

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Waduk

Waduk adalah salah satu sumber air tawar yang menunjang kehidupan semua makhluk hidup dan kegiatan sosial ekonomi manusia. Ketersediaan sumber daya air mempunyai peran yang sangat mendasar untuk menunjang pengembangan ekonomi wilayah. Sumberdaya air yang terbatas di suatu wilayah mempunyai implikasi kepada kegiatan pembangunan yang terbatas dan pada akhirnya kegiatan ekonomi terbatas sehingga kemakmuran rakyat makin lama tercapai. Air waduk/danau digunakan untuk berbagai pemanfaatan antara lain sumber baku air minum, air irigasi, pembangkit listrik, perikanan dan lain-lain. Hal ini menjadikan pentingnya air tawar yang berasal dari waduk bagi kehidupan. Waduk sering juga disebut sebagai danau buatan yang besar. Komisi Dam Dunia menyebutkan bahwa bendungan/waduk adalah besar bila tinggi bendungan lebih dari 15 m. Sedangkan embung merupakan waduk kecil dengan tinggi bendungan kurang dari 15 m (Puslitbang SDA, 2008).

Sistem tata air waduk berbeda dengan danau alami. Komponen tata air pada waduk umumnya telah direncanakan sedemikian rupa sehingga volume, kedalaman, luas, presipitasi, debit inflow/outflow waktu tinggal air diketahui dengan pasti. Pembangunan waduk diperuntukkan berbagai keperluan antara lain pembangkit listrik, irigasi, pengendalian banjir, sumber baku air minum, tempat pariwisata. Saat ini jumlah tenaga listrik yang dihasilkan dari tenaga air yang berasal dari air waduk ada sebanyak 3,4% dari total kebutuhan nasional (Puslitbang SDA, 2008). Undang-

Undang No.7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, terdiri dari 3 komponen utama yaitu konservasi, pemanfaatan dan pengendalian daya rusak air. Waduk yang merupakan sumber daya air telah banyak mengalami penurunan fungsi dan kerusakan ekosistem. Hal ini disebabkan oleh karena pengelolaan waduk yang banyak mengalami kendala. Undang-Undang Sumber Daya Air telah mengamanatkan untuk melakukan pengelolaan waduk dengan melakukan konservasi, pemanfaatan dan pengendalian daya rusak air. Selain itu masih ada peraturan lain seperti PP. No.13 tahun 2010, tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup; PP. No. 32 Tahun 2012, tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, PP.No.82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air; PP. No.32 Tahun 1990 tentang Kawasan Lindung; Kepres No.123/2001, tentang Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air pada tingkat Propinsi, Wilayah Sungai, Kabupaten dan Kota serta Keputusan Menteri yang terkait dengan pengelolaan sumberdaya air. Di dalam Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan disebutkan bahwa waduk dibentuk untuk menyimpan air yang berlebih pada saat musim penghujan agar dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan air dan daya air pada waktu diperlukan, serta mengendalikan daya rusak air sebagaimana dimaksud pada pasal 22, pasal 34 dan pasal 58 Undang-Undang No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.

2.2 Sungai

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, yang dimaksud wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya

kurang dari atau sama dengan 2.000 km². Sungai mengalir dari hulu dalam kondisi kemiringan lahan yang curam berturut-turut menjadi agak curam, agak landai, landai dan relatif rata. Arus atau kecepatan alir air sungai berbanding lurus dengan kemiringan lahan. Arus relatif cepat di daerah hulu dan bergerak menjadi lebih lambat dan makin lambat pada daerah hilir.

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air dari lingkungan sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah sekitar sungai yang mensuplai air ke sungai dikenal dengan daerah tangkapan air atau daerah penyangga. Kondisi suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi aktifitas dan perilaku penghuninya. Pada umumnya daerah hulu mempunyai kualitas air yang lebih baik daripada daerah hilir. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu relatif sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan kecil. Semakin ke arah hilir keragaman pemanfaatan lahan meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair dari daerah hulu yang menuju daerah hilir pun menjadi meningkat. Pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang dimulai dari hulu (Wiwoho, 2005)

2.3 Kualitas Air

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain di dalam air. Kualitas air juga merupakan istilah yang menggambarkan kesesuaian atau kecocokan air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, perikanan, pengairan/irigasi, industri, rekreasi dan sebagainya.

Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air

tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik biologi atau uji kenampakan (bau dan warna). Kualitas air dapat dinyatakan dengan beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, Ammonia, Nitrat, Nitrit, Total N, Total P, dan sebagainya) dan parameter biologi (klorofil a).

2.4 Kriteria Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk itu agar kualitas air tetap terjaga maka setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair yang akan dibuang ke perairan umum atau sungai harus memenuhi standart baku mutu atau kriteria mutu air sungai yang akan menjadi tempat pembuangan limbah cair tersebut, sehingga kerusakan air atau pencemaran air sungai dapat dihindari atau dikendalikan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas yaitu :

1. Kelas Satu : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas Dua : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan

atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Kelas Tiga : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas Empat : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.5 Pencemaran Air

Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya (Fardiaz, 1992). Keadaan normal air berbeda-beda tergantung pada faktor penentunya, yaitu kegunaan air dan asal sumber air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukkannya.

Berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang berupa gas, bahan-bahan terlarut dan partikulat ke dalam air yang menyebabkan kualitas air tercemar sehingga mengganggu fungsi air. Masukan tersebut sering disebut dengan

istilah unsur pencemar (polutan), yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair.

Bahan pencemar (polutan) adalah bahan – bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik (Effendi, 2003). Polutan alamiah adalah polutan yang memasuki suatu lingkungan (badan air) secara alami, misalnya akibat letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir dan fenomena alam yang lain. Polutan yang memasuki suatu ekosistem secara alamiah sukar dikendalikan. Polutan antropogenik adalah polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, misalnya kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan) maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut.

Berdasarkan perbedaan sifat – sifatnya, polutan air dapat dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) kelompok yaitu : (1) padatan; (2) bahan buangan yang membutuhkan oksigen (*oxygen-demanding wastes*); (3) mikroorganisme; (4) komponen organik sintetik; (5) nutrient tanaman; (6) minyak; (7) senyawa anorganik dan mineral; (8) bahan radioaktif dan (9) panas. Pengelompokan tersebut bukan merupakan pengelompokan yang baku, karena suatu jenis polutan dapat dimasukkan ke dalam lebih dari satu kelompok (Fardiaz, 1992).

2.6 Sumber Pencemar

Sumber Pencemar air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah non- domestik. Sumber limbah domestik umumnya berasal dari daerah pemukiman penduduk dan sumber limbah non domestik berasal dari kegiatan seperti industri, pertanian dan peternakan, perikanan, pertambangan atau kegiatan yang bukan berasal dari wilayah pemukiman.

Berdasarkan sumbernya (Mudarisin, 2004), jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu :

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang berasal dari pemukiman, tempat- tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat-tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang kira-kira mengandung 99,9 % air dan 0,1 % padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas ± 70 % zat organik (terutama protein, karbohidrat dan lemak) serta sisanya 30 % zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam- garam dan logam.
2. Limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat berasal dari air bekas pencuci, bahan pelarut ataupun air pendingin dari industri-industri tersebut. Pada umumnya limbah cair industri lebih sulit dalam pengolahannya, hal ini disebabkan karena zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa bahan atau zat pelarut,

mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain yang bersifat toksik.

3. Limbah Pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk kimia yang berlebihan.
4. *Infiltration/Inflow* yaitu limbah cair yang berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

2.7 Indikator Pencemaran Air

Indikator Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui (Wardhana, 2004) :

1. Adanya perubahan suhu air
2. Adanya perubahan PH atau konsentrasi ion Hidrogen
3. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air
4. Timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut
5. Adanya mikroorganisme
6. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas air dapat digolongkan menjadi pengamatan secara fisis, kimia dan biologis (Warlina, 2004). Parameter yang umum digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air yaitu antara lain :

a. Suhu

Suhu atau temperatur pada badan air penerima/sungai dapat berubah karena perubahan musim, perubahan harian dan masukan berupa buangan air limbah yang panas dari industri. Suhu memperlihatkan kecenderungan aktivitas kimiawi dan biologis di dalam air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut : (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun; (2) kecepatan reaksi kimia meningkat; (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu dan (4) jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya mungkin akan mati (Fardiaz, 1992). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20 °C - 30 °C (Effendi, 2003).

b. Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Partikel menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah

industri (Fardiaz, 1992).

c. pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 - 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004).

