

ANALISIS PENGARUH HIDROLIKA SUNGAI TERHADAP TRANSPORT BOD DAN DO DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE QUAL2E (STUDI KASUS DI SUNGAI KALIGARANG, SEMARANG)

Winardi Dwi Nugraha *)

ABSTRACT

People and industrial activity along Kaligarang River increase day by day, cause load of river increase too. River has many function to support human life, so monitoring of river is needed. Monitoring of river water quality in some places need many expenses and can not give information about water quality comprehensively. That is why, it's needed a water quality modeling for river. In this case, it's used Qual2E one of the water quality modeling software. To use the software related to the river characteristic, it's still needed to justify some of coefficients and get validation related to reaction pattern among the constituent, hydraulic condition, and hidrology aspects. The research is proposed to see the process of calibration of model related to the justification of coefficient. And so, to analyze the influence of hydraulic aspects of river to the BOD and DO pattern. It's needed the secondary data, i.e. water quality sampling, climatlogy, hydrology (discharge of river), river hydraulic aspects, map, point source. The calibration is done related to the data and coefficient of the model to get the suitable model used Kaligarang River. This calibrated model is validated by the secondary data, i.e. water quality sampling from Bappedal Province of Central Java. And the get simulation with the various of hydraulic aspects, i.e. "n" number of Manning, cross section, and the influence of Simongan dam. The conclusions of the research say that there are influences and relationships of hydraulic aspects to the BOD and DO pattern.

Key words: BOD, DO, hydraulic, Kaligarang, QUAL2E

PENDAHULUAN

Kekhawatiran masyarakat, terutama masyarakat pengguna air, meningkat seiring dengan meningkatnya pencemaran air sungai. Pencemaran yang terjadi di beberapa sungai telah mencapai tingkat yang membahayakan ekosistem sungai dan selanjutnya muara dan pantai. Oleh karena itu kualitas air sungai senantiasa harus terus menerus dipantau, terhadap segala kegiatan manusia di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS). Penggunaan model kualitas air sungai, dalam hal ini model / software Qual2e yang diatur pula dalam KepMen LH No. 110 Tahun 2003 sebagai salah satu metoda untuk menghitung daya tampung beban pencemaran pada sumber air, dapat membantu para *stake holder* melakukan kajian strategis dan merumuskan kebijakan bagi pengelolaan sungai terutama yang berkaitan dengan kualitas airnya. Hal ini juga semakin relevan dengan adanya UU No. 7 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air, dan PP No. 82 / Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan

Pengendalian Pencemaran Air yang mengatur pula kewenangan pemerintah daerah dalam mengelola sumber daya air di wilayahnya.

Penelitian ini dan penggunaan model Qual2e ini dilakukan pada Sungai Kaligarang yang mengalir dari bagian hulu di Kabupaten Semarang ke bagian hilir di Kota Semarang. Sungai yang merupakan salah satu bagian dari sistem pengendali banjir Kota Semarang ini mempunyai panjang total 34 km dengan luas total *catchmen area* 204 km². Sungai ini terhubung dengan dua anak sungai besar pada kilometer 9 dari muara, yaitu Sungai Kreo dan Sungai Kripik. Ketiga sungai tersebut berasal dari Gunung Ungaran.

Beberapa aktivitas industri ada di sepanjang Sungai Kaligarang. Tercatat 9 perusahaan yang membuang limbah industri ke sungai ini. Disamping aktivitas manusia dengan limbah domestiknya di sepanjang aliran. Sungai ini juga berfungsi sebagai salah satu sumber air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Semarang dan juga berfungsi untuk pengendali banjir dan penggelontoran kota

*) Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

melalui Kali Semarang, yang *intakenya* berada persis pada sisi kanan Bendung Simongan yang melintang di tengah Sungai Kaligarang.

PROSEDUR PENELITIAN

Model / software Qual2e merupakan software yang dapat digunakan untuk komputasi dengan data sesaat. Data yang diperlukan dapat berupa data sekunder yaitu : data meteorologi, kualitas air (hasil sampling dari instansi Bappedal) , pengambilan air baku PDAM, hidrologi (debit sungai) , hidrolika sungai (kecepatan aliran, slope dasar sungai, luas penampang sungai , kemiringan dinding sungai, bilangan “n” ,) , sumber pencemar, maupun data tentang bangunan – bangunan yang melintang di tengah sungai seperti bendung yang dapat berfungsi untuk mekanisme aerasi aliran. Data yang ada harus berada pada kerangka waktu yang sama. Pengambilan data kualitas air sungai dapat menggunakan pula data primer. Pada penelitian ini hanya digunakan data sekunder yang ada.

