

PENGARUH PENGELOLAAN LIMBAH DOMESTIK DENGAN PENINGKATAN JUMLAH SEPTIC TANK TERHADAP BEBAN CEMARAN BOD DI KALI SEMARANG MENGGUNAKAN PROGRAM QUAL2E

Jayanthi Ratna Putri, Endro Sutrisno, Irawan Wisnu Wardana *)

ABSTRAK

Kali Semarang merupakan salah satu drainase lingkungan di Kota Semarang, dengan panjang sungai $\pm 8,25$ km yang pengelolannya masih menggunakan metode tradisional yaitu bercampurnya buangan air limbah rumah tangga (grey water) dengan air hujan dalam saluran, sehingga sungai dijadikan sebagai tempat pembuangan akhir oleh masyarakat yang menyebabkan sungai menjadi tercemar. Oleh karena itu perlu dilakukan simulasi pengelolaan limbah domestik dengan simulasi peningkatan jumlah septic tank (90% - 100%) oleh penduduk menggunakan Qual2e, kemudian hasilnya dibandingkan dengan baku mutu PP Nomor 82 Tahun 2001. Pada simulasi penggunaan septic tank 90% penduduk dihasilkan beban cemaran BOD segmen 1 (0,868 mg/l), segmen 2 (0,863 mg/l), pada segmen 3 (6,395 mg/l), dan segmen 4 (10,562 mg/l). Pada simulasi penggunaan septic tank oleh 95% penduduk, dihasilkan beban cemaran BOD segmen 1 (0,75 mg/l), segmen 2 (0,74 mg/l), segmen 3 (5,41 mg/l), dan segmen 4 (9,38 mg/l). Pada simulasi penggunaan septic tank oleh 100% penduduk, dihasilkan beban cemaran BOD segmen 1 (0,75 mg/l), segmen 2 (0,73 mg/l), segmen 3 (5,27 mg/l), dan segmen 4 (9,12 mg/l). Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penduduk menggunakan septic tank, maka semakin rendah beban cemaran BOD yang dihasilkan.

Kata kunci : Kali Semarang, Pengelolaan limbah domestik Terhadap Beban Cemaran BOD, septic tank, Qual2e, simulasi

ABSTRACT

Semarang River is one of the drainage environment in the city, with ± 8.25 km long river that management is still using traditional methods, namely the mixing of domestic wastewater effluent (gray water) with rain water in the channel, so that the river used as a landfill by people who caused the river becomes polluted. Therefore it is necessary for domestic waste management simulation with an increased number of septic tank simulation (90% - 100%) by using QUAL2E population, then the results are compared with the standard quality PP No. 82 of 2001. In the simulations use 90% of the sewage generated contamination BOD load segment 1 (0.868 mg / l), segment 2 (0.863 mg / l), on segment 3 (6.395 mg / l), and segment 4 (10.562 mg / l). In the simulation the use of septic tanks by 95% of the population, resulting contamination BOD load segment 1 (0.75 mg / l), segment 2 (0.74 mg / l), segment 3 (5.41 mg / l), and segment 4 (9.38 mg / l). In the simulation the use of septic tanks by 100% of the population, resulting contamination BOD load segment 1 (0.75 mg / l), segment 2 (0.73 mg / l), segment 3 (5.27 mg / l), and segment 4 (9.12 mg / l). It can be concluded that more and more people use septic tanks, the lower the BOD load generated contamination.

Keywords: Semarang river ,domestic waste management Against Contamination BOD, septic tank, QUAL2E, Simulation