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 - 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah (Effendi, 2003).

d. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*)

Dissolved oxygen atau oksigen terlarut sangat menentukan kehidupan biota perairan. Oksigen merupakan akseptor elektron dalam reaksi respirasi, sehingga banyak dibutuhkan oleh biota aerobik. Oksigen juga mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan berbagai jenis nutrisi dalam air. Kondisi oksigen terlarut yang rendah memungkinkan adanya aktivitas bakteri anaerobik pada badan air. Oksigen terlarut dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain penutupan vegetasi, BOD (Biological Oxygen Demand), perkembangan fitoplankton, ukuran badan air, dan adanya arah

angin (<http://jeffri022.student.umm.ac.id>).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (diurnal) dan musiman, tergantung pada pencampuran (mixing) dan pergerakan (turbulence) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (effluent) yang masuk ke badan air. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob) (Effendi, 2003).

Fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia di perairan (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003).

Oksigen juga memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan kuantitas biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara

perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga (Salmin, 2005).

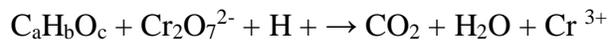
Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah. Hal ini dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk) (Wardhana, 2004). Suatu perairan yang tingkat pencemarannya rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik memiliki kadar oksigen terlarut (DO) > 5 ppm (Salmin, 2005).

e. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Kebutuhan oksigen biologis atau Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam air tersebut (Wardhana, 2004). Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih relative mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibandingkan yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida dan sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit. Sehingga makin besar kadar BOD nya, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar. Kadar oksigen biokimia (BOD) dalam air yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik berkisar 0 - 10 ppm (Salmin, 2005).

f. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wardhana, 2004). Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion chrom. Reaksinya sebagai berikut :



Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya tannin, fenol, polisakarida dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD daripada BOD. Kenyataannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator kuat seperti kalium permanganat dalam suasana asam, diperkirakan 95 % - 100 % bahan organik dapat dioksidasi.

Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO,WHO/UNEP, 1992 dalam Warlina, 2004).

g. Total Nitrogen

Nitrogen total Kjeldahl adalah gambaran nitrogen dalam bentuk organik dan amonia pada air limbah. Nitrogen total juga merupakan penjumlahan dari

nitrogen anorganik yang berupa $N-NO_3$, $N-NO_2$ dan $N-NH_3$, yang bersifat larut; dan nitrogen organik yang berupa partikulat yang tidak larut dalam air (Effendi, 2003). Nitrogen dalam air limbah pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan oleh bakteri berubah menjadi Nitrogen amonia. Dalam kondisi aerobik bakteri dapat mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Nitrat dapat digunakan oleh algae dan tumbuh-tumbuhan lain untuk membentuk protein tanaman.

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4 pada pH rendah. Amonia dalam air limbah terbentuk karena adanya proses kimia secara alami. Sedangkan Nitrit merupakan bentuk nitrogen yang hanya sebagian teroksidasi. Nitrit tidak ditemukan dalam limbah yang segar melainkan dalam limbah yang sudah basi atau lama. Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar Nitrit di perairan relatif sedikit, tidak tetap dan dapat berubah menjadi amonia atau dioksidasi menjadi nitrat (Ginting, 2007).

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat antara 0 - 1 mg/L, perairan mesotrofik memiliki kadar nitrat antara 1 - 5 mg/L, dan perairan eutrofik memiliki kadar nitrat yang berkisar antara 5 - 50 mg/L (Vollenweider, 1969 dalam Wetzel, 1975 dalam Effendi, 2003). Pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai

1.000 mg/L. Kadar nitrat untuk keperluan air minum sebaiknya tidak melebihi 10 mg/L (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003).

Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan domestik (Effendi, 2003).

Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Amonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Amonia jarang ditemukan pada perairan yang mendapat cukup pasokan oksigen. Sebaliknya, pada wilayah anoksik (tanpa oksigen) yang biasanya terdapat di dasar perairan, kadar amonia relatif tinggi (Effendi, 2003).

h. Fosfor (P)

Di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik.

