

APLIKASI QUAL2Kw UNTUK STRATEGI PENINGKATAN KUALITAS AIR SUNGAI METRO RUAS PAKISAJI – KEPANJEN DI KABUPATEN MALANG

Arief Setiyawan¹, Sudiro² Rio Agustino Mbabho Bango Santoso³

Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Malang¹

Prodi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang²

Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Malang³

Jl. Bendungan Sigura-gura 02 ,Kota Malang

E-mail: ariefpl91@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas manusia, perubahan guna lahan dan semakin beragamnya pola hidup masyarakat perkotaan yang menghasilkan limbah domestik menjadikan beban pencemar di sungai metro semakin besar dari waktu ke waktu. Sungai metro ruas pakisaji – kepanjen terindikasi mengalami penurunan kualitas air sungai. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi daya tampung beban pencemaran eksisting sungai metro ruas pakisaji – kepanjen dan untuk mendapatkan strategi perlakuan terhadap kualitas air sungai metro ruas pakisaji – kepanjen. Pendekatan penelitian ini menggunakan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Metode yang digunakan adalah melakukan simulasi parameter (pH, Temperature, DO, BOD, COD, NO₃, NH₄, PO₄, TSS) dalam berbagai skenario dengan menggunakan aplikasi QUAL2Kw. Selanjutnya dilakukan perhitungan daya tampung beban pencemaran dan besar penurunan beban pencemar yang harus dilakukan. Hasil kalibrasi model sebesar 0,6599 sehingga model dapat digunakan untuk simulasi karena berada pada nilai fitness 0 – 1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa daya tampung rata-rata tiap segmen di sungai metro yaitu BOD :. 401,9 kg/hari, COD : 4.191,76 kg/hari, NO₃ : 2.093,4 kg/hari, NH₄ : 122,72 kg/hari, PO₄ : 44,71 kg/hari, TSS : 44.199,71 kg/hari . maka dari itu diperlukan penurunan rata-rata beban pencemaran pada parameter NO₃ sebesar 53,32%, NH₄ sebesar 40,23% dan PO₄ sebesar 77,36%. Penelitian ini juga menghasilkan 2 strategi perlakuan yang dapat dilakukan untuk peningkatan kualitas air sungai metro ruas pakisaji – kepanjen.

Kata kunci: Kualitas Air, Strategi, QUAL2Kw

ABSTRACT

The increasing of human activity, change of land use and the more diverse living patterns of urban society producing domestic waste make the polluters in the Metro River increasingly greater over time. Metro River of Pakisaji – long-life indication of a decrease in river water quality. The purpose of this research is to know the condition of the load capacity of existing Metro River of Pakisaji-Kepanjen and to obtain a strategy of treatment of the water quality of the Metro streams of Pakisaji – long. This research approach uses quantitative and qualitative descriptive. The method used is to simulate the parameters (PH, Temperature, DO, BOD, COD, NO₃, NH₄, PO₄, TSS) in various scenarios using the application QUAL2Kw. Next done Calculation of pollution load capacity and large reduction of pollutant loads to be carried out. The calibration result of the model is 0.6599 so that the model can be used for simulation because it is at fitness value 0 – 1. From the results of the research is known that the average capacity of each segment in the Metro River is BOD:.401.9 kg/day, COD: 4,191.76 kg/day, NO₃ . : 2,093.4 kg/day, NH₄ . : 122.72 kg/day, PO₄ . : 44.71 kg/day, TSS: 44,199.71 kg/day. Hence the required reduction in the average pollution load on the PARAMETER NO₃ . of 53.32%, NH₄ . of 40.23% AND PO₄ . of 77.36%. This study also resulted in 2 treatment strategies that can be done to improve the quality of the metro river water of Pakisaji-Kepanjen.

Keywords: Water Quality, Strategy, QUAL2Kw

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk di Kecamatan Pakisaji dan Kecamatan Kepanjen berkembang sangat pesat. Perkembangan jumlah penduduk kecamatan kepanjen pada tahun 2016 sebesar 106.668 jiwa, tahun 2017 sebesar 107.323, tahun 2018 sebesar 107.955 jiwa sedangkan perkembangan jumlah penduduk kecamatan pakisaji pada tahun 2016 sebesar 88.030 jiwa , tahun 2017 sebesar 89.091,

tahun 2018 sebesar 90.140. Bersumber dari kabupaten malang dalam angka diketahui kepadatan penduduk di kecamatan kepanjen yaitu 2.334 orang/Km² sedangkan kecamatan pakisaji justru memiliki kepadatan penduduk lebih tinggi yaitu 2.346 orang/Km². Peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk kecamatan pakisaji dan kecamatan kepanjen membawa konsekuensi peningkatan kebutuhan air bersih untuk kebutuhan

sehari – hari juga termasuk untuk kebutuhan sanitasi yang menghasilkan limbah.

Meningkatnya aktivitas manusia, perubahan guna lahan dan semakin beragamnya pola hidup masyarakat perkotaan yang menghasilkan limbah domestik menjadikan beban pencemar di sungai Metro semakin besar dari waktu ke waktu. Penurunan kualitas air terjadi sebagai akibat pembuangan limbah yang tidak terkendali dari aktivitas pembangunan di sepanjang sungai sehingga tidak sesuai dengan daya dukung sungai.

Sungai Metro merupakan basin block daerah aliran sungai Brantas sub (Daerah Aliran Sungai DAS) Brantas hulu. Sungai metro menjadi sumber air bagi kegiatan manusia sebagai air bersih, air irigasi, air industri, air penggelontoran dan air tambak. Aliran sungai metro melalui kota Malang dan berakhir di Kecamatan Kepanjen. Sungai metro di Ruas Pakisaji – Kepanjen secara administrasi melewati Kebonagung, Genengan, Jatisari, Pakisaji, Karangpandan, Mojosari, Ngadilangkung, Dilem, Talangagung, Kepanjen, Cepokomulyo, Panggungrejo, Mangunrejo, dan berakhir di desa Jenggolo dengan panjang sungai 30,7405 Km

