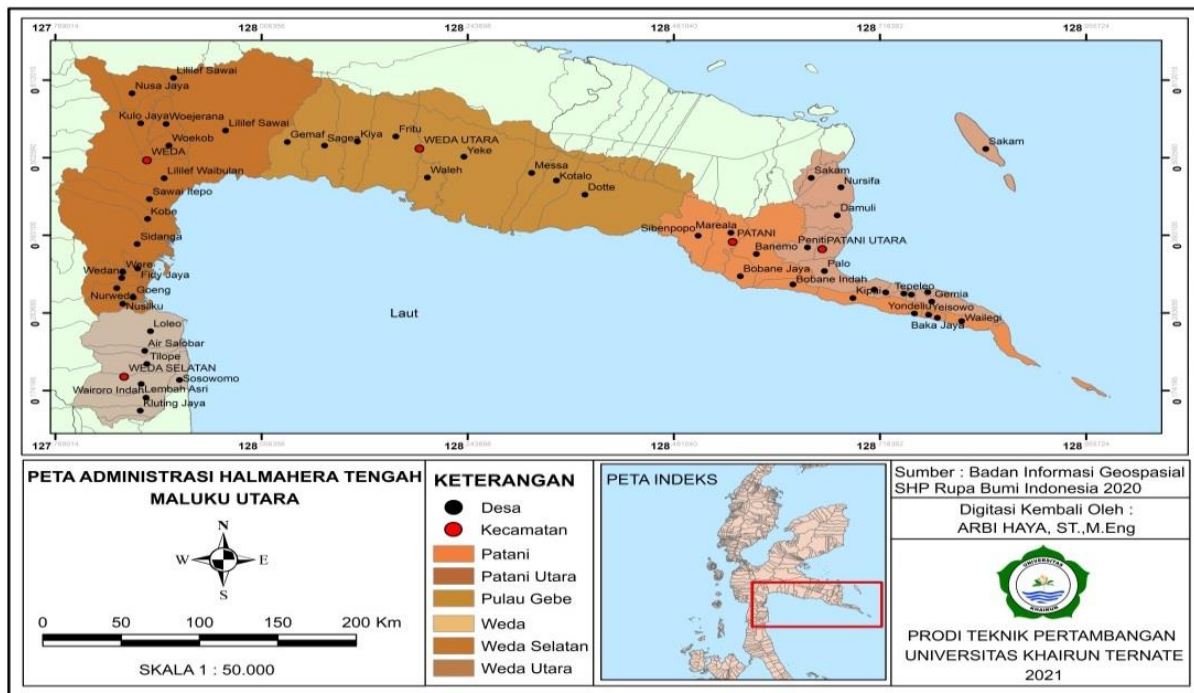
Keywords: *Environmental quality, existing conditions, pH, early rona*

1. Pendahuluan

Kajian perubahan kualitas lingkungan pada kawasan pertambangan di wilayah Halmahera Tengah perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan kualitas lingkungan sebelum industri pertambangan beroperasi (rona lingkungan awal) yang dibandingkan dengan kualitas lingkungan setelah operasi pertambangan termasuk industri pengolahan beroperasi (kondisi eksisting). Regulasi terkait baku mutu pertambangan dan pengolahan nikel dituangkan dalam Peraturan Menteri (PERMEN) Lingkungan Hidup (LH) Nomor 09 Tahun 2006. Beroperasinya industri pertambangan serta industri pengolahan ini memberikan dampak perubahan kualitas lingkungan yang paling krusial adalah perubahan kualitas air. Sehingga perlunya dilakukan penelitian terkait kualitas air yang ada di kawasan lingkar tambang Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara.

2. Metode

Lokasi penelitian yang dilakukan tepatnya secara administrasi di Daerah Weda-Sagea Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Secara geografis terletak pada 127°51'78" E - 127°52'58" E dan 00°20'85" N - 00°22'85" N (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Administrasi Daerah Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dengan cara pengambilan data primer kualitas air melalui pengamatan langsung lapangan dan analisis laboratorium. Prosedur pengambilan contoh air dilakukan dengan mengacu kepada standar analisis laboratorium yang berlaku (SNI 06-2412-1991 Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air dan SNI 03-7016-2004 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Air dalam rangka Pemantauan Kualitas Air pada suatu daerah pengaliran air. Pengambilan contoh air untuk mengetahui kualitas air ditentukan berdasarkan kondisi perairan yang ada di lokasi atau di sekitar lokasi kegiatan. Lokasi pengambilan contoh air yang pada taraf awal masih bersifat tentatif ini difokuskan pada badan air yang diperkirakan akan terkenal dampak aktifitas.