Sumber alami fosfor di perairan adalah pelapukan batuan mineral, misalnya *fluorapatite* $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$, *hydroxylapatite* $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}]$, *strengite* $[\text{Fe}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, *whitlockite* $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ dan *berlinite* (AlPO_4) . Selain itu, fosfor juga berasal dari dekomposisi bahan organik. Sumber antropogenik fosfor adalah limbah industri dan domestik, yakni fosfor yang berasal dari deterjen. Limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pupuk juga memberikan kontribusi cukup besar bagi keberadaan fosfor (Effendi, 2003). Kandungan phosphat yang tinggi dalam perairan menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya atau yang dikenal dengan eutrophikasi. Kesuburan tanaman air akan menghalangi kelancaran arus air dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut (Ginting, 2007).

Kadar fosfor yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,2 mg/L dalam bentuk fosfat (PO_4). Kadar fosfor pada perairan alami berkisar antara 0,005 - 0,02 mg/L P- PO_4 , sedangkan pada air tanah sekitar 0,02 mg/L (UNESCO/WHO/UNEP, 1992 dalam Effendi 2003). Kadar fosfor total pada perairan alami jarang melebihi 1 mg/L (Boyd, 1988 dalam Effendi 2003).

Berdasarkan kadar fosfor total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu (1) perairan dengan tingkat kesuburan rendah, yang memiliki kadar fosfat total berkisar antara 0 - 0,02 mg/L; (2) perairan dengan tingkat kesuburan sedang, yang memiliki kadar fosfat total 0,021 - 0,05 mg/L; dan (3) perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, yang memiliki kadar fosfat total 0,051 - 0,1 mg/L (Yoshimura dalam Liaw, 1969 dalam Effendi, 2003).

2.8 Beban Pencemar

Beban pencemaran sungai adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air sungai. Beban pencemaran sungai dapat disebabkan oleh adanya aktivitas industri, pemukiman dan pertanian. Beban pencemaran sungai dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Mitsch & Goesselink, 1993 dalam Marganof, 2007) :

Beban Pencemaran Sungai, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BP = Q \times C$$

Keterangan :

BP = Beban Pencemaran (kg/hr)

Q = Debit Sungai (m³/dt)

C = Konsentrasi Parameter ke-i (mg/L)

Untuk mengkonversi beban limbah kedalam kg/ hari dikalikan dengan

$$10^{-3} \times 3600 \times 24$$

2.8.1 Beban Pencemar Beban Pencemaran Domestik

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Menurut Metcalf dan Eddy (2003), untuk daerah permukiman, debit air limbah domestik dapat ditentukan berdasarkan jumlah populasi dan rata-rata kontribusi air limbah per kapita.

Beban pencemaran domestik merupakan jumlah unsur pencemar yang terkandung dalam air limbah domestik. Perhitungan beban pencemaran domestik dilakukan menggunakan persamaan menurut WHO (1993) sebagai berikut:

$$BP \text{ Domestik} = \text{Jumlah} \times \text{penduduk} \times F \text{ konstanta} \times \text{koef run off} \times f$$

BP domestik = Beban Pencemaran domestik (Kg/hari)

Jumlah penduduk = jumlah penduduk di wilayah DAS (jiwa)

F konstanta = kontanta beban pencemaran limbah domestik (gr/kapita/hari)

Koef run off = koefisien runoff/aliran air

f = faktor konversi = $1 \text{ kg} / 1000 \text{ gr}$

2.8.2 Beban Pencemaran Pertanian

Pengelolaan lahan pertanian yang berasal dari kegiatan pemupukan dan pemberantasan hama melalui penggunaan pupuk, pestisida, herbisida, dan fungisida yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran. Menurut Ruchirawat dan Shank (1996) yang melakukan studi literatur yang relevan dalam bidang pertanian dan kehutanan, bahwa pada saat proses penyemprotan di lahan pertanian, sekitar 3-30% dari bahan aktif pestisida mencapai target yang dituju baik itu daun, bunga atau yang lain. Sedangkan sisanya sekitar 70% akan terbuang dan hanyut bersama aliran air sehingga menyumbang terjadinya pencemaran air di perairan. Dampak dari kegiatan pertanian akan menghasilkan limpasan, sedimen nitrat dan fosfat yang masuk ke badan air (Casali et al, 2010).

