

BAB. II. LANDASAN TEORI

2.1 Teori Kualitas Air

Lingkungan ialah sesuatu disekitar makhluk hidup yang berhubungan timbal balik dan kompleks dan mempengaruhi antar komponen. Komponen penting dalam lingkungan yakni komponen biotik yang meliputi makhluk hidup (Manusia, hewan, tumbuhan) dan komponen abiotik benda mati (api, batu, air, udara) (Daryanto & Suprihatin, 2013). Dalam Undang-undang No 32 tahun 2009 tentang lingkungan hidup adalah segala daya, benda, keadaan dan perilaku yang mempengaruhi alam dan makhluk lain. Lingkungan bersifat dinamis yang dapat berubah setiap saat yang berbeda menurut tempat, waktu dan keadaan.

Masalah lingkungan yang sering dihadapi di Indonesia diantaranya polusi air yang asalnya dari limbah industri dan pertambangan yang diakibatkan faktor alami dari adanya bencana alam ataupun faktor buatan akibat ulah manusia (Irwan, 2015). Untuk mengetahui apakah telah terjadi pencemaran sungai atau tidak dapat diketahui dengan melakukan pengujian kualitas air.

Kualitas air yakni kondisi kualitatif menggunakan metode serta diuji melalui parameter tertentu atas undang-undang berlaku (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003). Metode IKA (Indeks kualitas air) yang paling sering di gunakan di Indonesia yakni Metode indeks pencemaran (IP) dan Metode Storet (Aziz & Kamil, 2003). IKA menggabungkan hasil beberapa parameter kedalam skala tertentu lalu dijadikan angka tunggal dengan metode perhitungan tertentu sehingga dapat diketahui baik/buruknya kualitas air (Verawati, 2016).

Pencemaran sering terjadi dengan turunnya kualitas air melebihi baku mutu untuk tolak ukur. Pencemaran diakibatkan terus meningkatnya jumlah penduduk yang berimbas pada perubahan perilaku konsumtif di Masyarakat

tinggi di masyarakat semakin tahun. Luasan lahan pun semakin mengalami tekanan. Aktivitas manusia dari sektor pertanian, kegiatan rumah tangga serta industri akan menimbulkan limbah akan berdampak pada pencemaran yang menurunkan kualitas air (Mahyudin dalam (Rosarina & Laksanawati, 2018).

Baku mutu ditetapkan dengan pembagian kelas-kelas air berdasarkan peruntukannya. Penentuan mutu air secara tradisional dengan membandingkan data dari parameter pencemar yang ada di badan air dengan baku mutunya masing-masing. Mutu air di angka dan di interpretasi dengan single index kualitas air sehingga menjadi strategi manajemen sungai yang dapat digunakan secara lanjut. (Bovee dkk, 1998 dan Parparove dkk, 2006 dalam (Saraswati et al., 2014).

Di setiap negara memiliki metode perhitungan dengan melihat kualitas air yang berbeda-beda, dikalangan ilmuwan indeks kualitas air masih di anggap kontroversial karena satu indeks dianggap belum mencakup kondisi yang ada serta tidak tercakup indeksnya (Saraswati et al., 2014). Namun adanya pemantauan kualitas air sangat penting sehingga penggunaan sumber daya air dapat dilakukan secara rasional (Wilson et al, 2011 dalam (Li & Liu, 2018).

2.2 Komponen Pencemar Air

Berikut merupakan parameter pencemar air yang dapat diketahui secara fisika dan kimia untuk mengetahui kondisi terkini air.

a. Parameter Fisika

1. Warna, Bau, Rasa

Perubahan tersebut disebabkan adanya buangan dalam proses kimia atau dari degradasi senyawa organik larut di air. Namun air yang jernih bukan berarti bebas dari pencemar, ada juga buangan dari industri yang tidak berwarna sehingga tidak terlihat berbahaya, padahal terdapat bahan pencemar (Situmorang, 2017). Warna merupakan estetika dalam air yang sering menjadi pertimbangan. Namun sangat penting untuk dapat membedakan antara warna asli

air akibat zat-zat yang tersuspensi. Banyak konsumen dan pihak industri yang menolak penggunaan air yang warnanya mencolok karena estetika. Warna juga dapat diakibatkan adanya kekeruhan ditandai dengan adanya partikel tanah liat lempung, limbah rumah tangga bahkan penanda adanya mikroorganisme dalam jumlah besar. Material berupa koloid juga menyebabkan air menjadi keruh sehingga kurang menarik dan mungkin bisa berbahaya (Sucipto, 2019).

