

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Degradasi lingkungan menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan akibat kegiatan masyarakat, sehingga komponen-komponen pembentuk lingkungan tidak berfungsi secara normal. Intervensi manusia yang berlebihan terhadap lingkungan alami, menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, seperti degradasi lingkungan perairan. Degradasi lingkungan perairan adalah suatu penurunan kualitas dan kuantitas air. Penurunan kuantitas air ditandai berkurangnya debit air dan daya tampung, terjadi perbedaan yang tajam antara musim penghujan dengan musim kemarau. Penurunan kualitas perairan disebabkan beban polutan yang masuk ke perairan melebihi baku mutu perairan. Beban polutan berasal dari kegiatan masyarakat di hulu maupun di dalam perairan yang menghasilkan limbah dengan kandungan parameter kimia, fisika, biologi melebihi baku mutu perairan.

Kegiatan masyarakat di daerah tangkapan air (DTA) mempunyai kontribusi menyebabkan degradasi lingkungan perairan waduk, seperti: pemanfaatan lahan intensif di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), pembuangan limbah peternakan, industri, wisata, pertanian dan permukiman ke badan sungai, erosi tanah akibat aktivitas pertanian, penggundulan hutan dan rendahnya kesadaran masyarakat tentang pelestarian lingkungan. Kegiatan budidaya ikan dalam Karamba Jaring Apung (KJA) dan pariwisata juga menyumbang beban polutan ke dalam perairan waduk pada parameter Nitrogen dan Pospat dari penggunaan pakan ikan. Kegiatan masyarakat yang tidak ramah lingkungan, seperti kegiatan pertanian dengan menggunakan pupuk kimia urea, ponska dan pestisida dapat memperbesar kandungan parameter Nitrogen (N-NO_2 , N-NO_3 dan N-NH_3), dan Pospat (P-PO_4) dalam air

permukaan, sedangkan erosi tanah pertanian dapat menyebabkan tingginya parameter TSS dan sedimentasi pada sungai dan waduk.

Permasalahan degradasi lingkungan perairan waduk, dapat tergambarkan dalam besarnya beban limbah akibat limbah kegiatan penduduk yang masuk ke perairan dari hulu melalui sungai di Sub DAS dan kegiatan masyarakat di dalam waduk, diikuti rendahnya persepsi masyarakat sekitarnya tentang pengendalian pencemaran perairan, menandakan permasalahan waduk yang kompleks. Permasalahan yang kompleks dan banyaknya variabel yang berpengaruh dalam suatu sistem lingkungan perairan, dapat digambarkan secara sederhana dan sistematis, melalui sebuah model yang mencerminkan hubungan variabel-variabel yang berpengaruh dalam sistem tersebut (Suwari dkk., 2011). Menurut Jorgensen (1989 dalam Marganof, 2007), penggunaan model *system dynamics* sangat cocok untuk memecahkan permasalahan lingkungan yang kompleks. Selanjutnya Jorgensen (1994 dalam Marganof, 2007) juga mengemukakan, jika ingin memahami tentang fungsi sistem yang kompleks seperti dalam suatu ekosistem, penggunaan model *system dynamics* dalam permasalahan ekologi adalah suatu keharusan. Menurut Nandalal and Semasinghe (2006), kajian tentang pengendalian pencemaran dengan model pendekatan *system dynamics* diasumsikan dapat lebih cepat dan tepat untuk melakukan identifikasi kerusakan (degradasi) lingkungan perairan. Pendekatan klasik telah terbukti tidak mampu memprediksi ketersediaan dan penggunaan sumberdaya air yang sangat penting, bagi perencanaan dan pengelolaan secara berkelanjutan akibat dinamika spasial. Variabel-variabel dalam *system dynamics* mencakup variabel *level/stok*, variabel *rate/flow* dan *auxiliary* (Zhang et al., 2009) untuk merepresentasikan aktivitas dalam suatu lingkaran umpan-balik. *Level/stok* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat dan merupakan akumulasi di dalam sistem, seperti beban limbah yang terakumulasi di sistem perairan waduk. Sedangkan *Rate/flow* merupakan struktur kebijaksanaan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan informasi yang tersedia di dalam sistem. *Rate/flow* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level/stok*. Kegiatan masyarakat yang berpotensi sebagai penghasil limbah, yang masuk ke dalam waduk merupakan variabel *rate/flow*, seperti pertanian, peternakan,