Menurut Maidment dan Saunders (1996) dan Zainudin *et al* (2009), beban pencemaran pertanian dihitung berdasarkan debit air limpasan dari daerah pertanian dan konsentrasi masing-masing unsur pencemar dalam air limpasan tersebut. Beban pencemaran pertanian dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$BPp = A \times Qp \times C(j) \times f$$

Keterangan :

BPp = Beban Pencemaran Pertanian (kg/hr)

A = luas lahan pertanian (ha)

Qp = air larian (*run off*) per unit area (m³/ha/detik)

C(j) = konsentrasi unsur pencemar j (mg/l)

2.9 Pengendalian Pencemaran Air

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Menurut Hendrawan (2005) pengendalian pencemaran merupakan upaya memaksimalkan dampak positif dan meminimumkan dampak negatif. Optimalisasi semacam ini sangat dipengaruhi oleh faktor politis, sosial dan budaya.

Menurut Ginting (1992) pengendalian pencemaran adalah setiap usaha pengelolaan limbah yang meliputi identifikasi sumber-sumber limbah, pemeriksaan konsentrasi bahan pencemar yang terkandung didalamnya serta jenis- jenis bahan

pencemar dan jangkauan serta tingkat bahaya pencemaran yang mungkin ditimbulkan. Usaha pengendalian dan pencegahan pencemaran lingkungan dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti teknologi pencegahan dan penanggulangan, pendekatan institusional, pendekatan ekonomi, pengelolaan lingkungan.

Teknologi pencegahan dan penanggulangan pencemaran adalah sistem perencanaan dan pengaturan buangan dengan berbagai bantuan fasilitas peralatan. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan teknologinya adalah karakteristik limbah dan standar kualitas *effluent*, sistem desain peralatan diharapkan mempunyai kemampuan untuk mengubah kualitas *influent* yang memenuhi standar kualitas *effluent*. Penanggulangan pencemaran akibat usaha industri dititikberatkan pada pemasangan peralatan pengolahan yang lebih dikenal dengan istilah *end pipe of treatment*. Yang perlu diperhatikan dalam pemasangan pengolah limbah adalah jenis zat pencemar, volume limbah, lamanya berlangsung, jangkauan dan jumlah yang terkena.

Penanggulangan limbah juga dapat dilakukan dengan pengolahan kembali limbah yang dihasilkan sehingga mempunyai nilai ekonomis. Pengolahan kembali (daur ulang) dapat menghemat biaya produksi, menghemat biaya pengendalian pencemaran dan menghasilkan tambahan pendapatan. Selain itu penanggulangan pencemaran dapat dengan melakukan perubahan proses yang lebih baik sehingga zat pencemar yang terbuang akan jauh lebih sedikit, substitusi bahan baku yang bersifat berbahaya dan beracun dengan bahan lain yang lebih kecil resiko pencemarannya atau dengan jenis teknologi tertentu yang mempunyai kadar buangan rendah.

Penetapan standar merupakan salah satu upaya efektif dalam pengendalian

pencemaran air. Standar memberikan arahan bagi pihak-pihak yang berkaitan dengan program tersebut. Standar kualitas air adalah persyaratan kualitas air yang ditetapkan oleh suatu negara atau wilayah untuk keperluan perlindungan dan manfaat air pada negara atau wilayah yang bersangkutan. Standar kualitas air yang berlaku harus dapat dilaksanakan yaitu semaksimal mungkin dapat melindungi lingkungan tetapi memberikan toleransi bagi pembangunan industri dan sarana pengendalian pencemaran air yang ekonomis. Dalam pengelolaan kualitas air dikenal dua macam standar, yaitu stream standard dan effluent standar (Hendrawan, 2005).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kegiatan Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dilaksanakan secara terpadu dengan menggunakan pendekatan ekosistem. Keterpaduan tersebut dilaksanakan melalui tahapan perencanaan, implementasi, pengamatan dan evaluasi.

Ruang lingkup pengendalian pencemaran air menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 meliputi inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air, penetapan daya tampung beban pencemaran air, penetapan baku mutu air limbah, penetapan kebijakan pengendalian pencemaran air, perizinan, pemantauan kualitas air, pembinaan dan pengawasan dan penyediaan informasi.