PENDAHULUAN

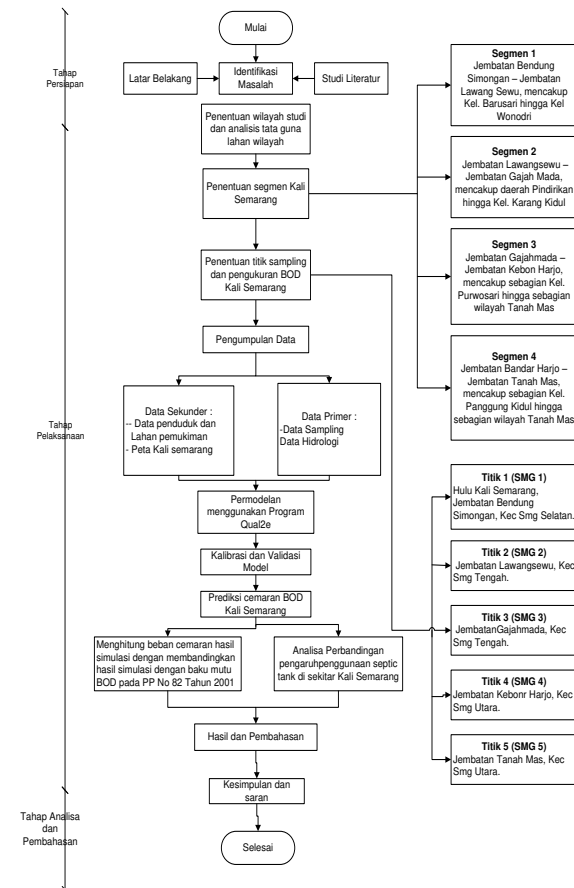
Kali Semarang melewati Kecamatan Semarang Selatan, Kecamatan Semarang Tengah, dan Kecamatan Semarang Utara yang merupakan salah satu drainase lingkungan di Kota Semarang. Berkembangnya kegiatan penduduk di sekitar Kali Semarang, seperti bertambahnya pemukiman penduduk, serta kegiatan industri rumah tangga, dapat berpengaruh

terhadap kualitas airnya. Adanya masukan bahan-bahan terlarut yang dihasilkan oleh kegiatan penduduk di sekitar sungai sampai pada batas-batas tertentu tidak akan menurunkan kualitas air sungai. Namun demikian apabila beban masukan bahan-bahan terlarut tersebut melebihi kemampuan sungai untuk membersihkan diri sendiri (*self purification*), maka timbul permasalahan

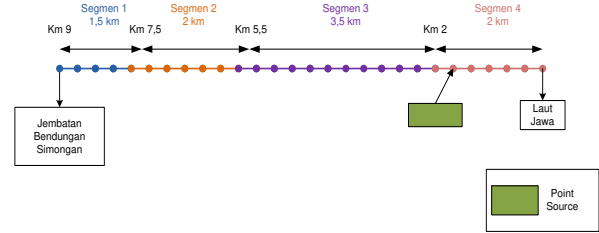
*) Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

yang serius yaitu pencemaran perairan. Indikator pencemar *Biological Oxygen Demand (BOD)* yang merupakan indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pencemaran air sungai. Semakin tinggi beban cemaran yang terukur maka air sungai semakin tercemar. Oleh karena itu dilakukan simulasi peningkatan jumlah *septic tank* terhadap beban cemaran BOD. Salah satu cara untuk mengetahui beban cemaran BOD yaitu dengan menggunakan metode *QUAL2E*.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1
Diagram Alir Penelitian



Gambar 2
Keadaan Masing – masing Segmen Kali Semarang
HASIL DAN PEMBAHASAN
Pembagian Segmen Daerah Penelitian

1. Segmen satu ditentukan berdasar daerah tangkapan air yang dimulai dari Jembatan Bendungan Simongan Kecamatan Semarang Selatan sampai dengan Jembatan Lawang Sewu, Kecamatan Semarang Tengah. Segmen 1 mencakup Kelurahan Barusari hingga Kelurahan Wonodri dengan panjang segmen 1,5 km. Penggunaan lahan pada segmen 1 ini yaitu sebagai area pemukiman. Berikut merupakan gambaran elevasi pada segmen kesatu.
2. Segmen 2 dimulai dari Jembatan Lawang sewu, Kecamatan Semarang Tengah sampai dengan Jembatan Gajahmada, Kecamatan Semarang Tengah. Segmen 2 mencakup daerah Pindirikan hingga Kelurahan Karang Kidul dengan panjang segmen 2 km. Penggunaan lahan pada segmen 2 ini yaitu area pemukiman dan perkantoran. Berikut merupakan gambaran elevasi pada segmen kedua.
3. Segmen 3 dimulai dari Jembatan Gajahmada, Kecamatan Semarang Tengah sampai dengan Jembatan Kebon Harjo, Kecamatan Semarang

Utara. Segmen 3 mencakup sebagian Kelurahan Purwosari hingga sebagian wilayah Tanah Mas dengan panjang segmen 3,5 km. Penggunaan lahan pada segmen 3 ini yaitu area pemukiman dan perkantoran. Berikut merupakan gambaran elevasi pada segmen ketiga.