Sungai Metro yang berada di ruas pakisaji – kepanjen, Kabupaten Malang dimanfaatkan oleh masyarakat yang berada di sekitar sungai sebagai tempat pembuangan air limbah dari aktivitas rumah tangga seperti MCK, industri dan limpasan dari aktivitas pertanian. Pemanfaatan sungai sebagai tempat pembuangan air limbah yang dilakukan oleh masyarakat tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air sungai. Berdasarkan hasil pemantauan kualitas air yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Malang di titik pantai Jembatan Metro Talangagung Kecamatan Kepanjen secara periodik menunjukkan konsentrasi BOD, Phosphat dan nitrit telah melebihi baku mutu air, sehingga diindikasikan air sungai metro telah mengalami pencemaran terutama disebabkan air limbah domestik, industri dan pertanian. Menurut Priyamba (2008) bahwa perubahan tataguna lahan ditandai dengan meningkatnya aktivitas domestik, pertanian dan industri akan mempengaruhi kualitas air sungai terutama limbah domestik. Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah Menganalisis kondisi DAS sungai metro di ruas kecamatan pakisaji – kepanjen, Mengetahui daya tampung beban pencemaran yang dimiliki Sungai Metro pada skenario pengelolaan yang ditentukan serta menganalisis potensi resapan air di sub das metro ruas pakisaji – kepanjen di kabupaten Malang

Perhitungan daya tampung beban pencemaran sangat dibutuhkan untuk pengelolaan lingkungan hidup, maka kajian ini dilakukan untuk menghitung DTBP Sungai Metro ruas Kecamatan Pakisaji – Kepanjen agar dapat diperkirakan beban

maksimum yang boleh masuk kedalam badan air Sungai Metro di Kecamatan Pakisaji – Kepanjen. Dan dapat memperhitungkan seberapa besar persentase penurunan parameter yang mempengaruhi kualitas Sungai Metro.

METODE

Aplikasi QUAL2Kw untuk strategi peningkatan kualitas air sungai metro di ruas pakisaji – kepanjen di Kecamatan Pakisaji – Kepanjen di Kabupaten Malang ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan deskriptif kuantitatif pada penghitungan status mutu air, beban pencemaran dan daya tampung beban pencemaran, sedangkan alternatif skenario dilakukan pendekatan deskriptif kualitatif.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menghimpun data primer seperti kualitas air sungai serta data sekunder berupa peta sungai, data kualitas air sungai selama lima tahun terakhir, hidrogeometri sungai, Data sekunder didapat dari kunjungan ke beberapa instansi seperti Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang dan Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Malang.

Verifikasi Model

Verifikasi atau kalibrasi model bertujuan untuk mendapatkan model kualitas air yang sesuai atau mendekati data. Untuk mendapatkan model yang mendekati data maka nilai koefisien model pada worksheet Rates dan Reach Rates diubah-ubah sehingga diperoleh hasil model yang mendekati tren data. Penentuan model telah mendekati data tersebut dilihat dari grafik model yang dihasilkan. Apabila garis (model) telah mengikuti tren dari titik-titik kotak hitam (data), maka dapat disimpulkan model telah mendekati kondisi sebenarnya.

Simulasi Data

Simulasi model dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan model sungai pada kondisi sumber pencemar yang berbeda-beda dan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran Kali Metro. Simulasi yang dilakukan terbagi ke dalam tujuh skenario.

Simulasi data pertama dilakukan dengan memasukkan data eksisting, baik pada kualitas air di hulu maupun data sumber pencemar Point Sources dan Non-point sources (Konsentrasi dan debit) serta pengambilan air (debit abstraction). Beban limbah domestik yang langsung masuk ke Kali Metro dikategorikan sebagai sumber pencemar tak tentu (non-point source) yang jumlahnya diestimasi sendiri. Beban pencemar dari industri adalah industri yang mengarahkan efluen limbahnya langsung ke Kali Metro. Apabila data sumber pencemar yang masuk ke saluran air, drainase dan anak sungai tidak tersedia,

diasumsikan bahwa kontribusi beban pencemar terbesar yang masuk ke saluran air tersebut bersumber dari limbah domestik.

Simulasi data ke-2, kualitas air di hulu Kali Metro menggunakan data eksisting, sementara itu konsentrasi limbah industri diasumsikan telah diolah sehingga memenuhi Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 tentang "Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air". Demikian juga limbah rumah tangga diasumsikan diolah sehingga memenuhi baku mutu limbah domestik nasional pada KepMen LH No.68 Tahun 2016.

Simulasi data ke-3 yaitu menghitung Estimasi sumber pencemar tak tentu (non-point source) didapatkan dengan memperhitungkan pertumbuhan penduduk per tahun selama 20 (dua puluh) tahun dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2038 sehingga jumlah beban pencemar dari limbah domestik sebagai non-point source bertambah. Pertambahan kuantitas limbah domestik tersebut didapatkan dari perhitungan proyeksi air limbah untuk tahun 2038.

Simulasi data ke-4 dilakukan dengan menghilangkan masukan beban pencemaran. Simulasi ini dimaksudkan untuk mengathui proses purifikasi alamiah sungai bila pada sungai tidak ada masukan beban pencemaran. Beban yang berupa anak sungai diasumsikan memenuhi baku mutu air kelas II. Kualitas non-point source tetap sama seperti kondisi eksisting, hanya saja debit air limbah dijadikan nol.

Simulasi data ke-5 dilakukan dengan "trial and error" pada besarnya sumber pencemaran (point source dan non-point source) sehingga menghasilkan kualitas air di sepanjang sungai memenuhi baku mutu air kelas II. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban pencemar untuk membuat daya tampung sungai penuh.

Simulasi data ke-6 sama dengan simulasi data ke-4, Hanya saja debit hulu Kali Metro yang digunakan adalah debit maksimum. Simulasi data ke-7 sama dengan simulasi data ke-5. Hanya saja debit hulu Kali Metro yang digunakan adalah debit maksimum.