2.10 Eutrofikasi

Kondisi kualitas air danau atau waduk diklasifikasikan berdasarkan eutrofikasi yang disebabkan adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air

(Wiryanto *et ai.*, 2012). Eutrofikasi adalah pengkayaan perairan oleh unsur hara, khususnya nitrogen dan fosfor sehingga mengakibatkan pertumbuhan tidak terkontrol dari tumbuhan air. Tumbuhan air yang berkembang biak dengan cepat ini kemudian menutup permukaan air sehingga menghalangi penetrasi cahaya dan menghambat proses fotosintesis fitoplankton. Akibatnya, produktivitas primer menjadi terganggu, populasi zooplankton menurun dan pada gilirannya menurunkan populasi ikan (Hadisusanto, 2015). Eutrofikasi dapat terjadi secara alami akibat kebakaran hutan, erosi, gempa atau masukan nutrien dari kotoran burung, namun kebanyakan eutrofikasi disebabkan oleh ulah manusia (Soeprbowati & Suedy, 2010). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau waduk berdasarkan eutrofikasi dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori status trofik (Tabel 2)

1. Oligotrof: Status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara berkadar rendah. Status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alami belum tercemar dari sumber unsur hara N dan P.
2. Mesotrofik: Status trofik air danau dan waduk yang mengandung unsur hara berkadar sedang. Status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar N dan P, namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan indikasi pencemaran air.
3. Eutrofik: Status trofik air danau dan waduk yang mengandung unsur hara berkadar tinggi. Status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar N dan P.

4. Hipereutrofik: Status trofik air danau dan waduk yang mengandung unsur hara berkadar sangat tinggi. Status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar N dan P.

2.11 Strategi Pengendalian Pencemaran Air

Strategi merupakan alat untuk mencapai tujuan. Upaya pengendalian pencemaran air memerlukan perencanaan yang strategis yang meliputi proses analisis, perumusan dan evaluasi strategi-strategi itu. Salah satu model perencanaan strategis adalah analisis SWOT (*Strength, Weaknesses, Opportunities dan Threats*). Analisis ini dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang strategi dan program kerja.

Analisis SWOT adalah analisis untuk mengetahui faktor-faktor internal dan eksternal yang digunakan untuk menentukan strategi yang dilakukan. Komponen faktor internal adalah : (1) *Strength* (S) adalah kekuatan dan potensi suatu sektor yang dimanfaatkan untuk menunjang pengembangan, (2) *Weakness* (W) adalah kelemahan atau masalah yang dihadapi oleh sektor yang dikembangkan dan dapat menghambat pengembangan potensi yang dimiliki. Komponen faktor eksternal adalah : (1) *Opportunity* (O) adalah peluang atau kesempatan dari luar yang dapat digunakan bagi pengembangan potensi, (2) *Threat* (T) adalah ancaman atau hambatan yang berasal dari luar yang dapat mengganggu pengembangan potensi (Surakhmad, 1994 dalam Dhokhikah dan Koesoemawati, 2007).

Analisis SWOT didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan dan peluang, namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan dan

ancaman. Untuk dapat mengambil keputusan strategis perlu dilakukan analisis faktor-faktor strategis (kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman) dalam kondisi yang ada saat ini (Rangkuti, 2006). Analisis dilakukan melalui kegiatan pembobotan terhadap setiap komponen pada kekuatan, kelemahan, ancaman dan peluang. Kegiatan pembobotan merupakan upaya untuk menentukan besar kecilnya tingkat kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman untuk diperbandingkan antara kekuatan dan kelemahan sebagai kemampuan internal dan antara peluang dan ancaman sebagai faktor eksternal. Hasil perbandingan antara keduanya akan menentukan posisinya dalam kudran SWOT.

Penyusunan strategi pengendalian pencemaran yang didasarkan pada analisis SWOT pada kondisi saat ini dilakukan analisis lanjut dengan menggunakan matriks SWOT. Pada tahap ini digunakan pendekatan kualitatif dengan menampilkan delapan kotak, yaitu dua paling atas adalah kotak faktor internal (kekuatan dan kelemahan) sedangkan dua kotak sebelah kiri adalah faktor eksternal (peluang dan tantangan). Empat kotak lainnya merupakan kotak isu-isu strategis yang timbul sebagai hasil titik pertemuan antara faktor-faktor internal dan eksternal (<http://daps.bps.go.id>).

