

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi-Studi Terdahulu

Proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan air limbah yang sering disebut air lindi (*leachate*). Lindi mengandung bahan-bahan kimia organik dan anorganik serta sejumlah bakteri patogen, yang berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap air tanah dan lingkungan, dan manusia (Hartini & Yulianto, 2018). Selain itu menurut Damanhuri (2010) dalam Sari dan Afdal (2017) Lindi (*leachate*) adalah cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah. Serta dalam (Susanto, 2004) Lindi dapat meresap ke dalam tanah yang menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah secara langsung karena dalam lindi terdapat berbagai senyawa kimia organik dan anorganik serta sejumlah patogen.

Air tanah (*ground water*) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah dan ditemukan pada akuifer. Pergerakan airtanah sangat lambat, kecepatan arus berkisar antara 10^{-10} – 10^{-3} m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah, dan pengisian kembali air (*recharge*) (Thomas & Santoso, 2019). Serta menurut (Mor dkk., 2006) Air tanah dapat terkontaminasi akibat perkolasi lindi tergantung pada beberapa faktor seperti komposisi lindi yang terkandung, curah hujan, kedalaman dan jarak sumur dari sumber polusi lokasi tempat pembuangan sampah.

Menurut (Sudarmadji, 1991) dalam Thomas dan Santoso (2019) menyatakan bahwa sebagai lapisan pembawa air, akuifer menentukan tingkat penyebaran pencemar. Akuifer dengan permeabilitas tinggi memungkinkan pencemar untuk menyebarkan dengan cepat dan jauh. Gradien muka air tanah berpengaruh terhadap kecepatan aliran airtanah. Dengan demikian, hal tersebut berpengaruh terhadap gerak dan penyebaran air tanah yang terdapat di dalamnya. Makin besar gradien muka air tanah maka akan semakin besar kemungkinan pencemar didalamnya akan menyebar lebih cepat dan lebih jauh. Hal terakhir yang perlu diperhatikan adalah jarak horizontal dengan sumber pencemar. Semakin dekat jarak

antara sumur dengan sumber pencemar, semakin besar kemungkinan airtanah dalam sumber mengalami pencemaran.