4. Segmen 4 dimulai dari Jembatan Kebon Harjo, Kecamatan Semarang Utara sampai dengan Jembatan Tanah Mas, Kecamatan Semarang Utara. Segmen 4 mencakup sebagian daerah Panggung Kidul hingga sebagian wilayah Tanah Mas dengan panjang segmen 2 km. Penggunaan lahan pada segmen 4 ini yaitu area permukiman, aktivitas industri dan pelabuhan. Berikut merupakan gambaran elevasi pada segmen keempat

Beban Pencemaran

Beban Pencemaran yang diperhitungkan pada penelitian ini hanya berupa *non point source* yang menunjukkan polutan yang dikoleksi, ditransportasi serta dibuang lewat limpasan air pada suatu kawasan.

Beban cemaran dan debit indika pencemar BOD dari limbah domestik da dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Debit Limbah Domestik

Segmen	Debit Limbah Domestik (L/detik)		
	2013	2018	2023
1	25,626	24,704	23,816
2	26,977	26,428	25,899
3	40,640	40,086	39,554
4	95,412	95,542	95,672

Tabel 2. Persentase Septic Tank Penduduk Kali Semarang Tahun 2013

Segmen	% ber-septic tank	% tdk ber-septic tank
1	88	12
2	71	29
3	75	25
4	79	21

Tabel 3. BOD Domestik yang dihasilkan

Segmen	BOD domestik yg dihasilkan (kg/hari)		
	2013	2018	2023
1	6642	6403	6173
2	8044	7903	7768
3	17253	17119	16990
4	33799	33845	33891

Tabel 4. Timbulan BOD yang dihasilkan

Segmen	Timbulan BOD (kg/hari)					
	2013		2018		2023	
	dikelola ST	tdk dikelola ST	dikelola ST	tdk dikelola ST	dikelola ST	tdk dikelola ST
1	582.144	82.081	561204	79129	541017	76282
2	593.260	211.136	581624	208692	570412	206341
3	1.387.040	338.308	1387040	338308	1365204	333818
4	2.611.757	768.112	2615309	769157	2618866	770203

Tabel 5. Beban Cemaran BOD Kali Semarang

Segmen	Beban Cemaran BOD (kg/hari)					
	2013		2018		2023	
	terolah ST	tdk terolah ST	terolah ST	tdk terolah ST	terolah ST	tdk terolah ST
1	349.286	314.939	336722	303610	324610	292689
2	355.956	448.440	348974	441341	342247	434506
3	832.224	893.123	832224	893123	819122	879899
4	1.567.054	1.812.815	1569185	1815280	1571319	1817749

Tabel 6. Konsentrasi BOD Domestik (mg/lt)

Segmen	Konsentrasi BOD Domestik (mg/lt)		
	2013	2018	2023

1	1061,84105	1061,84105	1061,84105
2	1436,24043	1442,85483	1449,50933
3	1898,77744	1910,45027	1922,03444
4	1641,59092	1641,59092	1641,59092

Tabel 7. Konsentrasi BOD Industri (mg/Lt)

Segmen	Jumlah Industri	Konsentrasi BOD (mg/Lt)
1	21	1770
2	26	2010
3	29	2465
4	27	1945

Tabel 8. Konsentrasi BOD Total Kali Semarang

Segmen	Konsentrasi BOD Total (mg/Lt)		
	2013	2018	2023
1	2831,841	2831,841	2831,841
2	3446,240	3452,855	3459,509
3	4363,777	4375,450	4387,034
4	3586,591	3586,591	3586,591