Pengamatan atau pengukuran kualitas air permukaan (air tawar, air laut), dan atau air tanah. Pada setiap titik sampling air, contoh air diambil menggunakan Kemmerer water sampler, sehingga contoh air yang terambil akan mewakili satu kolom air dari permukaan hingga ± 25 cm di atas dasar perairan, kemudian dimasukkan ke dalam wadah penyimpanan contoh air (botol sampel) yang bersih dan steril. Untuk menjaga agar contoh air yang telah diambil tidak rusak atau terkontaminasi selama pengangkutan, maka contoh air dalam wadah penyimpan contoh air tersebut ditambahkan beberapa tetes larutan formalin atau pengawet yang sesuai dengan parameter yang dianalisis. Ada beberapa parameter kualitas air yang mudah berubah dan tidak dapat diawetkan, yaitu suhu, konduktivitas (daya hantar listrik), salinitas, pH, kecerahan/kekeruhan, dan DO. Parameter-parameter tersebut diukur atau dianalisis secara in situ (di lokasi pada saat pengambilan contoh air) dengan menggunakan Water Checker. Sedangkan parameter lainnya dianalisis di laboratorium.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Kualitas Fisik Air

Kegiatan pengambilan sampel dan uji kualitas fisik air ditampilkan pada Tabel 2. Parameter yang diuji terkait kualitas fisik air adalah pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), *Electrical Conductivity* (EC) atau daya hantar listrik (DHL), dan temperatur (T).

Tabel 1. Hasil uji kualitas fisik air

No	Lokasi	pH	TDS (ppm)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
1	Sumur Warga Desa Lelief Woebulen	6,52	380	730	31,7
2	Sumur Warga Desa Lelief Sawai	6,36	499	995	30,0
3	Sumur Warga Desa Gemaf	6,72	353	703	29,4
4	Pinggir Pantai di Desa Lelief Sawai	7,14	>16.350	> 32.700	35,0
5	Sungai di Desa Gemaf	7,40	140	280	29,0
6	Sumur Warga di Desa Gemaf	6,65	680	1363	29,9
7	Pinggir Pantai di Desa Gemaf	7,39	>16.350	> 32.700	29,9
8	Sungai di Desa Lelief Sawai	7,06	252	528	29,5
9	Sungai di Desa Lelief Woebulen	6,74	244	491	27,4

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan kualitas fisik air dari 9 lokasi yang diukur dengan rincian 4 sampel dari air sumur warga, 2 sampel dari air laut, serta 3 sampel air sungai, didapatkan bahwa pH air berkisar 6,36-7,4. Berdasarkan baku mutu air limbah kegiatan pertambangan & pengolahan nikel (Permen LH No. 09 Tahun 2006) dan baku mutu air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 serta baku mutu air laut sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No.51 Tahun 2004, pH air yang berada di sekitar industri pertambangan masih memenuhi baku mutu. TDS air sumur dan sungai di sekitar industri pertambangan berada pada range 140-680 ppm. EC air sumur dan air sungai berkisar antara 280-1363 $\mu\text{S/cm}$. Temperatur berkisar antara 27,4-35 $^{\circ}\text{C}$, dimana temperatur tertinggi berasal dari air laut tempat bermuaranya limbah dari industri pengolahan (PT. IWIP).

3.2 Hasil Pengujian Kualitas Air Sumur Gali

Sampel air sumur gali (SG-01 s/d SG-04) merupakan sampel air dari sumur warga di sekitar lokasi industri pengolahan dan kegiatan pertambangan di Kecamatan Weda Tengah. Ada 13 parameter kimia anorganik yang diuji, termasuk pH serta 5 parameter fisika seperti ditampilkan pada Tabel 2.