Asal bau bisa dari gas ataupun senyawa kimia dari buangan industri. Degradasi limbah rumah tangga dengan senyawa organik juga dapat menimbulkan gas bau karena adanya proses perubahan senyawa yang mengandung belerang dan nitrogen menjadi gas berbau. Air juga dapat berubah kadar rasanya. Perubahan terjadi akibat melarutnya garam menjadi ion berbentuk kation dan anion. Biasanya perubahan rasa akan mempengaruhi pH. Air yang baik untuk minum adalah air yang tidak memiliki rasa. (Situmorang, 2017). Warna dan bau merupakan faktor fisik yang berhubungan dengan kandungan air, antara lain berkaitan dengan kandungan TSS dan BOD (Rosarina & Laksanawati, 2018).

2. Suhu

Suhu dapat mengidentifikasi sumber air pasokan. Suhu berhubungan langsung dengan salinitas, penyerapan toksik dan oksigen terlarut (DO) (Terzi & Verap, 2012). Suhu berbanding terbalik dengan oksigen terlarut. Peningkatan suhu air akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut yang berbahaya bagi kehidupan air. Suhu air juga berbanding terbalik dengan kualitas air. Semakin tinggi suhu air mengakibatkan semakin rendahnya kualitas air. Semakin rendah suhu air mengakibatkan semakin tinggi kualitas air. Suhu dapat mempengaruhi tingkat oksigen terlarut (DO) dan nilai pH (Li & Liu, 2018). Suhu dapat berubah akibat cuaca, pembuangan

air pendingin, aliran air tanah ke aliran, penampungan, dan lain-lain (Obade & Moore, 2018).

3. Total Padatan Tersuspensi (TSS)

TSS ialah bahan-bahan tersuspensi dengan adanya kekeruhan karena padatan tak larut serta terendap (Rügner et al., 2013). Kadungan TSS tinggi mengakibatkan sinar dari matahari tidak dapat menuju air sehingga tanaman air tidak bisa berfotosintesis (Boman et al., 2015). Sedimen pada padatan akan menghalangi cahaya matahari dan menampung patogen. Partikel/ alga yang tertahan menyebabkan cahaya susah dalam menyerap dan memantul di dalam air (Obade & Moore, 2018). Diameternya 1 μm di saring menggunakan millipore berdiameter pori 0,45 μm atau diartikan lebih besar dari pada ukuran partikel koloid. TSS memiliki partikel di airnya lebih besar dari 0,45 μm (Nasution, 2008 dalam (Maulana et al., 2015).

4. TDS

Total dissolve solid merupakan bahan terlarut dengan diameter kurang dari 10^{-6} mm serta koloid berdiameter 10^{-6} - 10^{-3} mm didalamnya ada senyawa kimia serta bahan lain tertinggal/ tak tersaring di kertas saring berukuran diameter 0,45 μm , TDS dipengaruhi limpasan tanah, pelapukan batuan dan adanya pengaruh antropogenik (industri serta domestik) (Effendi, 2003).

b. Parameter Kimia

1. *Power of Hidrogen* (pH)

pH dapat mendeteksi keasaman zat atau alkalinitas. Ph bersifat asam jika nilainya $\text{pH} < 7$, sedangkan bersifat basa jika nilainya $\text{pH} > 7$, pH netral $\text{PH} = 7,0$ (Obade & Moore, 2018). pH 4-9 biasa terdapat di perairan yang masih alami dan sebagian besar berada di dasar air karena adanya kandungan logam alkalidan alkali tanah ,bikarbonat

dan karbonat. Angka tersebut sama dengan batas yang diizinkan oleh WHO. Salah satu penyebab peningkatan PH yakni adanya limbah nutrisi dari pupuk sehingga pertumbuhan alga dan pH menjadi tinggi. PH rendah yakni <4 dapat membahayakan organisme air, mengganggu keseimbangan kehidupan air dan fungsi fisiologis biota air (Mosley et al., 2015). Semakin tinggi nilai PH maka semakin tinggi alkalinitas dan makin rendah karbondioksida bebasnya (Effendi, 2003).