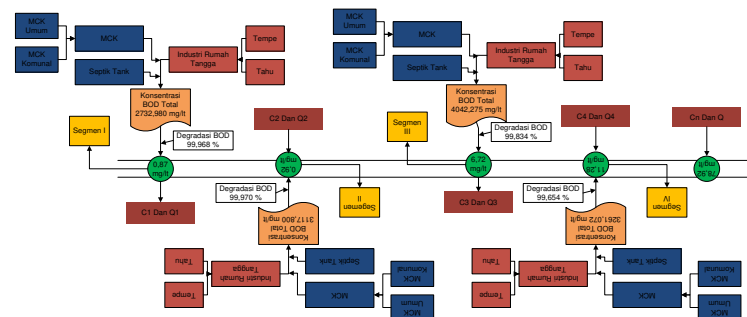
Perhitungan Konsentrasi BOD dari sumber ke sungai

Konsentrasi BOD Kali Semarang dari sumber menuju sungai dihitung berdasarkan dengan pendekatan metode *Black Box*. Metode *black box* di gunakan merupakan data di sumber yaitu domestik dan non domestik serta data *outlet* yaitu di titik pengambilan sampel. Dari data tersebut di peroleh efisiensi pengolahan yang disebabkan faktor - faktor diatas sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi BOD di titik sampling.

Tabel 9. Presentase Degradasi Konsentrasi BOD

Seg	Konsentrasi BOD sumber (mg/Lt)	% Degrad	Konse ntrasi
-----	--------------------------------	----------	--------------

	2013	2018	2023	asi Kons.B OD	BOD Sunga i (mg/Lt)
1	2831,841	2831,841	2831,841	99,968	0,87
2	3446,240	3452,855	3459,509	99,97	0,92
3	4363,777	4375,450	4387,034	99,834	6,72
4	3586,591	3586,591	3586,591	99,654	11,28



Gambar 3 Visualisasi Proses Degradasi BOD Kali Tahun 2013 Semarang

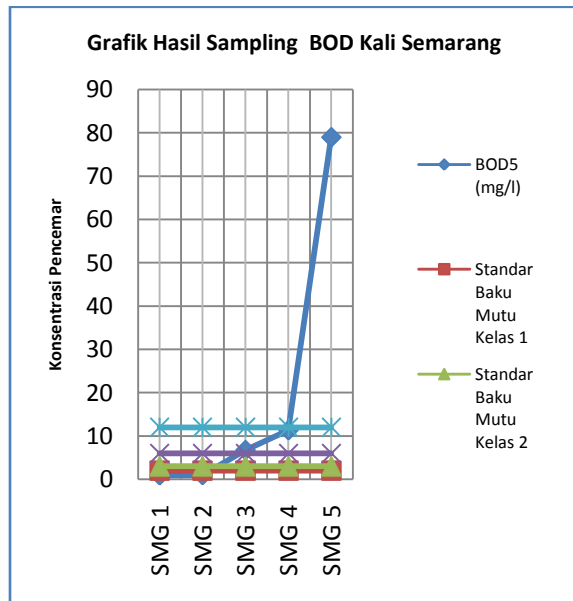
Kualitas Air Kali Semarang

Kualitas air merupakan sifat-sifat air yang ditunjukkan dengan nilai dan/atau kadar makhluk hidup, zat, energi, termasuk bahan pencemar, dan atau komponen lain yang ada atau terkandung di dalam air (SNI-03-7016-2004). Data kualitas air diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pengambilan sampel secara langsung pada tanggal 26 Februari 2013 di 5 titik di Kali Semarang, mulai dari hulu sungai hingga hilir sungai.

Tabel 2. Hasil Analisa Kualitas Air Sungai Kali Semarang

Titik	Konsentrasi BOD (mg/l)				Sampling BOD (mg/l)	Keterangan
	Standar Baku Mutu (PP No. 82 Tahun 2001)					
	I	II	III	IV		
1					0,87	MemenuhiKelas I
2				12	0,92	MemenuhiKelas I
3	2	3	6		6,72	Tidak Memenuhi