Perhitungan Daya Tampung

Perhitungan daya tampung beban pencemaran merupakan perhitungan besar kemampuan badan air yang mampu menampung beban limbah hingga 'penuh' sehingga tidak menyebabkan badan air tersebut menjadi tercemar. Penuh yang dimaksud ialah beban pencemar yang masuk mendekati dan memenuhi ambang batas baku mutu untuk kelas air yang telah ditetapkan untuk sungai tersebut. PerGub Jatim No. 61 Tahun 2010 menetapkan kelas air Kali Metro adalah kelas II. Beban pencemar penuh dan beban tanpa pencemar yang

dimaksud didapatkan dari hasil simulasi model kualitas air oleh QUAL2Kw berdasarkan skenario 4 dan 6 (beban tanpa pencemar) dan skenario 5 dan 7 (beban pencemar penuh) (lihat Rumus 1).

$$Y = a - b \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

y = nilai daya tampung beban pencemaran

a = Beban Penuh

b = Beban Tanpa Pencemar

Beban pencemar penuh adalah beban pencemar maksimum yang diperbolehkan masuk ke sungai. Dengan kata lain, yang dimaksud beban pencemar penuh ini adalah baku mutu air sungai kelas II (berdasarkan PP RI No.82 Tahun 2001). Beban tanpa pencemar adalah beban yang dimiliki sungai dalam keadaan tanpa ada sumber pencemar (baik limbah industri maupun limbah domestik) yang masuk.

Penurunan Beban Pencemaran

Penurunan beban pencemaran merupakan jumlah beban pencemar yang harus diturunkan sehingga kualitas air Kali Metro dapat tetap memenuhi baku mutu badan air kelas II. Persentase penurunan beban pencemaran didapatkan dengan menghitung selisih antara beban pencemaran eksisting pada skenario 1 dengan besar daya tampung beban pencemaran yang telah dihitung. Daya tampung yang digunakan adalah daya tampung dengan debit minimum saja. Karena apabila dengan debit minimum saja tidak diperlukan penurunan beban pencemar, maka debit maksimum dengan daya tampung lebih besar tentu tidak perlu penurunan beban pencemar pula.

HASIL DAN PEMBAHASAN

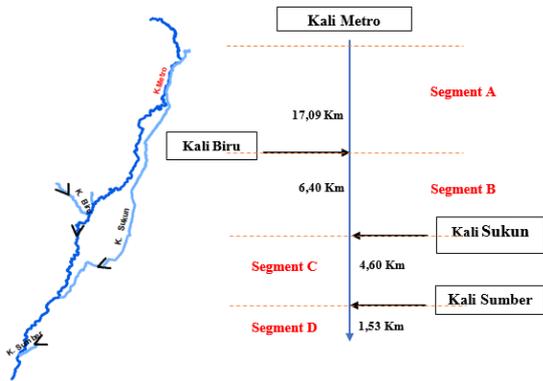
Sungai metro ruas Pakisaji - Kapanjen yang dianalisis memiliki panjang 29,62 km. Sungai metro dibagi menjadi beberapa segmen yang dimulai dari hulu (Kilometer 29,62) di Kelurahan Kebonagung, hingga ke hilir (kilometer 0,00) di Desa Jen ggolo.

Pembagian segmen dilakukan untuk keperluan pemodelan. Pembagian segmen ini dibuat dengan berdsarkan keberadaan anak sungai dan terjunan yang ada di antara hulu dan hilir Kali Metro. Berdasarkan kedua hal tersebut, Kali Metro dibagi menjadi empat segmen (reach) dengan memiliki karakteristik setiap segmen yang meliputi kilometer dari hilir, Panjang, elevasi dan koordinat geografis (lihat Gambar.1).

Pembentukan Model

Model kualitas air terbentuk dari data parameter kualitas air yang dimasukkan ke dalam worksheet Headwater, Reach, Point Sources dan Diffuse Sources. Model hidrolis yang berupa model kedalaman dan kecepatan sungai terbentuk dari

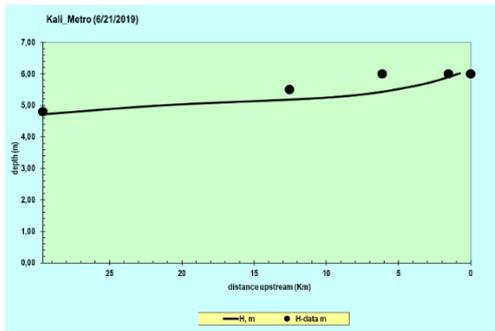
data hidrolik sungai yang diinput ke dalam worksheet Reach. Data hidrolik tersebut meliputi koordinat titik reach, elevasi reach, lebar reach, lebar dan tinggi terjunan, slope saluran serta koefisien manning. Sementara itu model debit sungai terbentuk dari data debit yang dimasukkan pada worksheet Headwater, Point Sources dan Diffuse Sources.



Gambar 1 Segmentasi sungai metro ruas pakisaji – kepanjen, Kabupaten Malang.

Kalibrasi Model

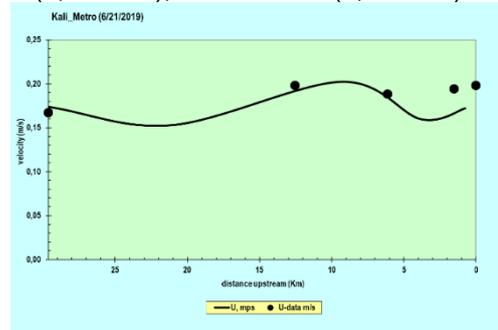
Hasil model debit aliran dipengaruhi oleh debit yang dimasukkan sebagai kualitas air sungai maupun sumber pencemar. Model yang harus dikalibrasi yaitu parameter kedalaman, kecepatan aliran dan debit aliran sungai metro ruas pakisaji – kepanjen.



Grafik 1. Perbandingan model dan data parameter kedalaman sungai metro ruas pakisaji – kepanjen.

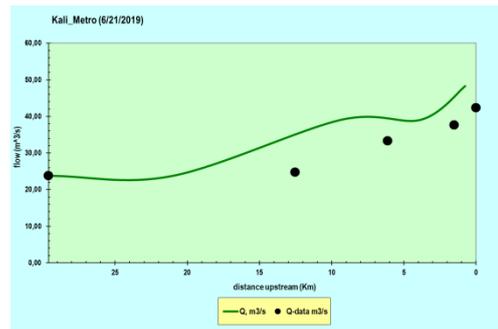
Data debit yang mempengaruhi model debit adalah data debit yang dimasukkan dalam worksheet Headwater, Point Sources dan Diffuse Sources. Data debit di hulu (headwater) adalah 23,76 m³/detik (debit eksisting). Data debit non-point sources yang masuk untuk air limpasan hujan sekitar 0,001 m³/detik, untuk air tanah 0,1 - 0,2 m³/detik, sedangkan untuk limbah domestik bervariasi antara 0,005 hingga 0,01 m³/detik. Sedangkan data debit non-point sources yang keluar diasumsikan terdiri dari air tanah (1,5 - 2 m³/detik) serta pengairan ladang dan kebun warga (0,01 - 0,05 m³/detik). Data debit point sources

yang besar didapat dari tiga anak sungai yang masuk ke Kali Metro yaitu Kali Biru (6,98 m³/s), Kali Sukun (8,41 m³/s), Kali Sumber (9,18 m³/s).