2. Oksigen Biokimia/ *Biochemical Oxygen Demand*

BOD biasa digunakan sebagai pengganti penentuan tingkat tercemar air organik, BOD dinyatakan dalam satuan miligram oksigen per liter (mg/l) sampel selama 5 hari inkubasi pada 20°C (Armiento, 2016) yang telah sesuai batas yang diizinkan WHO. Nilai BOD pada sungai murni sebagian besar memiliki BOD5 karbon 5 hari di bawah 1mg/L. Sedangkan sungai yang cukup tercemar memiliki nilai BOD berkisar 2-8 mg/L dengan kategori dapat dipertimbangkan (Grover & Wats, 2012). BOD dan COD terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak organik yang dapat terurai secara hayati diukur dalam COD dan BOD yang Jika dibuang dan tidak diolah ke lingkungan stabilitas biologis bahan-bahan ini dapat menipisnya sumber oksigen alam dan berkembangnya septic conditions (Arief, 2016).

3. Oksigen Kimiawi/ *Chemical Oxygen Demand*

COD adalah ukuran jumlah total oksigen untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air (Li & Liu, 2018). Nilai COD yang tinggi tidak baik bagi kegiatan perikanan dan pertanian (Effendi, 2003). COD merupakan indikator pengukur jumlah oksigen yang masih bisa di konsumsi dengan solusi terukur (V. Rajasekharan et al., 2015) Batas yang diizinkan oleh WHO yakni 1 mg/L.

4. Klorin Bebas

Klorin dapat mendeteksi jumlah coliform. Semakin tinggi klorin maka semakin rendah jumlah total coliform yang ada (Patmawati & Sukmawati, 2020). Klorin biasa digunakan sebagai desinfektan terhadap mikroorganisme pengganggu. Klorin bebas di perairan merupakan residu total klorin yang diperlukan untuk proses pengolahan air baku dalam kegiatan domestik dan limbah cair (Effendi, 2003).

5. Amoniak

Amonia sifatnya beracun bagi hampir semua organisme termasuk pada manusia jika jumlahnya melebihi batas detoksifikasi tubuh jika terhirup uap amonia akan menyebabkan efek iritasi kulit, pernafasan dan mata bahkan fatal jika sangat tinggi dosisnya. Sedangkan jika masuk di perairan akan menyebabkan keracunan hampir semua organisme perairan (Murti & Purwanti, 2014). Amonia jarang ada di perairan dengan kecukupan oksigen namun di wilayah anoksik (Tanpa oksigen) seperti perairan kadar amonia relatif tinggi. Kadar amonia tinggi menandakan pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri dan run off/ limpasan pupuk pertanian (Effendi, 2003). Sedangkan Batas yang diizinkan secara global berdasarkan data WHO sebesar 0.02 mg/L (WHO dalam (Li & Liu, 2018)).

6. Nitrat

Batas yang diizinkan oleh WHO untuk dikonsumsi yakni tidak melebihi 10 mg/L (WHO dalam (Li & Liu, 2018)). Kadar nitrat yang ada di perairan hampir tak ada yang melebihi 0,1 mg/liter (Effendi, 2003). Nitrat biasa ditemukan di air yang menguap, air tanah, air permukaan, air akua kultur. Peningkatan konsentrasi Nitrat dapat

menimbulkan sindrom bayi biru pada manusia dan methemoglobinemia pada hewan air (Borole & Sadavarte, 2016).