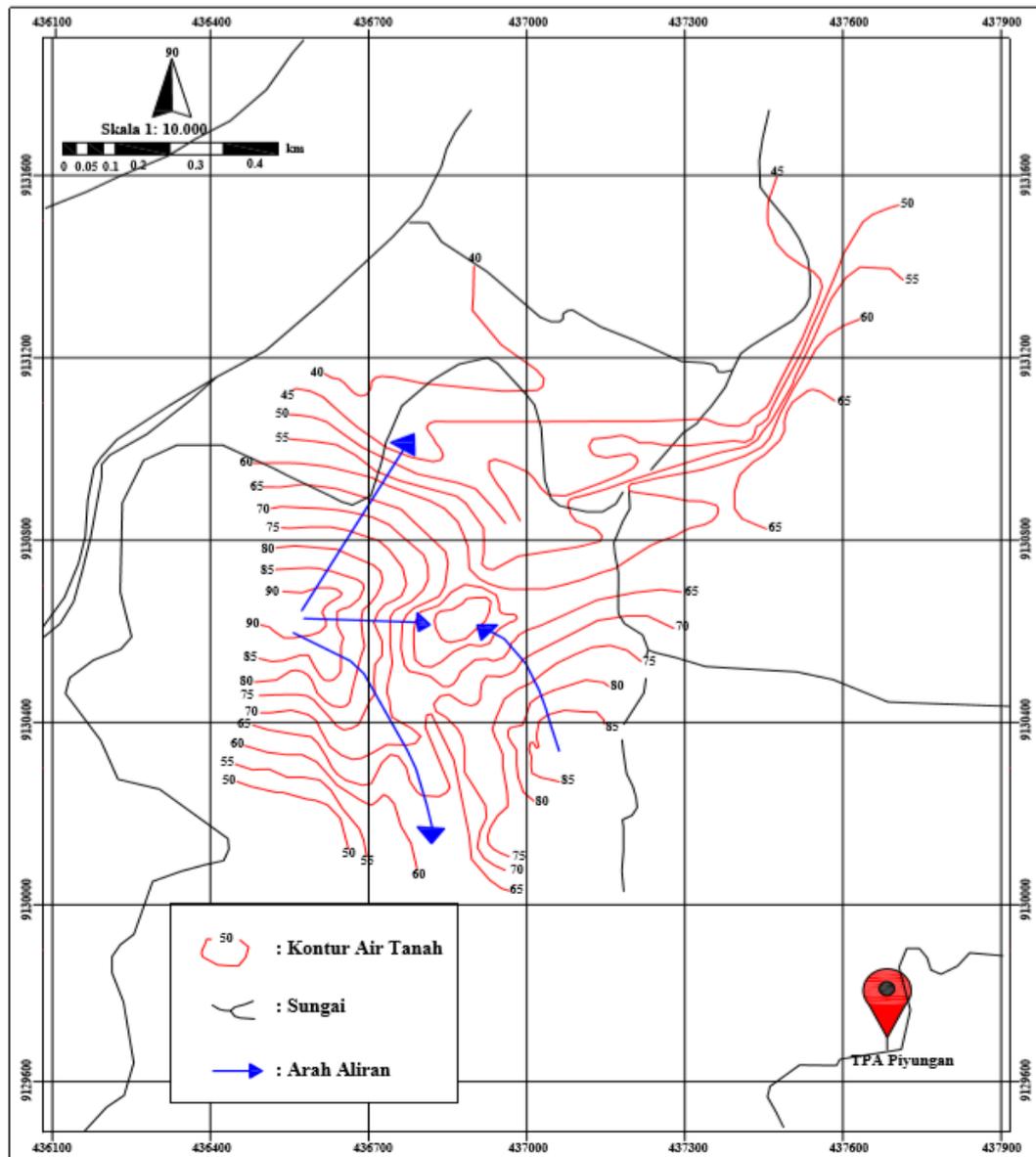
Air tanah yang berada disekitar lingkup daerah TPST Piyungan dikhawatirkan mengalami pencemaran kualitas air dari terinfiltrasinya air lindi yang dihasilkan oleh TPST Piyungan ke dalam tanah yang sekaligus air tanah ini banyak dijadikan tumpuan kehidupan masyarakat yang tinggal seperti memasak, mencuci, air minum, dll. karena menggunakan air tanah umumnya sumur gali maupun sumur bor. Dalam pernyataan Mutiara dan Rusli (2019) menjelaskan Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tetapi tidak pasti), melalui permukaan dan secara vertikal. Setelah beberapa waktu kemudian, air yang diinfiltrasikan setelah dikurangi sejumlah air untuk mengisi rongga tanah akan mengalami perkolasi. Perkolasi gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah). Proses infiltrasi ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur ulang hidrologi maupun dalam proses pengalihan hujan menjadi aliran dalam tanah sebelum mencapai sungai. Karakteristik dari suatu kawasan berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi pada kawasan tersebut.

Besarnya laju infiltrasi dipengaruhi banyak faktor salah satunya adalah besarnya intensitas curah hujan. Itulah sebabnya penelitian ini dilakukan dalam dua musim sebagai pembanding sebesar apa pengaruh hujan membawa lindi dalam mencemari air tanah disekitar TPST.

Berdasarkan penjelasan Gufran dan Mawardi (2019) Ketika limbah cair dibuang ke tanah, partikel tanah berfungsi sebagai filter, mencegah kandungan limbah yang berukuran besar dan meloloskan cairan untuk meresap ke dalam tanah. Zat berbahaya yang terlarut dalam air ikut meresap ke dalam tanah mencemari air tanah yang ada. Serta menurut (Effendi,2003) dalam Gufran dan Mawardi (2019) kualitas air dapat dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi. Syarat fisika air bersih yaitu air tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Syarat kimia air bersih yaitu air tidak mengandung zat-zat kimia yang membahayakan kesehatan manusia. Syarat biologi yaitu air tidak mengandung mikroorganisme atau kuman-kuman penyakit. Sedangkan syarat radioaktif yaitu air tidak mengandung unsur-unsur radioaktif yang dapat membahayakan kesehatan. Analisis kualitas air

mengacu pada Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, Permen LH P.59/2016 tentang baku mutu air lindi, dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air kelas I. Kemudian untuk kualitas air bersih dan air minum juga mengacu pada peraturan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air serta Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV 2010 Tentang Baku Mutu Air Minum Kelas 1.