industri, domestik dan wisata. Model dibangun melalui beberapa sub model, sebagai contoh model pengendalian pencemaran waduk dapat dibangun dari sub model penduduk, sub model sumber limbah, sub model KJA, dll. Beban limbah kegiatan penduduk akan menambah peningkatan total beban limbah yang masuk ke perairan waduk, sehingga untuk mengembangkan sub model limbah penduduk, sebagai variabel *Level/stok* adalah beban limbah penduduk, sebagai variabel *Rate/flow* adalah jumlah penduduk, kematian dan kelahiran.

Waduk Gajah Mungkur Wonogiri (WGM) berada di lahan seluas 8.800 ha, dengan Daerah Tangkapan Air (DTA) seluas 1.244 km². Terdapat tujuh (7) sungai besar sebagai pengisi air WGM, yaitu Keduang, Wiroko, Bengawan Solo hulu, Temon (Anshori, 2008), Wuryantoro (Bappeda, 2012), Alang, Ngunggahan (Wiryanto, 2013), dan anak sungai yang lebih kecil. WGM mempunyai nilai manfaat sebagai pengendali banjir (*flood control*), penyediaan air irigasi, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), obyek wisata dan budidaya ikan air tawar. Budidaya ikan dengan sistem Karamba Jaring Apung (KJA) untuk mengembangkan ikan nila.

Lahan di DTA WGM dimanfaatkan untuk sawah, bangunan dan pekarangan, tegal, padang rumput, tambak, hutan negara dan lainnya. Penggunaan lahan untuk sawah, menggunakan beberapa sistem pengairan yaitu pengairan teknis, pengairan ½ teknis, pengairan sederhana dan tadah hujan (Bappeda, 2012). Berdasarkan wawancara dengan kelompok tani, untuk mengembangkan hasil produksi pertanian yaitu padi, sayuran, singkong dan jagung, petani menggunakan pupuk organik dan non organik, seperti Ponska, Urea, TSP, NPK dan pestisida. Menurut Casali *et al* (2010, dalam Agustiningsih 2012) kegiatan pertanian akan menimbulkan dampak pencemaran air sungai dan waduk, karena menghasilkan limpasan sedimen, nitrat dan fosfat yang masuk ke badan air. Limbah peternakan yang dibuang ke sungai akan menyumbang beban pencemaran waduk yang ditandai dengan meningkatnya kandungan parameter BOD, COD dan *E-coli*. Limbah permukiman dan kebiasaan masyarakat membuang hajat di sungai, dapat menyumbang beban pencemaran pada parameter BOD, COD, N-NO₂, N-NO₃, Total *Coliform* dan *E-coli*. Di DTA WGM terdapat kegiatan industri, seperti penyulingan cengkeh, tahu,

tempe, *rice mill*, kripik/opak/krupuk dan tapioka. Kegiatan penduduk di hulu yang tidak ramah lingkungan akan menjadi sumber polutan di sungai sub DAS dan perairan WGM.

Perairan WGM telah mengalami degradasi dari tahun ke tahun, yang ditandai dengan beberapa temuan, antara lain: telah terjadi sedimentasi (JICA, 2007), yang mengancam umur WGM, kegiatan di Sub DAS (Wiroko & Keduang) telah menyebabkan peningkatan kesuburan di perairan WGM (Wiryanto, dkk., 2012). Tiap zona di WGM menunjukkan tingkat pencemaran sedang hingga berat (Himawan, 2011), Kualitas dan kuantitas perairan WGM telah mengalami penurunan (Pujiastuti, 2010). Beban polutan yang masuk ke WGM pada parameter BOD, COD, N-NO₂, N-NO₃, Total *Coliform* dan *E-coli* meningkat dari tahun ke tahun (Pujiastuti dkk., 2013).