7. Nitrit

Nitrit terbentuk dari proses nitrifikasi dari peralihan amonia menjadi nitrat, proses denitrifikasi dari nitrat menjadi gas nitrogen. Kandungan nitrit yang tinggi di perairan dapat membahayakan kesehatan manusia dikarenakan adanya senyawa nitrit yang memiliki sifat toksis dapat mengoksidasi ion ferrous menjadi ion ferric dalam hemoglobin yang jika masuk ke darah maka mengakibatkan kekurangan oksigen (Juliasih et al., 2017). Kadar nitrit dianggap toksik bagi organisme jika lebih dari 0.05 mg/liter (Effendi, 2003)

2.3 Kriteria Baku Mutu Air

Air yang digunakan sesuai peruntukannya harus memenuhi baku mutu atau ambang batas yang dapat diterima oleh makhluk hidup, komponen, zat sehingga dapat digunakan sesuai peruntukannya dengan memperhatikan unsur pencemar sehingga dapat dilakukan pengelolaan kualitas air dalam mengendalikan limbah cair (*Lampiran PP No. 82 Tahun 2001*) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air).

Tabel 1 Titik sampling di Sungai Sikendil dan Selilin

Parameter	Baku Mutu Kelas Mutu Air				Satuan
	I	II	III	IV	
Suhu	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	°C
TSS	50	50	400	400	mg/l
pH	6	6-9	6-9	6-9	
Nitrit	0,06	0,06	0,06	-	mg/l
Nitrat	10	10	20	20	mg/l
Amonia	0,5	-	-	-	mg/l
TDS	0,2	0,2	1	5	mg/l

Khlorin Bebas	0,03	0,03	0,03	-	mg/l
BOD	2	3	6	12	mg/l
COD	10	25	50	100	mg/l

Sumber: PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran.

Air terdiri atas 4 kelas yang dibedakan tingkatannya berdasarkan baik buruknya mutu air serta kemungkinan penggunaan sebagai berikut:

- a. Kelas 1 untuk air minum serta peruntukan sejenis
- b. Kelas 2 untuk rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pengairan tanaman, serta peruntukan sejenis
- c. Kelas 3 untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pengairan tanaman, serta peruntukan sejenis
- d. Kelas 4 untuk pengairan tanaman serta peruntukan sejenis

2.4 Index Pencemaran (IP) Air

Index pencemaran / *pollution index* digunakan dalam mengetahui besar tingkatan pencemaran relatif yang dihasilkan dari suatu buangan terhadap parameter yang diinginkan (Yusrizal, 2015). Index pencemaran (IP) dapat menentukan besar tingkatan pencemaran pada seluruh bagian maupun sebagian sungai (Romdania et al., 2018). Cakupan index pencemaran yakni parameter yang bermakna dan independen. Status mutu air dengan metode indeks pencemaran yang mana perhitungan dibandingkan dengan Baku mutu. Index pencemaran dengan data tunggal yang menandakan hasil saat itu saja (Yusrizal, 2015). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air, hasil perhitungan menggunakan metode indeks pencemaran dibandingkan dengan status mutu air sesuai baku mutu kelas II. Hasil penelitian menyatakan bahwa index pencemar dipengaruhi oleh jumlah parameternya (ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu) serta kurang sensitif dalam membedakan kelas untuk menentukan status mutu air pada tiap lokasi serta pengambilan sampling (Marganingrum et al., 2013).

Indeks Pencemaran untuk mengetahui tingkat pencemaran relatif pada parameternya (Nemerow, 1974 Dalam (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003). Index ini dapat dikembangkan untuk seluruh atau sebagiannya saja pada sungai. Index Pencemaran (IP) dikembangkan di negara USA. Index ini dapat mengetahui tingkat pencemaran sehingga diketahui kualitas airnya (Nemerow dan Sumitomo, 1970 dalam (Saraswati et al., 2014)