Banyaknya limbah cair atau lindi yang dihasilkan sebanyak 1,2 liter per detik perlu diketahui arah aliran air lindi ini menyebar ke arah mana sebagai acuan pemilihan sumur-sumur warga yang kemungkinan dampak pencemarannya lebih besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan, dkk. Pada tahun 2018 di lokasi yang sama menunjukkan arah aliran air lindi di TPST Piyungan menggunakan metode jejaring air tanah (*flownet*) yang mana menurut (Todd & Mays, 2005) dalam (Ramadhan dkk., 2019) Jejaring air tanah (*flownet*) adalah peta yang berisi kontur airtanah dan arah alirannya, sehingga arah aliran tanah dengan metode *flownet* dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Peta Jejaring Arah Pergerakan Aliran Airtanah (Panah Biru) di Kawasan TPA Piyungan (Ramadhan dkk., 2019)

Berdasarkan penelitian (Ramadhan dkk., 2019) hasil penggambaran *flownet* menunjukkan bahwa arah aliran air tanah bergerak menuju ke arah Barat Laut dari TPA Piyungan menuju kawasan dengan kondisi padat permukiman (Gambar 3.1). Kondisi tersebut menyebabkan potensi pencemaran sangat besar di kawasan permukiman bagian Barat Laut TPA Piyungan. Hal tersebut didasari oleh teori bahwa arah pencemaran air tanah sesuai dengan arah pergerakan aliran airtanahnya menurut (Slamet, 2000) dalam (Ramadhan dkk., 2019). Menurut (Grisey et al.,

2016) dalam (Ramadhan dkk., 2019) air lindi juga cenderung bergerak mengikuti arah pergerakan aliran airtanah.

Arah pergerakan aliran air tanah juga dikontrol oleh kondisi topografi yang mempengaruhi elevasi muka air tanah (*hydraulic head*), yang perbedaan antara kedua titiknya bisa juga disebut dengan kemiringan hidraulik, sehingga dapat diketahui bahwa pada daerah Barat Laut cenderung memiliki elevasi muka air tanah yang lebih rendah dibanding kawasan TPA. Pergerakan aliran air tanah menuju Barat Laut juga menunjukkan bahwa pada daerah tersebut cenderung memiliki kedalaman sumur yang dangkal. Kondisi tersebut menyebabkan air tanah pada kawasan padat permukiman bagian Barat Laut terkontaminasi oleh air lindi (Ramadhan dkk., 2019).

Berdasarkan berbagai macam penelitian terdahulu mengenai pencemaran air lindi dari TPA dilakukan pengujian dengan mengambil berbagai macam sampel air tanah disekitar TPA kemudian dilakukan pengujian kualitas air baik di laboratorium maupun dengan alat parameter kualitas air dan diuji secara langsung yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar-standar baku mutu yang dijadikan acuan seperti yang sudah disebutkan sebelumnya. Contoh penelitian ini dilakukan oleh Thomas dan Santoso (2019) di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo, Hartini dan Yulianto (2018) di TPA Ciangir, Al-Hadi, dkk. (2019) di TPA Jatibarang, serta Sari dan Afdal (2017) di TPA Air Dingin Kota Padang.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. PH

Menurut (Buck, 2002) dalam (Emilia & Mutiara, 2019) mengemukakan pH adalah kuantitas dari ion tunggal berupa aktivitas dari ion hidrogen, yang tak terukur dengan metode termodinamika yang valid dan memerlukan konversi untuk analisisnya. Dalam mengekspresikan keasaman dan kebasaan memiliki rentang 0 hingga 14. Larutan asam memiliki pH dibawah 7,0 dan larutan basa memiliki pH diatas 7,0.