**Gambar 2.** Pengambilan sampel air sumur**Tabel 2.** Hasil uji kualitas air sumur gali

No	Paramter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian			
				SG-01	SG-02	SG-03	SG-04
A	FISIKA						
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2	TDS*	mg/L	1000	234	271	233	241
3	Kekeruhan*	NTU	25	2,5	0,4	1,5	0,3
4	Suhu*	$^{\circ}\text{C}$	-	25,2	25,4	25,1	25,2
5	DHL	umhos	-	3,44	2,3	0,38	1,6

B	KIMIA ANORGANIK						
1	Klorida (Cl)*	mg/L	(-)	2,4	6,5	4,73	3,74
2	Kesadahan (CaCO ₃)*	mg/L	500	33	67	102	93
3	Nitrat (NO ₃) sebagai N	mg/L	10	5	<0,01	4	<0,01
4	Nitrit (NO ₂) sebagai N*	mg/L	1	0,01	0,04	0,03	0,01
5	Besi (Fe) terlarut*	mg/L	1	0,09	0,6	0,1	0,3
6	pH*	-	6,5-8,5	7,2	7,3	7,5	7,2
7	Sianida (CN)	mg/L	0,1	0,04	0,001	0,04	0,001
8	Sulfat (SO ₄)*	mg/L	400	42,4	18,47	98,07	28,95
9	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	(-)	0,03	0,006	0,008	0,006
10	Mangan (Mn) terlarut*	mg/L	0,5	0,003	0,05	0,28	0,06
11	Nikel(Ni) terlarut*	mg/L	(-)	<0,0069	<0,0069	<0,0069	<0,0069
12	Seng (Zn) terlarut	mg/L	15	0,05	0,2	7	0,2
13	Amonia (NH ₃)	mg/L	(-)	2,4	1,7	0,8	1,6

Pengujian kualitas air sumur gali berdasarkan baku mutu yang mengacu pada Permenkes RI No. 32 Tahun 2017. Dari 13 parameter kimia anorganik (klorida, kesadahan, NO₃, NO₂, Fe terlarut, pH, CN, sulfat, sulfida, Mn terlarut, Ni terlarut, Zn terlarut, dan NH₃) semuanya masih berada dibawah baku mutu. Artinya kualitas air sumur gali masih layak dimanfaatkan oleh warga. pH berkisar 7,2-7,5 sedangkan baku mutunya antara 6,5-8,5. Kadar Cl berkisar 2,4-6,5 mg/L; kesadahan 33-102 mg/L (baku mutu 500 mg/L); NO₃ <0,01-5 mg/L (baku mutu 10 mg/L); NO₂ 0,01-0,04 mg/L; Fe terlarut 0,09-0,6 mg/L (baku mutu 1 mg/L); CN 0,001-0,04 mg/L (baku mutu 0,1 mg/L); sulfat 18,47-98,07 mg/L (baku mutu 400 mg/L); sulfida 0,006-0,03 mg/L; Mn terlarut 0,003-0,28 mg/L (baku mutu 0,5 mg/L); Ni terlarut sangat rendah <0,0069 mg/L; Zn terlarut 0,05-7 mg/L (baku mutu 15 mg/L); dan NH₃ 0,8-2,4 mg/L. Parameter fisika yang diukur ada 5 meliputi: bau, dimana 4 sampel air sumur tidak berbau; TDS 233-271 mg/L (baku mutu 1000 mg/L) lebih rendah jika dibandingkan hasil pengujian lapangan 353-680 ppm; kekeruhan 0,3-2,5 NTU (baku mutu 25 NTU); suhu 25,1-25,4°C lebih rendah dari pengukuran aktual di lapangan akibat proses pendinginan dengan es, dimana hasil pengukuran aktual di lapangan sebesar 29,4-31,7°C; dan daya hantar listrik (DHL) 0,38-3,44 umhos.