Beban polutan tertinggi berasal dari kegiatan penduduk di sub DAS Keduang, adalah TSS sebesar 891,71 ton/th (Pujiastuti, 2010). Beberapa parameter pada daerah sampling outlet sub DAS telah melebihi baku mutu air kelas dua PP 82 tahun 2001, yaitu DO, BOD, COD, TSS, N-NO₂ dan P-PO₄. Untuk parameter *Coliform* pada daerah sampling outlet sub DAS Bengawan Solo hulu dan KJA juga telah melebihi baku mutu tersebut di atas. Demikian juga dengan parameter *E-coli* pada daerah KJA, outlet pertanian, outlet sub DAS Bengawan Solo hulu dan sub DAS Keduang (Pujiastuti dkk., 2013). Beberapa sumur di hulu sungai Bengawan Solo, tepatnya wilayah sub DAS Keduang di desa Kerjo Lor Kecamatan Ngadirojo ditemukan telah tercemar bakteri *E-coli* (Suprpto, 2013).

Beban polutan yang berasal dari dalam waduk berupa usaha KJA meningkat, tahun 1997 berjumlah 185 petak menjadi 231 petak (Bappeda, 2007) dan 2013 menjadi 1186 petak (Pujiastuti, 2013). KJA telah menyebar ke zona wisata (Pujiastuti, 2010), dan zona suaka serta zona bebas (Sudarmono, 2006). Limbah pakan ikan menumpuk bertahun-tahun telah menurunkan derajat keasaman air (Pujiastuti, 2003) dan cadangan oksigen terlarut, meningkatkan kandungan N-NO₂ dan N-NH₃ (Pujiastuti, 2009), menaikkan tingkat kerusakan bagian sistem *cooler* dan turbin PLTA (Sumarna, 2005), merusak kehidupan biota air (Pujiastuti, 2003), maupun merusak tanaman yang dialiri (Pujiastuti,

2009). Pada titik sampling KJA, terdapat 8 parameter yang kandungannya di bawah baku mutu air kelas dua PP 82 tahun 2001, yaitu TSS, DO, BOD, COD, N-NO₂, P-PO₄, Fecal coliform dan total coliform (Pujiastuti, 2010). Rata-rata mempunyai status mutu tercemar ringan sampai berat terhadap kualitas air kelas dua pada parameter TSS, BOD, COD, N-NO₂, N-NO₃, N-NH₃, P-PO₄ (Pujiastuti, 2011). Perairan WGM mempunyai tingkat pencemaran sedang hingga berat berdasarkan hasil uji Storet terhadap baku mutu air kelas dua PP 82/2001 (Himawan, 2011). Sebanyak 56,25 -75,00% masyarakat sekitar WGM mempunyai persepsi yang rendah terhadap upaya pelestarian lingkungan WGM (Pujiastuti dkk., 2013). Menurut Connel dan Miller (2006 dalam Utomo dkk., 2011) penyebaran polutan dalam lingkungan perairan dipengaruhi oleh proses pengangkutan interaktif, seperti penguapan yang dapat menurunkan kepekatan dalam air, presipitasi dari udara, pencucian dan aliran yang dapat meningkatkan kepekatan dalam air.

Fenomena penurunan kualitas perairan WGM menunjukkan bahwa pencemaran yang terjadi di WGM Wonogiri semakin mengkhawatirkan karena dapat mengancam fungsi waduk. Terdapat keterkaitan erat antara fungsi waduk dengan dampak dari pencemaran yang terjadi di perairan WGM. Hal ini merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius agar WGM tetap lestari. Apabila tidak segera diambil tindakan pengendalian akan menimbulkan dampak ekologis, ekonomis dan sosial budaya, seperti kerusakan keseimbangan ekologis di WGM dan aliran sungai di hilir, bertambahnya biaya pengolahan air di PDAM, bertambahnya biaya perawatan peralatan PLTA, menurunnya nilai estetika, dan resiko kesehatan penduduk..