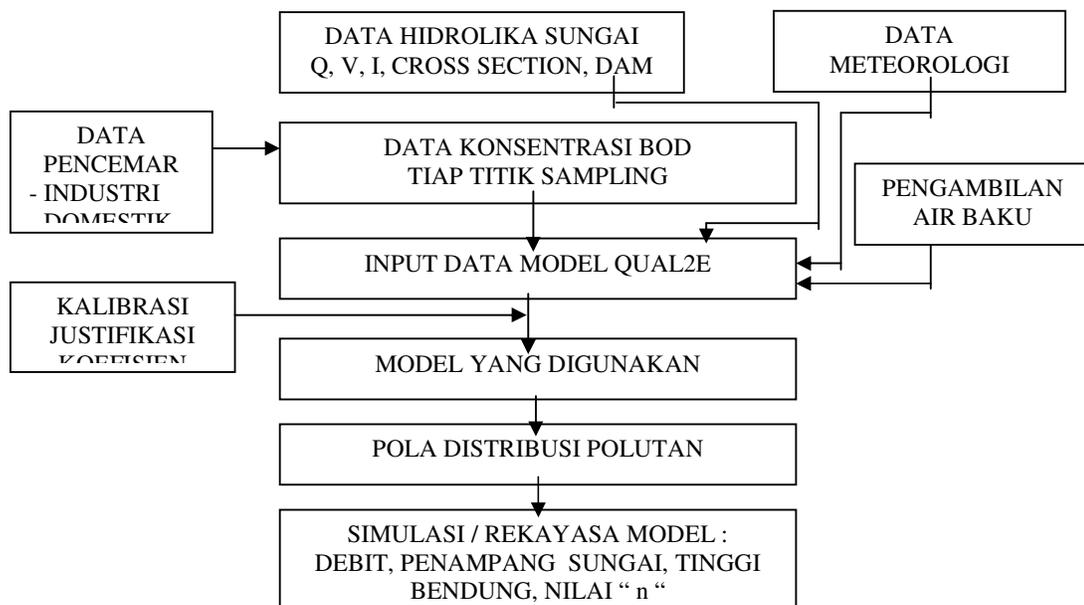
Diagram proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini. Dari data yang ada, diambil data pada Bulan Oktober 2004 yang paling lengkap baik meteorologi, hidrologi, hidrolika, kualitas air, sumber

pencemar industri , pengambilan air baku PDAM maupun perhitungan sumber pencemar domestik

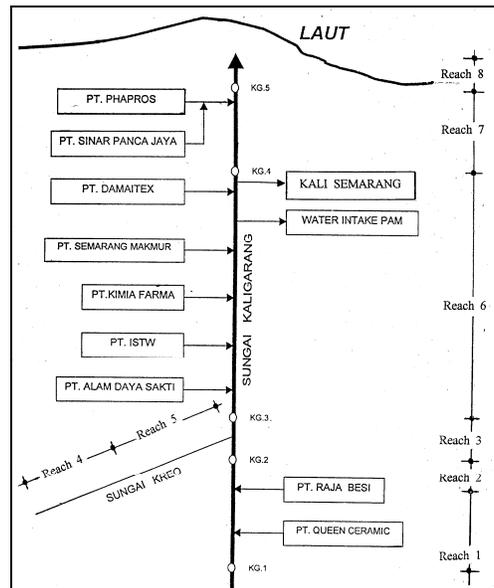
Sebelum proses *input* data, dilakukan pembagian ruas sungai sesuai dengan kondisi lapangan dan data kualitas air yang tersedia. Semua *input (point source)* maupun *output (withdrawal)* diinventaris seperti terlihat pada **Gambar 2**.

Selanjut dilakukan *input* data pada Qual2e, kemudian pada model ini dilakukan kalibrasi pada koefisien yang ada , agar grafik hasil *run* program mendekati kecenderungan pola transport / distribusi yang ada . Selanjutnya pada model yang telah dikalibrasi, dilakukan berbagai simulasi yang berkaitan dengan aspek hidrolika sungai untuk melihat pengaruhnya terhadap transport polutan BOD dan DO. Khusus untuk DO hanya diamati pengaruh koefisien kekasaran Manning dan keberadaan Bendung Simongan . Jadi titik pengamatan hanya dilakukan pada *Reach 7* , yaitu ruas tempat bendung tersebut berada.