Kelas I		
4	11,28	Tidak Memenuhi Kelas I
5	78,96	Tidak Memenuhi Kelas I



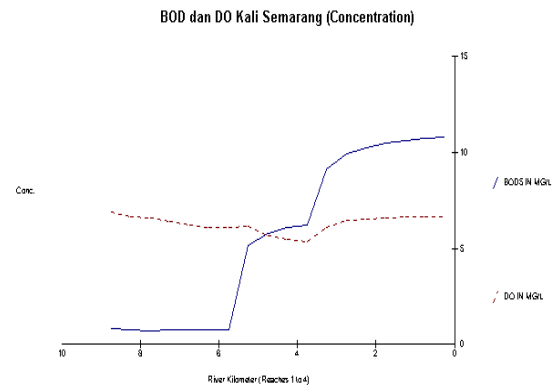
Gambar 4
Grafik Hasil Analisa Kualitas Air Sungai
Parameter BOD

Hidrolika

Hidrolika sungai meliputi kemiringan dasar sungai, angka manning, kemiringan dinding sungai, lebar dan panjang tiap segmen.

Permodelan dengan Software QUAL2E

Pemodelan mempunyai tujuan untuk memperoleh grafik profil cemaran sungai dengan penyederhanaan kondisi sungai di lapangan ke dalam bentuk model.



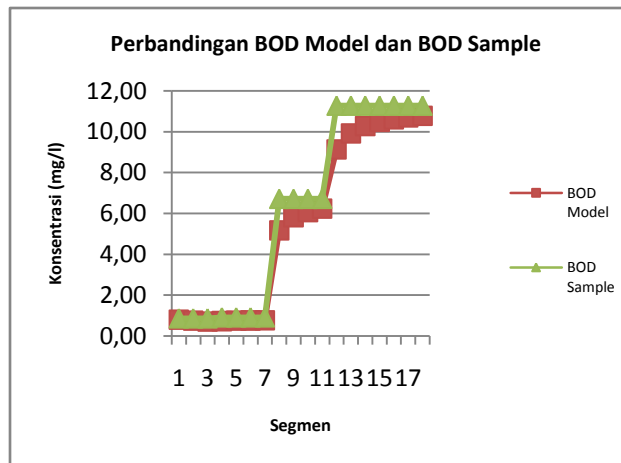
Gambar 5
Hasil *RunningBOD* Model
Kalibrasi Model

Untuk melakukan kalibrasi model, dilakukan trial dan error pada menu BOD dan *DO reaction* dengan tujuan mencari koefisien-koefisien *BOD decay*, *BOD settling* dan *SOD Rate* untuk memperoleh tend grafik cemaran BOD yang mendekati kondisi lapangan

Tabel 3. Koefisien Peluruhan Parameter BOD Sepanjang Kali Semarang

Segmen	BOD & DO Reaction Rate Constant		
	BOD Decay	BOD Settling	SOD Rate
1	1,50	0,36	3,6
2	0,50	0,05	3,6
3	0,10	0,001	3,6
4	0,05	0,001	3,6

Perbandingan BOD Model dengan BOD Lapangan



Gambar 5

Grafik Kalibrasi Konsentrasi BOD Model dan BOD Lapangan

Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan 2 metode yaitu Metode *Chi Kuadrat* dan Metode *Relative Bias (RB)*.

Tabel 4. Hasil Validasi Model dengan Uji Chi Kuadrat dan Relatif Bias

Validasi Model		Parameter	Ket
Chi Kuadrat		BOD	
$\chi^2 \leq \chi^2(0,05)(3)$	$\chi^2(0,05)(3) = 0,28116$		
	χ^2	0,325	√
Relatif Bias			
$0.5 \leq rB \leq 0.5$	Rb	-0,107	√
$0.5 \leq F \leq 1.5$	F	0,829	√

Simulasi Peningkatan Penggunaan *Septictank*

Diasumsikan bahwa pengolahan domestik yang diusulkan adalah penambahan jumlah penduduk yang menggunakan *septic tank* dalam

pembuangan limbah domestik/tinja dengan prosentase 90%-100% dari data *real*. Untuk mengetahui apakah terjadi perubahan pada konsentrasi BOD total berdasarkan hasil simulasi perlu dilakukan permodelan pada *QUAL2E*, dengan memasukkan input data pada sub menu *Incremental Flow*. Data - data yang diperlukan untuk sub menu tersebut adalah konsentrasi pencemar (mg/l) sesuai dengan hasil perhitungan pada tabel - tabel di bawah.