Saat kondisi air surut, menyebabkan debit air tinggi yang mengakibatkan terjadi pengenceran yang bisa menurunkan tingkat pencemaran. Saat air pasang, menyebabkan debit air rendah yang mengakibatkan limbah rumah tangga alirannya masuk langsung menuju sungai dari hulu ke hilir sehingga menumpuknya tingkat polusi daerah hilir (Forina et al., 2018).

$$PI_j = \frac{\sqrt{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 R}}{2} \quad (1)$$

Dengan:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M = \frac{\text{Nilai } C_i}{L_{ij}} \text{Max}$$

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R = \frac{\text{Nilai } C_i}{L_{ij}} \text{rata - rata}$$

Keterangan:

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air hasil survei

L_i = Konsentrasi parameter kualitas air dalam Baku Mutu air (j)

P_{ij} = Index pencemaran bagi peruntukan (j)

Rentang nilai IP :

$0 \leq P_{ij} \leq 1,0$ = Memenuhi baku mutu (kondisi baik)

$1,0 < P_{ij} \leq 5,0$ = Cemar ringan

$5,0 < P_{ij} \leq 10$ = Cemar sedang

$P_{ij} > 10$ = Cemar berat

Index pencemaran terdiri dari 2 index yakni index rata-rata (IR) menandakan rerata pencemaran semua parameter yang diteliti di satu kali pengamatan dan index maksimum (IM) menandakan parameter tercemar yang paling dominan (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003). Metode Indeks Pencemaran metode semakin tinggi nilai IP menandakan semakin menurunnya kualitas air (Romdania et al., 2018).

2.5 Teori Pentingnya Pandangan *Stakeholder*

Pengintegrasian pandangan para pemangku kepentingan kedalam kebijakan lingkungan dan manajemen semakin diminati karena banyaknya manfaat dari partisipasi *Stakeholder*. Informasi kualitas air yang diukur secara ilmiah melalui parameter pencemarnya perlu dilengkapi dengan pandangan para *Stakeholder* (pemangku kepentingan) dapat menjadi sumber data yang berharga (Bohnet, 2015). Pengendalian pencemaran sungai tidak hanya diatasi dengan mengetahui kualitas air dari segi parameter fisika, dan kimia pencemarnya saja, diperlukan pemahaman dan integrasi melalui dukungan masyarakat dan pemangku kepentingan dikarenakan kebijakan harus melalui kesepakatan dengan masyarakat lokal terdampak. Kesepakatan melalui persepsi publik dapat memandu pengelolaan kebijakan, namun pengukuran ilmiah kualitas air tidak boleh diganti dengan persepsi pemangku kepentingan dikarenakan aspek integritas ekologis mungkin tidak penting untuk segmen publik tetapi penting dalam aspek pengelolaan air (Okumah, Yeboah, & Bonyah, 2020).

Penilaian kualitas air bergantung indikator ilmiah seperti misalnya PH, konsentrasi oksigen, suhu dan keberadaan bakteri, Meskipun persepsi *Stakeholder* (pemangku kepentingan) dapat memandu kebijakan pengelolaan, pengukuran ilmiah tidak boleh diganti dengan persepsi *Stakeholder* dikarenakan aspek-aspek seperti integritas ekologis mungkin tidak penting bagi beberapa pemangku kepentingan atau segmen publik tetapi merupakan aspek penting pengelolaan air. Pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan persepsi *Stakeholder* (pemangku kepentingan) terhasap kualitas sungai.

Diperlukan langkah mendesak dari pihak Sumber daya air, badan perlindungan lingkungan, badan air dan sanitasi masyarakat untuk menyelidiki jenis vegetasi apa yang ada, apakah bermanfaat secara ekologis atau berbahaya bagi manusia dan organisme lainnya.

Jika jenis vegetasi tidak berbahaya, diperlukan peningkatan kesadaran untuk membuat masyarakat paham bahwa nilai ekologis vegetasi air dan mengapa tidak berbahaya bagi kesehatan manusia, dikarenakan persepsi negatif dapat menghalangi orang untuk menggunakan sumber daya dalam berbagai keperluan misalnya rekreasi dan memancing yang menjadi sumber mata pencaharian. Peningkatan pengetahuan *Stakeholder* dapat membantu mencegah perilaku polusi yang memunculkan persepsi negatif terkait kualitas air sungai (Okumah, Yeboah, & Bonyah, 2020).