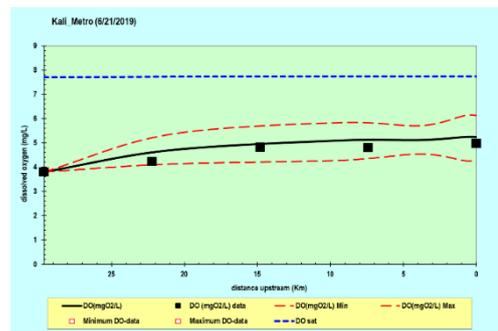


Grafik 2. Perbandingan model dan data parameter kecepatan aliran sungai metro ruas pakisaji – kepanjen.

Kalibrasi model parameter kualitas air sungai dilakukan dengan melakukan trial and error pada koefisien di worksheet Rates dan Reach Rates serta pada kualitas pencemar non-point sources di worksheet Diffuse Sources.



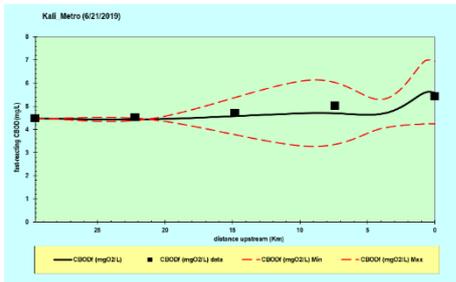
Grafik 3. Perbandingan model dan data parameter debit aliran sungai metro ruas pakisaji – kepanjen.



Grafik 4. Perbandingan model dan data parameter DO

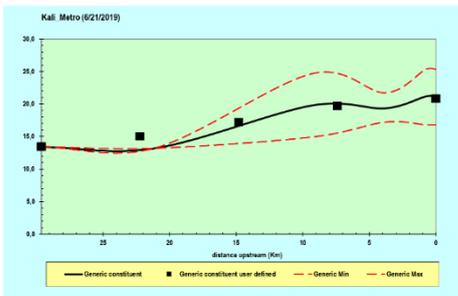
DO saturation (DO jenuh) berada pada nilai 7,7 mg/L (ditunjukkan oleh garis putus-putus berwarna biru). DO merupakan parameter untuk melihat kemampuan self-purifikasi sungai. terlihat bahwa DO turun pada kilometer 6,13 – 1,53 kemudian naik pada hilir . Kadar DO yang turun disebabkan adanya proses self-purifikasi yang berjalan, yaitu proses degradasi senyawa organik. DO yang naik menunjukkan bahwa beban senyawa

organik yang akan dioksidasi oleh DO telah menjadi lebih rendah daripada kandungan DO itu sendiri.



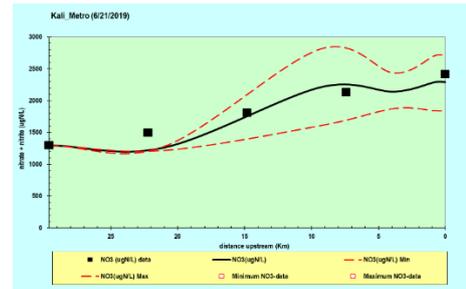
Grafik 5. Perbandingan model dan data parameter BOD

Terlihat pada setiap segmen mengalami peningkatan BOD, dan pada kilometer 1,53 – 0,00 BOD naik drastis. Kenaikan BOD secara bertahap pada titik pertama, kedua dan ketiga lalu meningkat drastis di kilometer 1,53 – 0,00 dari hilir sungai metro tersebut pun lalu terikuti pada grafik yang menunjukkan hasil simulasi DO dan BOD. Kenaikan BOD tersebut diikuti dengan Kenaikan DO. Hal ini terjadi karena BOD dinaikkan oleh DO, sedangkan tanpa adanya tambahan sumber DO dari Point Sources yang masuk, DO yang terdapat pada sungai akan semakin berkurang karena terus menerus digunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik BOD kemudian naik bersama DO karena adanya Point Source pada awal 4 dengan debit besar dan konsentrasi pencemar lebih besar dari segmen 3 yaitu Kali Sumber (debit : 9,18 m³/detik, BOD 9,47 mg/L).



Grafik 6. Perbandingan model dan data parameter COD

Nilai COD naik di segmen awal seperti halnya BOD, Naik turunnya COD ini disebabkan oleh hal yang sama seperti yang telah dibahas pada paragraf sebelumnya. COD merupakan senyawa organik, oleh karena itu juga akan terdegradasi oleh oksigen. COD disetiap segment naik terus karena adanya Point Source berdebit besar (anak sungai).



Grafik 7. Perbandingan mode dan data parameter Nitrat

Selanjutnya yaitu model nitrat yang sudah mendekati data Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). QUAL2Kw diasumsikan bahwa kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat juga menyertakan nitrit dalam perhitungannya. Hal tersebut membuat pengolahan data sekunder untuk parameter ini dilakukan dengan menjumlahkan konsentrasi NO₃ (nitrat) dan NO₂ (nitrit), namun pada laporan ini tetap disebut NO₃ (Nitrat).

Pada worksheet Rate terdapat nilai yang disebut Fitness. Nilai Fitness menentukan tingkat kebaikan dari sebuah model. Rentang nilai Fitness adalah 0 hingga 1. Pada model hasil verifikasi didapatkan nilai Fitness sebesar 0,6756.

Simulasi Skenario

Simulasi data pertama dilakukan dengan menggunakan sumber pencemaran eksisting, yaitu data point source dan non-point source yang telah digunakan sejak pembentukan model di awal. Simulasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sumber pencemaran eksisting terhadap kualitas air sungai di setiap segmen hingga hilir.