3.3 Hasil Pengujian Kualitas Air Sungai

Sampel air sungai (SK-01 s/d SK-03) merupakan sampel air dari sungai di sekitar lokasi industri pengolahan dan kegiatan pertambangan di Kecamatan Weda Tengah. Ada 19 parameter kimia anorganik dan 6 parameter fisika yang diuji seperti ditampilkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Pengambilan sampel air sungai

Tabel 3. Hasil uji kualitas air sungai

No	Paramter	Satuan	Baku Mutu	Hasil		
				SK-01	SK-02	SK-03
A FISIKA						
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2	TDS*	mg/L	1000	221	304	233
3	TSS*	mg/L	50	9	12	6,87
4	Kekeruhan*	Sk1 NTU	25	2,43	3,56	6,87
5	Suhu*	°C	-	25,3	25,6	25,4
6	DHL	umhos	-	1,96	2,8	2,23
B KIMIA ANORGANIK						
1	Klorida (Cl)*	mg/L	(-)	2,32	3,24	4,61
2	pH*	-	-	7,2	7,1	6,04
3	Nitrat (NO ₃) sebagai N	mg/L	10	0,04	0,04	0,03
4	Nitrit (NO ₂) sebagai N*	mg/L	0,06	0,005	0,007	0,01
5	Besi (Fe) terlarut*	mg/L	(-)	1	1	1
6	Kromium total	mg/L	(-)	0,06	0,1	0,05
7	Cadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,002	0,006	0,006
8	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,01	0,03	0,007
9	Sulfat (SO ₄)*	mg/L	(-)	6,27	6,42	12,66
10	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	< 0,002	< 0,002	< 0,002
11	BOD*	mg/L	3	2,2	2,3	2,1
12	COD*	mg/L	25	10	14	15
13	DO*	mg/L	4	3	3	3
14	Mangan (Mn) terlarut*	mg/L	(-)	0,03	0,03	0,02
15	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,054	0,051	0,045
16	Nikel (Ni)	mg/L	(-)	0,01	0,01	0,009
17	Amonia (NH ₃)	mg/L	(-)	0,24	0,95	0,75
18	Kesadahan (CaCO ₃)*	mg/L	(-)	74	93	93
19	Minyak & Lemak	mg/L	1000	0,7	1,5	1,2

Pengujian kualitas air sungai berdasarkan baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 Baku Mutu Air Kelas II. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3 terlihat bahwa dari 25 parameter yang diuji, ada 2 parameter yang disalah satu atau dua sungai melampaui baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu parameter seng terlarut (SK-01 dan SK-02) serta tembaga terlarut pada sampel SK-02. SK-02 merupakan sampel air dari sungai yang berada di Desa Lelief Sawai sedangkan SK-01 merupakan sampel air yang berada dari Desa Gemaf. Parameter lain masih dibawah baku mutu, hanya ada beberapa parameter yang perlu mendapatkan perhatian, diantaranya logam berat kadmium yang kadarnya sudah 0,006 mg/L (baku mutu 0,01 mg/L) pada SK-02 dan SK-03 yang dekat dengan lokasi kegiatan pengolahan dan pertambangan. Selain itu kandungan DO, dan BOD perlu mendapatkan perhatian.

3.4 Hasil Pengujian Kualitas Air Laut

Sampel air laut (SP-01 dan SP-02) merupakan sampel air dari pesisir pantai di sekitar lokasi industri pengolahan dan kegiatan pertambangan di Kecamatan Weda Tengah (Desa Lelief Sawai) serta Desa Gemaf Kecamatan Weda Utara. Ada 16 parameter yang diuji seperti ditampilkan pada Tabel 4. Parameter yang diuji merupakan parameter fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi bau, kekeruhan, padatan tersuspensi total, dan suhu.



Gambar 4. Pengambilan sampel air laut

Tabel 4. Hasil uji kualitas air laut

No	Paramter	Satuan	Sesuai Persyaratan	Hasil	
				SP-01	SP-02
1	Kebauan	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2	Kekeruhan	NTU	-	0,84	0,39
3	Padatan Tersuspensi Total	mg/L	20	4	2
4	Suhu	C	Alami	26,3	26,1
5	pH	-	6,5-8,5	7,8	7,3
6	Salinitas	o/oo	Alami	34,72	32,04
7	Nitrat	mg/L	0,008	0,008	0,007
8	Minyak/lemak	mg/L	1	0,0864	0,1
9	Besi (Fe) terlarut	mg/L	-	0,03	0,1
10	Arsen (As)	mg/L	0,025	0,005	0,006
11	Merkuri (Hg)	ppb	0,012	0,003	0,002
12	Cadmium (Cd)	mg/L	0,001	<0,0002	<0,0002
13	Nikel (Ni)	mg/L	0,05	0,006	0,002
14	Tembaga (Cu)	mg/L	0,008	0,004	0,004
15	Timbal (Pb)	mg/L	0,008	0,004	0,004
16	Seng (Zn)	mg/L	0,05	0,02	0,009