Kondisi sanitasi sumur daya air di sungai dan alirannya bisa menjadi pendorong potensial persepsi kualitas air. Dengan sumber air yang bersih dan higienis, tanpa benda padat dan limbah cair dianggap aman dan layak konsumsi dalam kegiatan lain seperti memancing dan berenang (Okumah, Yeboah, & Asante-Wusu, 2020). Variabel dalam kualitas air seperti rasa, bau, warna dan serasah sekitar sungai dinilai paling penting sedangkan kedalaman sungai adalah paling tidak penting (Okumah & Yeboah, 2020). Hal ini mengharuskan lembaga pengelola air harus berusaha keras membuat sungai menarik secara estetika sehingga diterima publik dan dimanfaatkan sehingga mengurangi resiko penggunaan sumber daya air (Smith dan Davies-Colley, 1992 dalam (Okumah, Yeboah, & Bonyah, 2020).

Karna pentingnya Pemantauan kualitas air serta Informasi kualitas air yang diukur secara ilmiah melalui parameter pencemarnya perlu dilengkapi dengan pandangan para *Stakeholder* (pemangku kepentingan) dalam hal ini (DLH, DPU Kabupaten Semarang, dan Dinas Pusdataru) dapat menjadi sumber data yang berharga sehingga diperlukan Pengendalian Pencemaran Akibat Industri di Sungai Sikendil dan Selilin Kabupaten Semarang.

2.6 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan dari metode dari MADM (Rahardjo et al., 2000). AHP terdiri dari masalah multi faktor/ kriteria yang menjadi hirarki yang memuat tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Data diperoleh melalui kuesioner terdiri dari pakar pemangku kepentingan dari pemerintah dan akademisi. Metode AHP ini menilai bobot indikator untuk keberlanjutan fungsi DAS dengan berdasarkan pada pendapat para ahli (Karuniasa et al., 2019). Adanya hirarki yang diurai kedalam kelompok masing-masing sehingga permasalahan akan lebih sistematis dan terstruktur (Darmanto et al., 2014).

AHP dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty tahun 1970-an (Sudamara et al., 2012). AHP merupakan sistem pembuat keputusan dengan menggunakan model matematis. AHP menemukan skala rasio dengan perbandingan berpasangan secara ataupun kontinyu (Darmanto et al., 2014). Tahapannya yakni Penyusunan hierarki dalam menguraikan persoalan berwujud kriteria serta alternatif sehingga didapat pengaruh yang strategis dengan dibandingkan berpasangan (Putri et al., 2018).

Tahapan dalam AHP ada dua tahap yakni structuring serta assessment. Pada tahapan structuring yaitu menentukan tujuan dari keputusan yang akan diambil, *Stakeholder* (DLH, DPU Kabupaten Semarang, dan Dinas Pusdataru) berkepentingan atau dari referensi ilmiah ataupun keputusan dengan memperhatikan kriteria yang dibutuhkan pada tujuan (Saputra et al., 2020). AHP persoalan dengan terorganisir, sehingga bias dijadikan pengambil keputusan (Sudamara et al., 2012).

Penelitian ini menggunakan Metode AHP dengan membandingkan aspek pengelolaan sungai yang lebih baik menurut pandangan para ahli sehingga metode ini cocok digunakan untuk alternatif dalam pengambilan keputusan dalam menentukan kebijakan khususnya telah banyak digunakan dalam pengelolaan DAS Sungai.

Selain itu, metode ini membagi permasalahan berdasarkan hierarki dalam bentuk alternatif dengan perbandingan alternatif mana yang lebih baik dalam

suatu pengelolaan. Kelebihan AHP yakni adanya kesatuan, kompleksitas, ketergantungan, struktur hirarki, pengukuran, *trade Off* AHP, Penilaian dan Konsensus, dan Pengulangan Proses (Munthafa et al., 2017).



Sekolah Pascasarjana