Beberapa variable pada penelitian ini untuk dilakukan simulasi ialah nilai “ *n* “ *Manning*, kemiringan dinding saluran (1/m), dan keberadaan dan fungsi Bendung Simongan sebagai aerator.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram sistem ruas dan interaksi input – output

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada *Reach-1* hingga *Reach-3* (sebelum pertemuan dengan Sungai Kreo), model masih dapat melakukan justifikasi / kalibrasi sehingga hasil kalibrasi dan data sampling menunjukkan hasil yang sama. Sedangkan pada *Reach-6* sampai dengan *Reach-8* terdapat perbedaan antara hasil kalibrasi dan sampling. *Reach-6* menunjukkan nilai BOD sebesar 3,01 mg/l sedangkan data sampling 3,80 mg/l. *Reach-7* menunjukkan nilai 5,96 mg/l sedang pada data sampling 7,57. Dan *Reach-8* nilai BOD 6,98 , sedangkan data sampling 7,11 mg/l. Kalibrasi sudah tidak dapat mengakomodasi unsur koefisien BOD-*decay*, BOD-*settling*, dan SOD-*rate* yang telah

mencapai nilai optimal. Dan juga kemungkinan disebabkan makin kompleksnya interaksi unsur polutan mulai *Reach-6* di mana mulai masuk unsur *point load / source* dari industri yang terletak sebagian besar diantara *Reach-6* dan *Reach-7*, bergabungnya aliran Sungai Kreo sebelum *Reach-6*, dan pengaruh aliran balik air laut di daerah estuary yang terutama berpengaruh terhadap pola transport setelah *Reach-7* yaitu setelah Bendung Simongan

Simulasi Terhadap Aspek Hidrolika

Simulasi pertama dilakukan terhadap koefisien kekasaran Manning, dengan hasil seperti **Tabel 1** di bawah ini :

Tabel 1. Perbandingan Pengaruh nilai “n” terhadap BOD dan DO

No.	Titik Pengamatan	Model Kalibrasi			Simulasi		
		Nilai " n "	BOD	DO	Nilai " n "	BOD	DO
1	REACH - 1	0.075	2.89	7.46	0.025	2.89	7.51
2	REACH - 3	0.075	2.29	7.49	0.025	2.53	7.79
3	REACH - 6	0.05	3.01	7.17	0.02	3.45	7.61
4	REACH - 7	0.05	5.96	7.12	0.02	6.43	7.34
5	REACH - 8	0.05	6.98	6.74	0.02	7.49	7.04

Simulasi dengan mengecilkan koefisien Manning dimaksudkan untuk melihat ke cenderung profil transport BOD dan DO di

masa mendatang, yaitu bahwa kemungkinan terjadinya degradasi lingkungan yang menyebabkan semakin hilangnya kondisi

alamiah sungai . Tabel menunjukkan bahwa perubahan nilai “n” yang mengecil menyebabkan nilai BOD menjadi naik. Hal ini disebabkan nilai “n” yang mengecil menyebabkan kecepatan aliran naik. Hal itu menyebabkan laju *decay* BOD mengecil sehingga , peluruhan BOD berkurang.

Sebaliknya mengecilnya koefisien Manning , menyebabkan nilai DO meningkat. Hal ini dapat dilihat dari kinetika perubahan konsentrasi DO seperti persamaan di bawah ini :

$$\frac{dO}{dt} = K_2(\sigma_s - O) - K_1L - \frac{K_4}{H}$$

Dimana K_2 merupakan laju reaerasi yang merupakan fungsi kecepatan. Dalam kalibrasi model ini menggunakan formula reaerasi O'Connor and Dobbins (1958) sbb:

$$K_2 = 3.95 \frac{U^{0.5}}{H^{1.5}}$$

Nilai konstanta laju reaerasi K_2 sebanding dengan kecepatan aliran (U). Makin besar kecepatan linier (U), maka nilai K_2 makin besar pula. Nilai K_2 yang membesar menyebabkan nilai $\frac{dO}{dt}$ menjadi meningkat pula.

Pada simulasi selanjutnya , dilakukan perubahan terhadap kemiringan dinding saluran / sungai . Simulasi hanya dilakukan pada Reach-6 hingga akhir Reach-8 (muara). Hal ini disebabkan bahwa Sungai Kaligarang juga merupakan kanal barat Kota Semarang yang berfungsi sebagai pengendali banjir. Sehingga ruas inilah yang selama ini menjadi perhatian pemerintah kota terutama dalam rencana induk pengembangannya. Hasil simulasi dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Pengaruh Kemiringan Dinding Saluran/Sungai (1/m) Terhadap BOD

No.	Titik Pengamatan	Model Kalibrasi		Simulasi				
				1/m=0.5	1/m=0.577	1/m=0.667	1/m=1	1/m=2
		1 / m	BOD	BOD	BOD	Side Slope	BOD	BOD
1	REACH – 6	0.6667	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01
2	REACH – 7	0.5	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.95
3	REACH - 8	0.5	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.97