Dalam analisis SWOT pengendalian pencemaran ini digunakan indikator-indikator sebagai dasar penilaian untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dalam upaya pengendalian pencemaran air saat ini. Indikator-indikator ini ditentukan berdasarkan unsur-unsur yang mempengaruhi tingkat pencemaran sungai dan prinsip-prinsip pengendalian pencemaran. Unsur- unsur yang

digunakan dalam analisis ini adalah :

1. Kondisi fisik sungai, merupakan unsur yang menjelaskan kondisi lingkungan sungai saat ini dengan masalah yang dihadapi dan potensi yang ada secara fisik. Unsur ini meliputi tingkat pencemaran air.
2. Upaya pengendalian pencemaran air, merupakan unsur yang menjelaskan usaha-usaha pengendalian pencemaran air yang telah dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat, untuk mengurangi tingkat pencemaran air.
3. Sikap dan perilaku masyarakat, merupakan unsur yang menjelaskan sikap-sikap dan perilaku masyarakat setempat dalam upaya pengendalian pencemaran air, baik yang bersifat mendukung maupun menghambat keberhasilan pengendalian pencemaran air.
4. Peran Pemerintah dalam upaya pengendalian pencemaran air, merupakan unsur yang menjelaskan kebijakan pemerintah pusat, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten dan instansi terkait tentang pengendalian pencemaran air, baik yang bersifat mendukung maupun menghambat.

Unsur-unsur tersebut diharapkan dapat menjadi dasar penilaian evaluasi upaya pengendalian pencemaran air dan penyusunan strategi pengendalian pencemaran yang baru. Masing-masing unsur memiliki indikator-indikator berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air dan parameter-parameter yang ditelusuri melalui proses analisis serta ketersediaan informasi yang ada di daerah penelitian. Indikator-

indikator yang ada yang digunakan dalam analisis ini meliputi 17 indikator yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 1. Penentuan Indikator Analisis SWOT Pengendalian Pencemaran Air

Unsur	Indikator
Kondisi fisik sungai	1 Pencemaran perairan
Perlakuan pengendalian pencemaran air	2 Pemantauan kualitas air
	3 Penetapan daya tampung beban pencemaran air
	4 Penetapan baku mutu air limbah
	5 Pembuatan IPAL
	6 Inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air
Sikap dan perilaku masyarakat	7 Pembuangan limbah industri
	8 Pembuangan limbah pemukiman
	9 Pembuangan limbah perternakan
	10 Kesadaran mentaati peraturan yang berlaku
	11 Pengetahuan dalam pengelolaan limbah
Peran Pemerintah	12 Perizinan pembuangan air limbah ke sumber air
	13 Penyediaan informasi
	14 Penetapan kebijakan pengendalian pencemaran air
	15 Pembinaan dan pengawasan
	16 Koordinasi antar instansi yang berkepentingan dalam pengendalian pencemaran air
	17 Penerapan konsep partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan kegiatan pengendalian pencemaran air

Metode penilaian yang digunakan terhadap indikator-indikator tersebut di atas dengan menentukan kriteria penilaian terhadap seluruh indikator ke dalam dua kriteria umum, yaitu :

1. Kriteria penilaian yang bersifat mendorong, merupakan kriteria penilaian yang berperan sebagai kekuatan dan peluang, sehingga diberikan bobot nilai positif (+). Besarnya nilai yang diberikan atas indikator tersebut disesuaikan

dengan klasifikasinya.

2. Kriteria penilaian yang bersifat menghambat, merupakan kriteria penilaian yang berperan sebagai kelemahan dan ancaman, sehingga diberikan bobot nilai negatif (-). Besarnya nilai yang diberikan atas indikator tersebut disesuaikan dengan klasifikasinya.

Dalam pengendalian pencemaran air, setiap indikator memiliki klasifikasi yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan interpretasi dan kemungkinan hasil analisis yang diperoleh dari tiap-tiap indikator. Klasifikasi dan bobot nilai terhadap masing-masing indikator analisis dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Penentuan Indikator Analisis SWOT Pengendalian Pencemaran Air