Tabel 6. Tabel Skenario Simulasi 90%

Segmen	Konsentrasi Sumber (mg/l)	% Degradasi Konsentrasi BOD	Konsentrasi BOD Sungai (mg/l)
1	2800,164	99,969	0,868
2	3195,088	99,973	0,863
3	4152,318	99,846	6,395
4	3352,891	99,685	10,562

Tabel 7. Tabel Skenario Simulasi 95%

Segmen	Konsentrasi Sumber (mg/l)	% Degradasi Konsentrasi BOD	Konsentrasi BOD Sungai (mg/l)
1	2732,980	99,969	0,847
2	3117,800	99,973	0,842
3	4042,275	99,846	6,225
4	3261,072	99,685	10,272

Tabel 8. Tabel Skenario Simulasi 100%

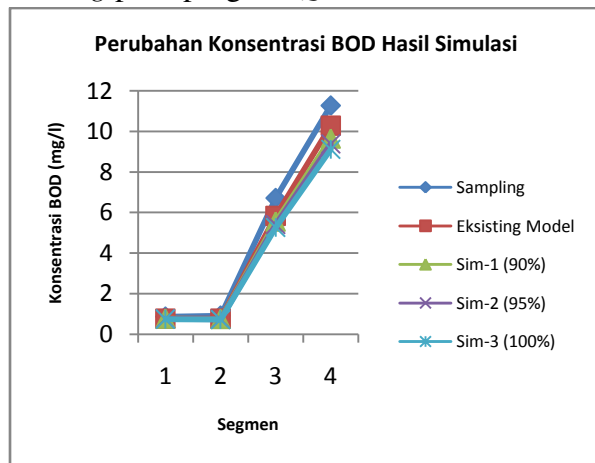
Segmen	Konsentrasi Sumber (mg/l)	% Degradasi Konsentrasi BOD	Konsentrasi BOD Sungai (mg/l)
1	2665,795	99,969	0,826
2	3040,511	99,973	0,821
3	3932,233	99,846	6,056
4	3169,253	99,685	9,983

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan,, dimana semakin besar prosentase penduduk menggunakan *septic tank* dalam pembuangan limbah

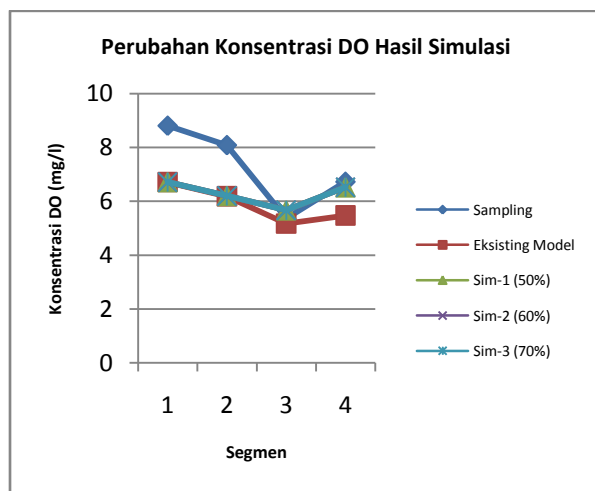
domestik/tinja maka konsentrasi cemaran BOD semakin rendah.

HASIL SIMULASI

Dibawah ini adalah grafik perubahan peningkatan jumlah *septic tank* pada prosentase 90 - 100 % setelah dilakukan *running* pada program *QUAL2E*.



Gambar 6. Grafik Perubahan Kualitas Air Hasil Simulasi



Gambar 7. Grafik Perubahan Kualitas Air Hasil Simulasi

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi beban cemaran parameter BOD mengalami penurunan dikarenakan adanya penambahan penduduk

menggunakan *septic tank* untuk menampung limbah/tinja. Bertambahnya penggunaan *septic tank* oleh penduduk maka beban polutan yang masuk ke sungai menjadi berkurang. Konsentrasi pencemar mengalami penurunan dimulai dari kondisi eksisting terhadap simulasi penataan sanitasi yaitu penambahan penggunaan *septic tank* dari 90% hingga 100%. Sedangkan parameter DO cenderung konstan. Untuk lebih memperjelas hal tersebut, dibawah ini terdapat tabel perubahan konsentrasi beban cemaran BOD.