Simulasi data ke-2 adalah mengkondisikan sumber pencemar telah memenuhi baku mutu air limbah (BMAL). Simulasi ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh penurunan beban masukan limbah terhadap kualitas air Kali Metro. Nilai konsentrasi sumber pencemar yang belum memenuhi baku mutu diganti dengan nilai pada BMAL Besar BMAL Domestik (Kepmen LH No 112 Tahun 2003) di gunakan sebagai koefisine pabrik. Sedangkan anakan sngai dan saluran drainase menggnakan baku mutu badan air kelas II (PP RI No 82 Tahun 2001).

Simulasi data ke-3 dilakukan dengan menggunakan kondisi sumber pencemaran eksisting. Perbedaan dengan skenario 1 adalah pada skenario 3 ini dilakukan estimasi terhadap jumlah limbah domestik pada tahun 2038, sehingga jumlah non-point source limbah domestik bertambah. Kebutuhan air bersih perkapita di Kabupaten Malang adalah 90 L/orang.hari (standar Ditjen Cipta Karya Departemen PU) Kebutuhan air bersih untuk Lokasi Kajian yaitu = 277.714 x 90 L/hari

$$= 24.994.265,88 \text{ L/hari}$$

$$= 0,289 \text{ m}^2/\text{detik}$$

Debit limbah penduduk lokasi kajian 2038
= 70% kebutuhan air bersih
= 70% x 0,289 m³/detik
= 0,202 m³/detik

Daya tampung beban pencemaran dihitung dari hasil simulasi skenario 4 dan skenario 5 (debit minimum) serta skenario 6 dan skenario 7 (debit maksimum). Berikut merupakan besaran beban pencemaran untuk simulasi yang dilakukan.

Tabel 1. Beban pencemaran simulasi data pertama

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,62 - 12,53	13,91	59,45	568,54	308,47	5754,63	272,18
B	12,53 - 6,13	16,57	50,54	6223,49	60,20	170,04	56,30
C	6,13 - 1,53	16,14	49,95	5620,71	82,11	147,83	60,81
D	1,53 - 0,00	15,71	49,35	5017,93	104,02	125,62	65,32

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2Kw

Tabel 2. Beban pencemaran simulasi data ketiga

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,62 - 12,53	439,43	1931,73	18440,38	9669,91	17766,47	8782,58
B	12,53 - 6,13	523,14	1605,89	19544,89	1922,29	5402,31	1833,35
C	6,13 - 1,53	511,14	1587,17	17745,89	2613,96	4697,33	1954,63
D	1,53 - 0,00	499,14	1568,46	15946,89	3305,63	3992,43	2075,91

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2Kw

Tabel 3. Beban pencemaran simulasi data keempat

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,62 - 12,53	3,11	11,93	114,94	70,87	1391,43	56,18
B	12,53 - 6,13	1,09	8,79	1362,03	13,17	37,20	12,31
C	6,13 - 1,53	1,09	8,93	1229,95	17,96	32,34	13,30
D	1,53 - 0,00	1,09	9,07	1097,86	22,75	27,49	14,29

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2Kw

Tabel 4. Beban pencemaran simulasi data kelima

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,6 - 12,53	66,11	355,2	26229,81	66593,19	45843,04	135242,33
B	12,53 - 6,13	528,35	6651,3	39557,96	18100,72	56920,86	13159,28
C	6,13 - 1,53	515,95	5483,53	27050,29	14147,97	44833,07	13884,23
D	1,53 - 0,00	503,55	4315,75	14542,62	10193,87	32745,29	14609,17

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2Kw

Tabel 5. Beban pencemaran simulasi data keenam

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,62 - 12,53	3,11	11,93	114,94	70,87	1391,43	56,18
B	12,53 - 6,13	1,09	8,79	1362,03	13,17	37,20	12,31
C	6,13 - 1,53	1,09	8,93	1229,95	17,96	32,34	13,30
D	1,53 - 0,00	1,09	9,07	1097,86	22,76	27,49	14,29

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2Kw

Tabel 6. Beban pencemaran simulasi data ketujuh

Reach	Km dari Hilir	BOD	COD	NO3	NH4	PO4	TSS
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A	29,62 - 12,53	66,11	355,17	26229,07	66593,19	45843,04	135242,23
B	12,53 - 6,13	468,91	10579,23	646967,17	312432,12	86143,54	23689,96
C	6,13 - 1,53	455,78	7447,49	396196,92	207185,41	59444,41	19149,57
D	1,53 - 0,00	442,65	4315,75	145426,20	101938,70	32745,29	14609,17

Sumber: Hasil perhitungan QUAL2K

Daya Tampung Beban Pencemaran

Perhitungan daya tampung beban pencemaran merupakan perhitungan besar kemampuan badan air yang mampu menampung beban limbah hingga 'penuh' sehingga tidak menyebabkan badan air tersebut menjadi tercemar. Penuh yang dimaksud ialah beban pencemar yang masuk mendekati dan memenuhi ambang batas baku mutu untuk kelas air yang telah ditetapkan untuk sungai tersebut. PerGub Jatim No. 61 Tahun 2010 menetapkan kelas air Kali Metro adalah kelas II. Beban pencemar penuh dan beban tanpa pencemar yang dimaksud didapatkan

dari hasil simulasi model kualitas air oleh QUAL2Kw berdasarkan skenario 4 dan 6 (beban tanpa pencemar) dan skenario 5 dan 7 (beban pencemar penuh).

$$Y = a - b \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

y = nilai daya tampung beban pencemaran

a = Beban Penuh

b = Beban Tanpa Pencemar

Tabel 7. Daya tampung beban pencemaran sungai metro ruas pakisaji – kepanjen

Reach	Km dari Hilir	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	NO3 (kg/hari)	NH4 (kg/hari)	PO4 (kg/hari)	TSS (kg/hari)
A	29,62 - 12,53	63,00	343,24	262,18	66,52	44,45	135186,06
B	12,53 - 6,13	527,26	6642,53	3954,43	180,99	56,88	13146,97
C	6,13 - 1,53	514,86	5474,60	2703,80	141,46	44,80	13870,93
D	1,53 - 0,00	502,46	4306,68	1453,16	101,92	32,72	14594,88

Sumber : Hasil Penghitungan QUAL2Kw

Penurunan Beban Pencemaran

Penurunan beban pencemaran merupakan jumlah beban pencemar yang harus diturunkan sehingga kualitas air Kali Metro dapat tetap memenuhi baku mutu badan air kelas II. Persentase penurunan beban pencemaran didapatkan dengan menghitung selisih antara beban pencemaran eksisting pada skenario 1 dengan besar daya tampung beban pencemaran yang telah dihitung. Daya tampung yang digunakan adalah daya tampung dengan debit minimum saja. Karena apabila dengan debit minimum saja tidak diperlukan penurunan beban pencemar, maka pada debit maksimum dengan daya tampung lebih besar tentu tidak perlu penurunan beban pencemar pula.