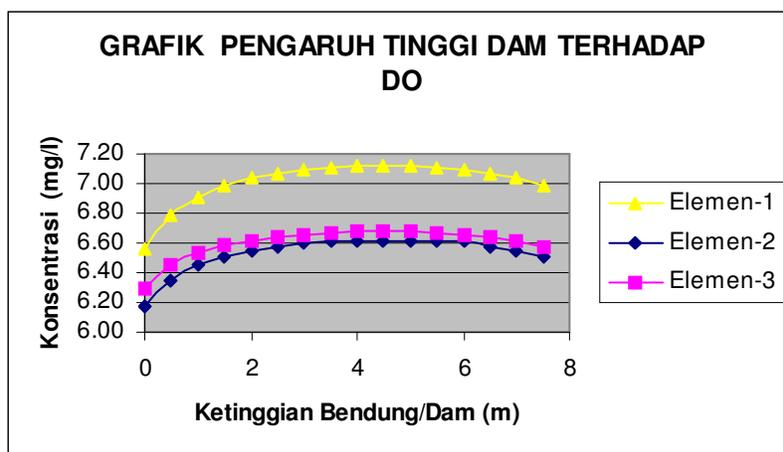
Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan kemiringan dinding saluran / sungai bahkan dengan penampang yang paling ekonomis untuk saluran trapesium ($1/m = 0.577$) tidak memberikan dampak terhadap transport BOD dan DO.

Simulasi yang berkaitan dengan ketinggian bendung yaitu Bendung Simongan yang terletak pada *Reach-7* memberikan hasil seperti terlihat pada **Gambar 4** . *Reach – 7* terdiri dari 3 elemen dengan masing – masing berjarak 0,5 km, dengan posisi bendung ada pada elemen – 1.

Simulasi dilakukan mulai dengan anggapan jika Bendung Simongan tidak ada hingga ketinggian bendung mencapai $H=7,5$ m. Grafik yang terjadi merupakan parabola dengan nilai maksimum pada $H=4,5$ m yang

merupakan ketinggian yang sebenarnya Bendung Simongan. Bentuk parabola ini disebabkan persamaan reaerasi transfer oksigen *Butt and Evans* (1983) yang merupakan persamaan kuadrat untuk faktor H (ketinggian bendung), yaitu sebagai berikut:
 $r = 1 + 0.38abH(1 - 0.11H)(1 + 0.046T)$

Nilai DO membesar mulai dari $H=0$ hingga mencapai nilai maksimum pada $H=4.5$ m dan kemudian menurun kembali sampai $H=7.5$ m dan seterusnya. Sedangkan nilai BOD konstan, karena BOD dipengaruhi oleh BOD-decay dan BOD-settling yang pada ruas ini telah optimal.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Tinggi Bendung/Dam Terhadap DO

KESIMPULAN

1. Model QUAL2E dapat diterapkan di Sungai Kaligarang Semarang
2. Pada simulasi koefisien kekasaran Manning dengan perlakuan nilai "n" yang mengecil memberikan efek pada BOD dan DO yang makin meningkat
3. Perubahan kemiringan saluran/sungai (1/m) tidak berpengaruh pada BOD maupun DO
4. Nilai DO akibat adanya bendung mempunyai harga maksimum karena persamaan reaerasi bendung merupakan persamaan kuadrat. Sedangkan terhadap BOD tidak ada pengaruh karena konstanta BOD-decay dan BOD-settling telah optimal

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Himpunan Peraturan Pengelolaan Lingkungan Hidup 2002 – 2004, CV. Eko Jaya, Jakarta 2004
- Chapra, Steven C. Surface Water-Quality Modelling, The McGraw-Hill Companies International Editions, Singapore, 1997
- James, A. An Introduction to Water Quality Modelling, John Wiley & Sons Ltd, New York, West Sussex, England, 1993
- JICA. The Master Plan On Water Resources Development And Feasibility Study For Urgent Flood Control And Urban Drainage In Semarang City And Suburbs,

- The Republic of Indonesia Directorate General of Water Resources Development Ministry of Public Works, Jakarta, 1993
- Olson, Reuben M and Steven J.Wright. Essentials of Engineering Fluid Mechanics, Harper & Row, Publishers, Inc, New York, 1990
- Suripin. "Bagian I: Saluran Terbuka & Analisis Dimensi." Hidraulika II, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2001
- Thomann, Robert V and John A. Mueller. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper & Row, Publishers, Inc, New York, 1987
- United States Environmental Protection Agency. "Windows Interface User's Guide." Qual2e Windows, Dodson & Associates, Inc, Houston, Texas, 1995