Pengujian kualitas air laut berdasarkan baku mutu yang mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Baku Mutu Air Laut. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat semua parameter masih berada di bawah baku mutu, masih aman secara lingkungan. Ada beberapa parameter yang perlu mendapatkan perhatian, diantaranya logam seng kadarnya 0,009-0,02 mg/L (baku mutu 0,05 mg/L), logam timbal dan tembaga (baku mutu keduanya 0,008 mg/L) serta kandungan nitrat sama dengan baku mutu untuk sampel air dari lokasi pembuangan limbah PT. IWIP (0,008 mg/L). Selain itu suhu air pinggir pantai berdasarkan pengukuran eksisting di lapangan 35°C (melampaui baku mutu >3°C dari suhu lapangan), dimana suhu lapangan berkisar 27,5-29°C.

3.5 Perbandingan Kualitas Air Eksisting dan Penelitian Terdahulu

Data penelitian terdahulu (PT. Karya Siaga, 2018) kualitas air sungai (Tabel 5) dikumpulkan untuk dilihat perubahannya sebelum ada kegiatan operasi penambangan dan pengolahan bahan galian.

Tabel 5. Hasil uji kualitas air sungai (PT. Karya Siaga, 2018)

No	Paramter	Satuan	Baku Mutu	Hasil		
				Saloi	Kobe	Jira
A FISIKA						
1	Temperatur	°C	Dev 3	26,4	25,6	26,1
2	Kekeruhan	NTU	-	15,8	11,4	9,6
3	TDS	mg/L	1000	305	253	321
4	TSS	mg/L	50	21	12	10
B KIMIA ANORGANIK						
1	Klorida	mg/L	(-)	26,3	24,6	19,7
2	Besi	mg/L	(-)	0,1	0,1	0,09
3	pH*	-	6-9	7,4	6,9	7,2
4	Sianida (CN)	mg/L	0,02	0,01	0,004	0,007
5	Flourida (F)	mg/L	1,5	0,2	0,06	0,08
6	Fosfat (PO ₄)	mg/L	0,2	0,04	0,05	0,03
7	Nitrit (NO ₂)	mg/L	0,06	0,006	0,01	0,005
8	Sulfat (SO ₄)	mg/L	(-)	42,9	42,7	36,8
9	DO	mg/L	4	5	4	9
10	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02	0,01	0,005	0,009
11	Mangan (Mn)	mg/L	(-)	0,07	0,11	0,09
12	Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,0004	0,0006	0,0005
13	Seng (Zn)	mg/L	0,05	0,009	0,03	0,02
14	Amonia (NH ₃)	mg/L	(-)	0,07	0,07	0,09
15	Arsen (As)	mg/L	1	0,002	0,0006	0,0006
16	Nikel (Ni)	mg/L	(-)	1,24	1,16	2,01
17	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,008	0,004	0,007
18	Timbal (Pb)	mg/L	0,03	0,03	0,008	0,01
19	Detergen	mg/L	0,2	0,06	0,003	0,09

Berdasarkan tabel 5, kandungan logam timbal di Sungai Saloi sudah sama dengan baku mutu (0,03 mg/L). Kandungan timbal dalam air sungai hasil penelitian (3 sampel) semuanya sangat rendah <0,002 mg/L. Logam seng berdasarkan penelitian terdahulu masih dibawah baku mutu (<0,05 mg/L), sedangkan data penelitian saat ini ada 2 sungai (Lelief Sawai dan Desa Gemaf) yang kadarnya sudah melampaui baku mutu, kadarnya berturut-turut 0,051 (sungai di Desa Gemaf) dan 0,054 mg/L (sungai di Desa Lelief Sawai). Kandungan tembaga dalam air sungai pada penelitian terdahulu masih dibawah baku mutu (<0,02 mg/L), tetapi dipenelitian saat ini air sungai yang mengalir di Desa Sawai (SK-02) sudah melampaui baku mutu, yaitu 0,03 mg/L. Parameter lain yang baku mutunya tidak dicantumkan, tetapi sudah mengalami peningkatan konsentrasi dari penelitian terdahulu, misalnya besi kadarnya 0,09-0,1 mg/L meningkat menjadi 1 mg/L. Kandungan amonia semula hanya 0,07-0,09 mg/L meningkat menjadi 0,24-0,95 mg/L. Parameter lain cenderung stabil kadarnya dari penelitian terdahulu hingga penelitian saat ini adalah pH, TDS, dan nitrit. Parameter yang cenderung turun kadarnya jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu adalah kosentrasi nikel, TSS, DO, mangan, kadmium, dan timbal.