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan beban pencemaran menghasilkan nilai negatif untuk parameter BOD, COD, TSS. Hal ini berarti bahwa untuk parameter tersebut belum diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi parameter tersebut. Sedangkan untuk parameter NH₄, NH₄, TSS diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi pencemaran.

Parameter NO₃ (Nitrat) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro, setiap segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi NO₃ yaitu pada Segment A harus menurunkan 306,36 kg/hari atau sebesar 53,89 % dari kondisi eksisting sekarang, pada segmen B harus menurunkan 2269,06 konsentrasi NO₃ atau sebesar 36,46 % dari kondisi eksisting saat ini, pada segment C harus menurunkan 2916,92 konsentrasi NO₃ atau sebesar 51,9 % dari kondisi eksisting saat ini, dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi NO₃ sebesar 3564,77 atau sebesar 71,04 %.

Parameter NH₄ (Amonia) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro, segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi NH₄ yaitu pada Segment A harus menurunkan 241,95 kg/hari atau sebesar 78,43 % dari kondisi eksisting sekarang, pada segmen B dan segmen C tidak memerlukan perlakuan untuk penurunan konsentrasi NH₄ dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi NH₄ sebesar 2,10 atau sebesar 2,02 %.

Parameter PO₄ (Fosfat) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro, setiap segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi PO₄ yaitu pada Segment A harus menurunkan 5710,18 kg/hari atau sebesar 99,23 % dari kondisi eksisting sekarang, pada segmen B harus menurunkan 113,16 konsentrasi PO₄ atau sebesar 66,55 % dari kondisi eksisting saat ini, pada segment C harus menurunkan 103,03

kosentrasi PO₄ atau sebesar 69,70 % dari kondisi eksisting saat ini, dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi PO₄ sebesar 92,91 atau sebesar 73,96 %. Besaran beban pencemaran yang harus diturunkan dapat dilihat pada table 8

Strategi Perlakuan Kualitas Air Sungai

Peningkatan kualitas air sungai metro dapat memanfaatkan kondisi lingkungan sungai metro di ruas Pakisaji – Kapanjen. Salah satunya yaitu dengan pemanfaatan daerah sempadan sungai metro yang berpotensi sebagai lokasi perlakuan terutama mengatasi pencemaran yang berasal dari lahan pertanian (Non-Point Sources): lahan pertanian (*Non-Point Sources*).

Tabel 8. Nilai penurunan beban pencemaran sungai metro ruas pakisaji - kapanjen

Reach	Km dari Hilir	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	NO ₃ (kg/hari)	NH ₄ (kg/hari)	PO ₄ (kg/hari)	TSS (kg/hari)
A	29,62 - 12,53	0	0	306,36	241,95	5710,18	0
B	12,53 - 6,13	0	0	2269,06	0	113,16	0
C	6,13 - 1,53	0	0	2916,91	0	103,03	0
D	1,53 - 0,00	0	0	3564,77	2,10	92,91	0

Sumber : Hasil Analisa

Strategi perlakuan dengan metode fitoremediasi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dilakukan di sempadan sungai metro dan dapat juga dilakukan langsung pada badan air sungai metro dengan didukung perancangan kerangka fitoremediasi yang perlu dikaji. Fitoremediasi merupakan metode pengurangan pencemaran dengan memanfaatkan tumbuhan yang reaktan terhadap bahan kimiawi pencemaran dari limbah domestik maupun penggunaan lahan seperti pertanian, kebun dll.

Keunggulan menggunakan tanaman dalam fitoremediasi adalah tanaman lebih tahan lama dibanding mikroorganisme pada konsentrasi dan kontaminan yang cukup tinggi dan mampu menyerap serta mengurangi toksitas pencemaran jauh lebih cepat tanpa merusak pertumbuhan dari tanaman. Metode fitoremediasi ini mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih relatif ekonomis dibanding dengan metode lainnya. Dari beberapa penelitian sebelumnya metode fitoremediasi ini sangat tepat untuk peningkatan kualitas air sungai. Berikut merupakan 2 Strategi perlakuan menggunakan metode fitoremediasi yang dapat dilakukan di sungai metro ruas Pakisaji – Kapanjen :

Strategi Perlakuan I

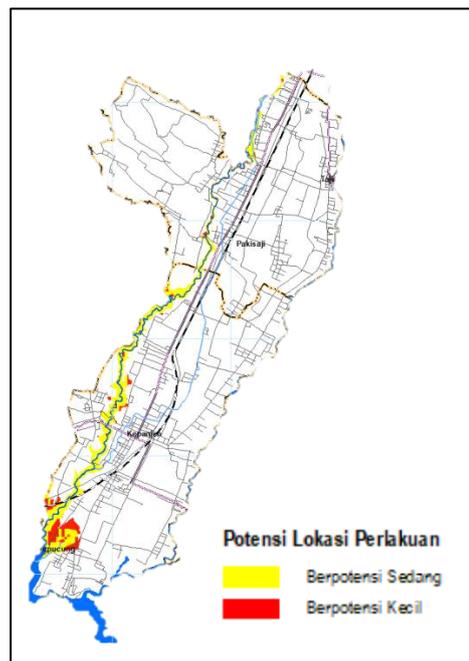
Remediasi yang diartikan sebagai perbaikan lingkungan secara umum diharapkan dapat menghindari resiko-resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi zat pencemar. Oleh sebab itu remediasi tanah yaitu upaya perbaikan lingkungan dengan media utama di tanah/lahan dalam hal ini memanfaatkan sempadan sungai. Sungai metro yang didominasi dengan penggunaan lahan pertanian di sekitar alirannya. Dengan memanfaatkan tumbuhan fitoremediator diharapkan adanya pagar tanaman yang mampu menjadi "Benteng" pertama untuk menghambat zat pencemaran yang berasal dari pertanian seperti limpasan ataupun hasil difusi zat pertanian yang potensial mencemari sungai metro. Tanaman *Vetiver Zizanioides* / Tanaman Akar Wangi dapat dimanfaatkan sebagai pagar tanaman yang memiliki sifat sebagai fitoremediator ideal untuk pengendalian pencemaran lingkungan.