Permasalahan degradasi lingkungan perairan WGM, yang tergambarkan dalam besarnya beban limbah akibat kegiatan penduduk yang masuk ke perairan WGM dari DTA melalui sungai dari tujuh Sub DAS, dan kegiatan penduduk di dalam waduk, serta rendahnya persepsi masyarakat, menandakan permasalahan WGM yang kompleks. Pencemaran perairan WGM bersifat kompleks, dinamik, dan probabilistik karena unsur-unsur di dalamnya mengalami gejala transpor dan transportasi, dan input yang masuk ke dalam WGM bervariasi terhadap waktu, baik kualitas maupun kuantitasnya. Pendekatan *system dynamics* diasumsikan

akan dapat digunakan sebagai dasar penyusunan/pengembangan model yang cocok untuk pengendalian pencemaran perairan WGM.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian di badan waduk, maupun kegiatan penduduk di luar badan waduk WGM. Penelitian yang telah dilakukan di WGM sampai saat ini masih bersifat parsial, sedangkan penelitian ini mengintegrasikan seluruh kepentingan yang membangun struktur pencemaran kualitas perairan WGM menggunakan *system dynamics*. Metode pendekatan *system dynamics* mengintegrasikan secara menyeluruh kepentingan para pelaku yang terlibat dalam sistem pengendalian pencemaran. Metode ini digunakan sebagai tolok ukur dalam merancang atau membangun pemodelannya. Keterbaruan penelitian ini terletak pada 1). tersedianya peta spasial sumber polutan potensial dari kegiatan masyarakat di DTA, yang mengalir ke WGM melalui tujuh sub-DAS dan berperan dalam penurunan kualitas perairan WGM, sebagai sistem informasi lingkungan, 2). kajian hidrokimia senyawa/unsur kimia dominan penyebab pencemaran dan kualitas padatan pada zona tercemar, 3). kajian model pengendalian pencemaran perairan WGM menggunakan pendekatan geospasial *system dynamics*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, dalam penelitian ini dapat diajukan beberapa rumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana gambaran peta spasial kualitas perairan WGM yang mendapatkan sumber polutan dari kegiatan masyarakat di hulu yang mengalir ke WGM melalui tujuh Sub DAS: Keduang, Wiroko, Temon, Bengawan Solo hulu, Alang, Ngunggahan, Wuryantoro, dan dari dalam waduk berupa budidaya ikan dalam KJA serta daerah wisata yang menyebabkan penurunan kualitas air WGM, berdasarkan parameter pH, TSS, DO, BOD, COD, N-NO₂, N-NO₃, N-NH₃, P-PO₄, Mn, Cu, Fe, Cr, Zn, *E-coli* dan Total *Coliform* ?.
2. Bagaimana tingkat toksisitas polutan pada zona tercemar dan unsur kimia dominan apa yang menjadi penyebab pencemaran di zona tercemar dari hulu dan dari dalam WGM ?.

3. Bagaimana model pengendalian pencemaran perairan DTA WGM melalui pendekatan *system dinamycs*, untuk merancang rekomendasi kebijakan pengendalian pencemaran air WGM ?.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh peta spasial status mutu air WGM, yang mendapatkan sumber polutan dari kegiatan masyarakat di hulu, yang mengalir ke WGM melalui 7 Sub DAS: Keduang, Bengawan Solo hulu, Temon, Alang, Ngungghahan, Wiroko, Wuryantoro dan dari dalam waduk berupa budidaya ikan dalam KJA serta daerah wisata yang menyebabkan penurunan kualitas air WGM, berdasarkan parameter pH, TSS, DO, BOD, COD, N-NO₂, N-NO₃, N-NH₃, P-PO₄, Mn, Cu, Fe, Cr, Zn, E-coli dan Total Coliform.
2. Menentukan tingkat toksisitas dan unsur/senyawa kimia dominan pada zona kualitas air tercemar di WGM.
3. Mengembangkan model pengendalian pencemaran perairan DTA WGM melalui *system dinamycs*, untuk merancang rekomendasi kebijakan pengendalian pencemaran sumberdaya perairan WGM.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk berbagai pihak, antara lain:

1. Secara teoritis, penelitian ini bermanfaat bagi para pengambil keputusan dalam menentukan sistem pengendalian pencemaran dari hulu-hilir dan dari dalam waduk, berdasarkan peta spasial sumber polutan dan tingkat toksisitas pada zona tercemar yang dapat digunakan sebagai sumber data sistem informasi lingkungan.
2. Sebagai informasi kepada masyarakat Wonogiri khususnya, untuk menjaga kelestarian perairan WGM.
3. Untuk pengembangan Ilmu pengetahuan dan Teknologi tentang pengendalian perairan Waduk khususnya WGM Wonogiri.