a. Air Lindi

Berdasarkan Permen LH P.59/2016 Tentang Baku Mutu Air Lindi nilai PH yangizinkan diantara rentang 6-9, dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Baku Mutu Nilai PH Air Lindi (Permen LH, 2016)

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

b. Air Bersih

Acuan air bersih yang digunakan pada parameter ini menggunakan standar air minum. Ini dikarenakan sampel air banyak untuk digunakan sebagai sumber air minum sekaligus standar baku yang paling ketat sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV 2010 Tentang Baku Mutu Air Minum Standar baku nilai PH yang diperbolehkan pada rentang 6,5-8,5 dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Baku Mutu Nilai PH Air Minum (Permenkes RI, 2010)

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

2.2.2. TDS (*Total Dissolve Solid*)

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) merupakan bahan-bahan terlarut (diameter < 10⁻⁶ mm) dan koloid (diameter 10⁻⁶ mm – 10⁻³ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 µm. Materi ini merupakan residu zat padat setelah penguapan pada suhu 105 °C. TDS dapat berupa senyawa organik maupun anorganik. Substansi anorganik berasal dari mineral, logam, dan gas yang terbawa masuk ke dalam air setelah kontak dengan materi pada permukaan dan tanah. Materi organik dapat berasal dari hasil penguraian vegetasi, senyawa organik, dan gas-gas anorganik yang terlarut. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang terdapat di perairan. TDS tidak diinginkan dalam badan air karena dapat menimbulkan warna, rasa, dan bau yang tidak sedap. Beberapa senyawa kimia pembentuk TDS bersifat racun dan merupakan senyawa organik bersifat karsinogenik. Akan tetapi, beberapa zat dapat memberi rasa segar pada air minum (AN dkk., 2013).

a. Air Lindi

Standar baku air lindi untuk parameter TDS termuat dalam Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, besarnya nilai baku mutu yang diperbolehkan sebesar 2000 mg/L tertera pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Baku Mutu Nilai TDS Air Lindi (Perda DIY, 2016)

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
BOD	100	-
COD	300	-
TDS	2.000	-
TSS	100	-
Merkuri (Hg)	0,05	-
Seng (Zn)	5	-
Besi (Fe)	2	-
Krom Total (Cr)	0,5	-
Tembaga (Cu)	0,5	-
Timbal (Pb)	0,1	-
pH	6,0-9,0	
Debit limbah Paling Banyak	-	

b. Air Bersih

Acuan kualitas air bersih yang digunakan pada parameter ini menggunakan standar air minum dikarenakan sampel air banyak untuk digunakan sebagai sumber

air minum sekaligus standar baku yang paling ketat sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV 2010 Tentang Baku Mutu Air Minum Standar baku nilai TDS yang diperbolehkan pada rentang 500 mg/L tertera seperti pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Baku Mutu Nilai TDS Air Minum (Permenkes RI, 2010)

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

2.2.3. ORP (*Oxidation Reduction Potential*)

Oxidation Reduction Potential (ORP) merupakan tegangan ketika oksidasi terjadi pada anoda (positif) dan reduksi terjadi pada katoda (negatif) pada sel elektrokimia. ORP diukur dengan satuan volt (V) atau millivolt (mV). Reaksi oksidasi menggambarkan elektron meninggalkan membran sel pada mikroorganisme, hal ini menyebabkan sel menjadi tidak stabil dan rusak sehingga membran sel akan mati (AN dkk., 2013). Serta Menurut (Suslow, 2004) dalam (AN dkk., 2013) menemukan ORP merupakan cara yang dikembangkan untuk memonitor kandungan mikroorganisme yang ada dalam air. Nilai ORP yang negatif menunjukkan semakin besarnya mikroorganisme yang terkandung di dalam air yang

menyebabkan air menghasilkan bau busuk yang menyengat. Kandungan air yang baik yaitu air yang memiliki nilai ORP yang tinggi.