Dalam studi penelitian di Australia terhadap perkebunan tebu dan kapas menunjukkan bahwa pagar Vetiver dinilai efektif memerangkap zat pencemar sungai. Serta di Thailand di Hua Sai Royal Development Study Centre, propinsi Phetchaburi menunjukkan bahwa tanaman pagar Vetiver yang ditanam melintang lereng membentuk DAM hidup sementara, pada saat yang sama, sistem akarnya membentuk pembatas bawah tanah yang mencegah residu pestisida dan zat beracun lain mengalir kedalam badan air di bawah. Serta batang tebal diatas permukaan tanah juga mengumpulkan partikel puing dan tanah yang terbawa di sepanjang jalur air. Kegunaan Vetiver dalam mengatasi air yang tercemar terletak pada kapasitasnya untuk cepat menyerap hara dan logam berat, dan toleransi terhadap peningkatan kadar elemen-elemen tersebut. Meskipun konsentrasi dari unsur-unsur pada tanaman Vetiver seringkali tidak setinggi hiper-akumulator, pertumbuhannya yang sangat cepat dan hasil yang tinggi (produksi material kering sampai 100t/ha/tahun) memungkinkan Vetiver mampu menghapus volume hara yang jauh lebih tinggi dan logam berat dari tanah yang terkontaminasi dibanding hiper-akumulator lainnya. Di Australia, lima baris Vetiver dialiri dengan sistem bawah-permukaan (Subsurface) dengan buangan limbah dari septik tank. Setelah 5 bulan, kadar N total didalam rembesan yang terkumpul sesudah dua baris berkurang sebesar 83% dan setelah lima baris berkurang sebesar 99%. Demikian pula, kadar P total berkurang masing-masing 82% dan 85% (Truong dan Hart, 2001)

Strategi perlakuan I dengan penanaman tanaman vetiver sebagai sistem pagar tumbuhan yang mengurangi beban pencemaran dari penggunaan lahan sekitar terutama pertanian, perkebunan yang mendominasi di sekitar aliran

sungai metro. Penanaman dilakukan di sempadan sungai metro ruas Pakisaji – Kapanjen serta didukung atau diikuti dengan penanaman di pematang sawah di sekitar aliran sungai metro. Program strategi tersebut dapat didukung oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Tanaman pangan, Hortikultura dan Perkebunan.

Berikut merupakan peta potensi lokasi yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi pembuatan sistem veriter di sekitar sempadan sungai metro. Penentuan lokasi memperhatikan kriteria seperti Kemiringan Lereng, Jenis Tanah, Penggunaan Lahan, Geologi Batuan

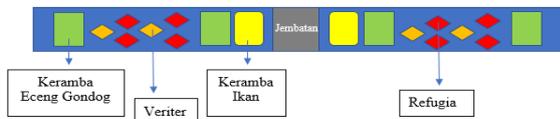


Gambar 2. Peta potensi lokasi strategi perlakuan I

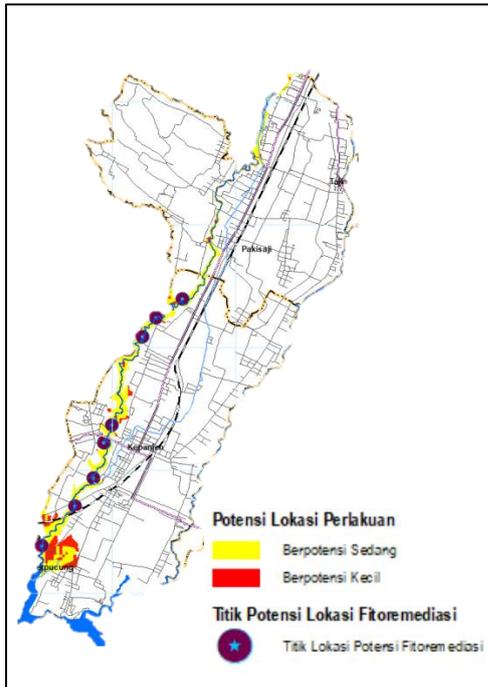
Strategi Perlakuan II

Strategi kedua hampir sama dengan strategi pertama memakai tumbuhan sebagai remediator zat pencemar. Namun perlakuan fitoremediasi dilakukan di badan air dengan mendesain tumbuhan lain yaitu Enceng Gondog dalam media keramba sebagai pembatas yang menyesuaikan lebar sungai. Berdasarkan penelitian Dyah Puspito (2013) tentang efektivitas Eceng gondong dalam menurunkan kadar air limbah yang dilimpaskan ke sungai. Enceng Gondog dapat menurunkan kadar zat pencemaran sebesar 37,24%. Maka pemakaian eceng gondog sebagai tanaman remediasi secara sederhana namun efektif . dalam strategi kedua dapat dikombinasikan dengan tanaman veriter. Dan untuk menambah nilai ekonomi dalam strategi ini dapat juga diselingi dengan pemeliharaan ikan memanfaatkan keramba batasan enceng gondog sehingga selain nilai peningkatan kualitas lingkungan sungai juga meningkatkan ekonomi. Lokasi Fitoremediasi diharapkan memiliki aksesibilitas yang mudah (dekat Jembatan) dan memiliki kondisi arus yang cenderung tenang stabil.

Berikut merupakan sketsa sederhana mengenai strategi kedua.