a. Simulasi 1 (penggunaan *septic tank* oleh 90% penduduk)

Pada simulasi penggunaan *septic tank* oleh 90% penduduk, dihasilkan kualitas air pada segmen 1 (0,76 mg/l) dan segmen 2 (0,75 mg/l) memenuhi kelas I (2 mg/l) dimana air dikategorikan layak dimanfaatkan sebagai air minum, sedangkan pada segmen 3 (5,55 mg/l) masih memenuhi kelas III (6 mg/l) dimana air dapat dimanfaatkan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan pada segmen 4 (9,64 mg/l) kualitas air masih memenuhi kelas IV (12 mg/l), dimana air digunakan untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Sedangkan untuk

parameter DO cenderung stabil konsentrasinya.

b. Simulasi 2 (penggunaan *septic tank* oleh 95% penduduk)

Pada simulasi penggunaan *septic tank* oleh 95% penduduk, dihasilkan kualitas air pada segmen 1 (0,75 mg/l) dan segmen 2 (0,74 mg/l) memenuhi kelas I (2 mg/l) dimana air dikategorikan layak dimanfaatkan sebagai air minum, sedangkan pada segmen 3 (5,41 mg/l) masih memenuhi kelas III (6 mg/l) dimana air dapat dimanfaatkan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan pada segmen 4 (9,38 mg/l) kualitas air masih memenuhi kelas IV (12 mg/l), dimana air digunakan untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Sedangkan untuk parameter DO cenderung stabil konsentrasinya.

c. Simulasi 3 (penggunaan *septic tank* oleh 100% penduduk)

Pada simulasi penggunaan *septic tank* oleh 100% penduduk, dihasilkan kualitas air pada segmen 1 (0,75 mg/l) dan 2 (0,73 mg/l) memenuhi kelas I (2 mg/l) dimana air dikategorikan layak dimanfaatkan sebagai air minum, sedangkan pada segmen 3 (5,27 mg/l) masih memenuhi kelas III (6 mg/l) dimana air dapat dimanfaatkan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan pada segmen 4 (9,12 mg/l) kualitas air masih memenuhi kelas IV (12 mg/l), dimana air

digunakan untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Sedangkan untuk parameter DO cenderung stabil konsentrasinya.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadi perubahan konsentrasi BOD dengan simulasi peningkatan penggunaan *septic tank* menggunakan program *Qual2e* pada masing – masing segmen, yaitu terjadi penurunan pada konsentrasi BOD.
2. Peningkatan penggunaan *septic tank* memberikan pengaruh terhadap kualitas air Kali Semarang yaitu dapat menurunkan cemaran BOD pada sungai sehingga kualitas air dapat sesuai dengan standar baku mutu (PP No. 82 Tahun 2001).

Saran

Berdasarkan analisa dan kesimpulan, terdapat beberapa saran yang diharapkan mampu menjadi perbaikan bagi penelitian terkait pada masa yang akan datang serta bagi pihak terkait yang berkepentingan pada penelitian ini :

1. Dalam tahap persiapan perlu memperbanyak studi literatur seperti

memperbanyak sumber refreansi terkait, untuk mengantisipasi dan memperkecil kendala - kendala yang mungkin akan timbul lebih lanjut.

2. Dalam tahap pelaksanaan perlu memahami langkah – langkah penelitian berdasar Peraturan – peraturan yang ada, guna mengantisipasi dari kesalahan teknis.

Daftar Pustaka

_____, 1995. *Qual2E Windows Interface User's Guide*. United States Environmental Protection Agency, Washington DC. Distributed by Dodson and Associates Inc. Texas, USA.

_____, 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

_____, 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai*.

_____, 2004 *Undang – Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air*.

Alaerts, G and Santika. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional: Surabaya.

Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan*

Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Sasongko Aris, Lutfi. 2006. *Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk di sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang (Kelurahan Sampangan dan Kelurahan Bendan Ngisor)*. Universitas Diponegoro. Semarang.

Hardjosuprpto, Masduki (Moduto). 2000. *Penyaluran Air Buangan Volume II*. ITB : Bandung.