2.2.4. Konduktivitas (DHL)

Konduktivitas (Daya Hantar Listrik/ DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik, pengukuran daya hantar listrik bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air. Konduktivitas air dapat dinyatakan dalam satuan $\mu\text{hos/cm}$ atau Siemens/cm. Air tanah dangkal umumnya mempunyai harga 30-2000 $\mu\text{hos/cm}$ Khairunnas dan Gusman (2018)

a. Air Bersih

Berdasarkan penjelasan Khairunnas dan Gusman (2018) Nilai konduktivitas untuk air layak minum sekitar 42-500 $\mu\text{hos/cm}$. Nilai konduktivitas lebih dari 250 $\mu\text{hos/cm}$ tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal. Selain itu juga pendapat ini diperkuat juga oleh penjelasan dari (Ofomola, 2018) bahwa nilai DHL air tanah di wilayah TPA yang telah terkontaminasi oleh air lindi yakni $> 500 \mu\text{hos/cm}$.

2.2.5. Resistivitas

Resistivitas merupakan kebalikan dari konduktivitas, dimana resistivitas adalah kesanggupan suatu bahan untuk menghambat aliran listrik yang mengalir didalamnya, dimana listrik hanya dapat mengalir dalam bahan yang bersifat konduktif (Khairunnas & Gusman, 2018). Dijelaskan oleh Casado dkk. (2015) Nilai resistivitas $< 8 \Omega\text{.meter}$ menunjukkan air tanah sekitar TPA telah tercemar oleh air lindi. Diperkuat pula dengan penjelasan (Loke, 2000) dalam (Ramadhan dkk., 2019) nilai resistivitas air tanah dalam kondisi normal (tidak mengalami pencemaran) yaitu 10-100 Ωmeter . Nilai Resistivitas yang rendah menunjukkan bahwa air tanah sudah tercemar oleh air lindi.

2.2.6. DO (*Dissolve Oxygen*)

Oksigen terlarut memainkan peran penting dalam indeks kualitas air. Ini dapat menunjukkan tingkat pencemaran air dengan memperkirakan jumlah bahan organik dan mikroorganisme dalam sistem akuatik melalui indikator *Biological Oxygen Demand* (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis untuk memecah bahan

buangan didalam air oleh mikroorganisme dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan didalam air. Untuk nilai DO yang terkandung didalam air bisa dijadikan acuan apakah air mengalami pencemaran atau tidak dengan indikator bahwa semakin banyak DO terkandung dalam air maka air dalam keadaan baik begitu pula sebaliknya kadar DO yang semakin rendah menunjukkan adanya pencemaran pada air yang cukup tinggi.

2.2.7. Salinitas

Salinitas biasa dikenal sebagai banyaknya kadar garam yang terkandung didalam air. Menurut Khairunnas dan Gusman (2018) Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan ionida digantikan klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi. Menurut Mutiara dan Rusli (2019) nilai salinitas untuk perairan tawar biasanya berkisar antara 0 – 5 ppt.

2.2.8. Temperatur

Temperatur atau suhu menjadi salah satu indikator penting dalam penentuan air bersih yang layak untuk minum maupun digunakan dalam kehidupan sehari-hari, temperature pada penelitian ini mengacu dengan baku mutu air yang udah ditentukan.

a. Air Lindi

Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang baku mutu Air Limbah nilai batas untuk temperature atau suhu adalah ± 3 °C terhadap suhu udara, terlampir pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Baku Mutu Nilai Suhu Air Lindi (Perda DIY, 2016)

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
Suhu	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara	
BOD	100	-
COD	300	-
TDS	2.000	-
TSS	100	-
Merkuri (Hg)	0,05	-
Seng (Zn)	5	-
Besi (Fe)	2	-
Krom Total (Cr)	0,5	-
Tembaga (Cu)	0,5	-
Timbal (Pb)	0,1	-
pH	6,0-9,0	
Debit limbah Paling Banyak	-	

b. Air Bersih

Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 20 Tahun 2008 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas, nilai batas untuk temperature atau suhu air bersih kelas I adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara terlampir pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.5 Baku Mutu Nilai Suhu Air Bersih (Perda DIY, 2008)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	5000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu ≤ 5000 mg/L