Gambar 3. Sketsa sederhana strategi perlakuan II



Gambar 4. Peta titik lokasi strategi perlakuan II

Tabel 7. Koordinat titik lokasi strategi perlakuan II

Point	Reach	Kordinat X	Kordinat Y
1	1	112° 34' 54,240" E	8° 5' 18,718" S
2	1	112° 34' 26,862" E	8° 5' 38,598" S
3	1	112° 34' 12,536" E	8° 5' 58,964" S
4	2	112° 33' 32,008" E	8° 7' 50,976" S
5	2	112° 33' 40,531" E	8° 7' 32,798" S
6	3	112° 33' 21,118" E	8° 8' 28,725" S
7	3	112° 33' 1,679" E	8° 8' 58,333" S
8	4	112° 32' 27,196" E	8° 9' 40,658" S

Sumber : Hasil Analisa

Sungai metro ruas pakisaji – kepanjen memiliki besaran tiap segmen sebagai berikut :

- a. Segmen A, Kebonagung - Ngadilangkung
 - BOD : 63 kg/hari
 - COD : 343,24 kg/hari
 - NO₃ : 262,18 kg/hari
 - NH₄ : 66,52 kg/hari
 - PO₄ : 44,45
 - TSS : 135.186,06 kg/hari
- b. Segmen B, Ngadilangkung - Cepokomulyo
 - BOD : 527,26 kg/hari
 - COD : 6.642,53 kg/hari
 - NO₃ : 3.954,43 kg/hari
 - NH₄ : 180,99 kg/hari

- PO₄ : 56,88 kg/hari
 - TSS : 13.146,97 kg/hari
- c. Segmen C, Cepokomulyo - Mangunrejo
 - BOD : 514,86 kg/hari
 - COD : 5.474,6 kg/hari
 - NO₃ : 2.703,8 kg/hari
 - NH₄ : 141,46 kg/hari
 - PO₄ : 44,8 kg/hari
 - TSS : 13.870,93 kg/hari
 - d. Segmen D, Mangunrejo - Jenggolo
 - BOD : 502,46 kg/hari
 - COD : 4.306,68 kg/hari
 - NO₃ : 1.453,16 kg/hari
 - NH₄ : 101,92 kg/hari
 - PO₄ : 44,8 kg/hari
 - TSS : 14.594 kg/hari

Saat ini diperlukan penurunan beban pencemaran untuk Kali Metro Ruas Kecamatan Pakisaji – Kapanjen Kabupaten Malang karena kondisi eksisting sungai yang melampaui daya tampung beban pencemaran untuk baku mutu badan air kelas II (yang dipersyaratkan , berikut merupakan parameter lokasi segmentasi yang harus dilakukan penurunan beban pencemaran :

1. Parameter NO₃ (Nitrat) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro, setiap segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi NO₃ yaitu pada Segment A harus menurunkan 306,36 kg/hari atau sebesar 53,89 % dari kondisi eksisting sekarang , pada segmen B harus menurunkan 2269,06 kosentrasi NO₃ atau sebesar 36,46 % dari kondisi eksisting saatini , pada segment C harus menurunkan 2916,92 kosentrasi NO₃ atau sebesar 51,9 % dari kondisi eksisting saat ini, dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurunan konsentrasi NO₃ sebesar 3564,77 atau sebesar 71,0
2. Parameter NH₄ (Amonia) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro,segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi NH₄ yaitu pada Segment A harus menurunkan 241,95 kg/hari atau sebesar 78,43 % dari kondisi eksisting sekarang, pada segmen B dan segmen C tidak memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi NH₄ dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurun kosentrasi NH₄ sebesar 2,10 atau sebesar 2,02 %.
3. Parameter PO₄ (Fosfat) harus segera dilakukan perlakuan penurunan konsentrasinya guna meningkatkan kualitas badan air sungai Kali Metro, setiap segment memerlukan perlakuan penurunan konsentrasi PO₄ yaitu pada Segment A harus menurunkan 5710,18 kg/hari atau sebesar 99,23 % dari kondisi eksisting sekarang

pada segmen B harus menurunkan 113,16 kosentrasi PO₄ atau sebesar 66,55 % dari kondisi eksisting saat ini, pada segment C harus menurunkan 103,03 kosentrasi PO₄ atau sebesar 69,70 % dari kondisi eksisting saat ini, dan pada daerah hulu atau pada km 1,53 – hulu diperlukan perlakuan penurun kosentrasi PO₄ sebesar 92,91 atau sebesar 73,96 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yg telah membantu terutama Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang yang telah memberi kemudahan akses data kualitas air sungai metri serta kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Malang yang telah memfasilitasi kegiatan ini, semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dibidang lingkungan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Baidowi, Ahmad. 2010 . *Pemodelan Kualitas Air Sungai Menggunakan Qual2K : Studi Kasus Sungai Secang Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Program Studi S2 Kimia. UGM Yogyakarta
- Chapra, S.C and Pelletier, G.J. 2003 . *Qual2K : A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality : Documentation and Users Manual*. Civil and Enviromental Engineering Dept, Tufts University, Medford, MA
- Fadly, N. Aliefia. 2008. *Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi Pengelolaannya*. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Indonesia. Jakarta
- Hartono. 1996. *Penginderaan Jauh untuk Kajian Vegetasi dalam DAS*. Materi Pendidikan Inventarisasi dan Evaluasi Sumberdaya Air. Yogyakarta: PUSPICS dan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Iskandar.A, Yusuf dan Priadie,Bambang.2013. *Nilai Satuan Beban Pencemar Untuk Menghitung Potensi Beban Pencemar Limbah Ternak*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Kementrian Pekerjaan Umum. Bandung
- Iskandar.A. Yusuf. 2003 . *Penelitian Parameter Kinetik dan Stochiometrik Beban Pencemar Sungai*.Bandung
- Keputusan Menteri LingkunganHidup Nomor 110 Tahun 2003. *Pedoman Penetapan Daya Tampung beban Pencemaran Air Pada Sumber Air*
- Nugraha, W. Dwi. 2008. *Identifikasi Kelas Air dan Penentuan Daya Tampung Beban Cemaran BOD Sungai dengan Model Qual 2E (Studi Kasus Sungai Serayu Jawa Tengah)*.Jurnal Presipitasi. Universitas Diponegoro. Semarang
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Salmin. 2005. "Oksigen Terlarut (DO) dan kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan" *Jurnal Oseana*, 30-21-26
- Yudo, S. 2010. *Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta ditinjau dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen dan Bakteri Coli*. Jurnal Akuakultur Indonesia , 6.34-42.