No	Indikator	Klasifikasi	Nilai
1	Pencemaran perairan	Kondisi baik (IP : 0 - 1)	+2
		Cemar ringan (IP : 1,1 - 5)	-1
		Cemar sedang atau cemar berat (IP : 5 - 10 atau IP : > 10)	-2
2	Pemantauan kualitas air	Ada pemantauan kualitas air	+2
		Tidak ada pemantauan kualitas air	-2
3	Penetapan daya tampung beban pencemaran air	Ada penetapan daya tampung beban pencemaran air	+2
		Tidak ada penetapan daya tampung beban pencemaran air	-2
4	Penetapan baku mutu air limbah	Ada penetapan baku mutu air limbah	+2
		Tidak ada penetapan baku mutu air limbah	-2
5	Pembuatan IPAL	Ada IPAL, berfungsi dengan baik	+2
		Ada IPAL, tidak berfungsi	-1
		Tidak ada IPAL	-2
6	Inventarisasi dan identifikasi sumber	Ada kegiatan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemaran air	+2

	pencemar air	Inventarisasi dan identifikasi hanya pada sumber pencemaran tertentu	-1
		Tidak ada inventarisasi dan identifikasi sumber pencemaran air	-2
7	Pembuangan limbah industri	Tidak ada pembuangan limbah industri	+2
		Terjadi pembuangan limbah industri yang tidak membahayakan lingkungan	+1
		Pembuangan limbah industri dengan tidak memperhatikan lingkungan	-2
8	Pembuangan limbah permukiman	Pengaturan pembuangan limbah permukiman organik/non organik dengan proses daur ulang	+2
		Pembuangan limbah permukiman di sungai dengan proses daur ulang	-1
		Pembuangan limbah permukiman di sungai tanpa proses daur ulang	-2
9	Pembuangan limbah peternakan	Pengaturan pembuangan limbah peternakan dengan proses pengolahan limbah	+2
		Pembuangan limbah peternakan dengan proses pengolahan limbah	-1
		Pembuangan limbah peternakan tanpa proses pengolahan limbah	-2
10	Kesadaran mentaati peraturan yang berlaku	Masyarakat melaksanakan peraturan dan himbauan pemerintah dalam pembuangan dan pengolahan limbah cair	+1
		Masyarakat melanggar peraturan dan himbauan pemerintah dalam pembuangan dan pengolahan limbah cair	-1
11	Pengetahuan dalam pengelolaan limbah	Masyarakat memiliki pengetahuan tentang pengelolaan limbah	+1
		Masyarakat tidak memiliki pengetahuan tentang pengelolaan limbah	-1
12	Perizinan pembuangan air limbah ke sumber air	Pemberian izin berdasarkan penetapan daya tampung beban pencemaran air	+2
		Pemberian izin tidak berdasarkan penetapan daya tampung beban pencemaran air	-2

		Tanpa izin resmi dari Pemerintah setempat	-3
13	Penetapan kebijakan pengendalian pencemaran air	Pemerintah Kabupaten Kudus memiliki kebijakan/peraturan pengendalian pencemaran air	+2
		Pemerintah Kabupaten Kudus tidak memiliki kebijakan/peraturan pengendalian pencemaran air	-2
14	Pembinaan dan pengawasan	Pemerintah Kabupaten Kudus melakukan pembinaan/pelatihan dalam pengelolaan air limbah dan melaksanakan pengawasan terhadap penataan penanggungjawab usaha dalam pengendalian pencemaran air	+2
		Pemerintah Kabupaten Kudus tidak melakukan pembinaan/pelatihan dalam pengelolaan air limbah dan pengawasan terhadap penataan penanggungjawab usaha dalam pengendalian pencemaran air	-2
15	Penyediaan informasi	Tersedia informasi spasial yang lengkap dan <i>up to date</i> , dimanfaatkan untuk mendukung kebijakan	+2
		Tersedia informasi spasial yang lengkap dan <i>up to date</i> , tidak dimanfaatkan untuk mendukung kebijakan	-1
		Tidak ada informasi dan data spasial	-2
16	Koordinasi antar instansi yang berkepentingan dalam pengendalian pencemaran air	Ada koordinasi, pelaksanaan sesuai peraturan	+2
		Ada koordinasi, pelaksanaan tidak sesuai peraturan	-1
		Tidak ada koordinasi	-2
17	Penerapan konsep partisipasi masyarakat dalam	Masyarakat dilibatkan dalam kegiatan perencanaan dan pelaksanaan pengendalian pencemaran air	+2

	pelaksanaan kegiatan pengendalian pencemaran air	Masyarakat tidak dilibatkan dalam kegiatan perencanaan dan pelaksanaan pengendalian pencemaran air	-2
--	--	--	----

(Tyas, 2007 dalam Purnomo, 2010 & Permen LH No. 01 Tahun 2010)