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran kualitas fisik air di lapangan meliputi: pH air berkisar 6,32-7,4; TDS 140-680 ppm; EC 280-1363 $\mu\text{S/cm}$; temperatur 27,4-35°C. Kandungan logam yang sudah melampaui baku mutu ada 2, yaitu logam seng (SK-01 dan SK-02) dan logam tembaga (SK-02) dari sampel air sungai. Kandungan nitrat dalam sampel air laut sudah sama dengan baku mutu sehingga berpotensi terlampaui dengan aktivitas pengolahan dan penambangan. Kandungan logam yang perlu mendapatkan perhatian adalah tembaga, timbal dan seng pada sampel air laut. Kandungan logam kadmium pada sampel air sungai juga perlu mendapat perhatian dimana posisinya sebagai salah logam berat. Sampel air sumur gali relatif masih memenuhi baku mutu dan belum mengalami perubahan yang signifikan akibat kegiatan pengolahan dan pertambangan.

5. Referensi

- [1] Ali, M. I., Abidin, M. R., & Suarlin, S. (2019). Analisis Indeks Pencemaran (IP) Sungai Konawe Akibat Pengaruh Aktifitas Tambang Nikel di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara.
- [2] Bubala, H., Cahyadi, T. A., & Ernawati, R. (2019). Tingkat Pencemaran Logam Berat Di Pesisir Pantai Akibat Penambangan Bijih Nikel. *ReTII*, 113-122.
- [3] Jolo, A. Y., & Gautama, R. S. (2018). Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Mineral Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Kabupaten Halmahera Utara). *Techno: Jurnal Penelitian*, 7(01), 128-142.
- [4] Maga, L., Ismail, A., & Falatehan, A. F. F. (2017). Merumuskan Kebijakan dalam Mengatasi Kerusakan Lingkungan Akibat Aktivitas Tambang Nikel di Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, 4(2), 125-142.
- [5] Marzuki, I. (2016). Analisis Chromium Hexavalent dan Nikel Terlarut dalam Limbah Cair Area Pertambangan PT VALE Tbk. Soroako-Indonesia. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 17(2), 1-11.
- [6] Pratama, F. N. (2021). Sistem Pemantauan Derajat Keasaman Limbah Air Pada Areal Tambang Berbasis Nirkabel Menggunakan Protokol Lora (Studi Kasus: PT. Wanatiara Persada). *Journal of Informatics and Digital Expert*, 3(1), 1-5.
- [7] Sarianto, D., Simbolon, D., & Wiryawan, B. (2016). Dampak Pertambangan Nikel Terhadap Daerah Penangkapan Ikan di Perairan Kabupaten Halmahera Timur. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 104-113.
- [8] Soleman, S. H., Alauddin, R., & Rosyidi, I. (2020). Efektivitas Pelaksanaan Amdal pada Kegiatan Pertambangan di Provinsi Maluku Utara. *Khairun Law Journal*, 3(2), 79-92.
- [9] Syahrir, S. (2017). *Dampak Aktivitas Pertambangan Nikel dalam Kehidupan Masyarakat Desa Baliara Selatan Kecamatan Kabaena Barat Kabupaten Bombana* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- [10] Yudo, S., & Hernaningsih, T. (2021). Kondisi Kualitas dan Kebutuhan Air Desa Kawasidi Kawasan Pertambangan Nikel Pulau Obi. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 14(1).
- [11] Zubayr, S. A. (2009). Analisis Status Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir (Studi Kasus Pembuangan Limbah Cair dan Tailing Padat/Slag Pertambangan Nikel Pomalaa).