

PERHITUNGAN KORELASI BOD-COD AIR DAN SEDIMEN, SERTA DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR KALI SURABAYA

(Studi Kasus di Lokasi Antara *Intake* IPAM Karangpilang dan DAM
Gunungsari)

Ariwidyanto Prandanu^{*1)} dan Mohammad Razif¹⁾

**¹⁾Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk menghitung koefisien korelasi pada air dan sedimen untuk parameter BOD dan COD, serta menghitung beban pencemaran di Kali Surabaya antara IPAM Karangpilang I, II, III dan Dam Gunungsari, untuk BOD dan COD, dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Pengambilan sampel air dan sedimen untuk parameter BOD, COD dan TSS pada penelitian ini dilakukan pada lima titik, setelah IPAM Karangpilang sampai sebelum DAM Gunungsari. Analisa konsentrasi BOD, COD, dan TSS dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Korelasi BOD dan COD dalam endapan dan dalam air dianalisis menggunakan metode Product Moment Pearson dengan pengolahan data menggunakan software minitab 16. Perhitungan besarnya daya tampung didapat dari selisih antara beban pencemaran berdasarkan baku mutu dikurangi dengan beban pencemaran dari hasil pengukuran. Kecepatan pengendapan dihitung dengan mencari bilangan reynold untuk menentukan jenis aliran, setelah didapatkan kecepatan pengendapan dan bilangan reynold dapat dicari bilangan $V_{scouring}$ untuk mengetahui terjadinya gerusan atau resuspensi pada segmen sungai yang diteliti. Dari penelitian ini didapat koefisien korelasi BOD, COD, dan TSS pada kelima titik memiliki keeratan dari lemah sampai kuat. Daya tampung air Kali Surabaya untuk konsentrasi BOD bulan Juni, Juli, dan Agustus 2017 sebesar -45357 kg/hari, -27267 kg/hari, -34625 kg/hari. Daya tampung COD bulan Juni, Juli, dan Agustus 2017 sebesar -18009 kg/hari, 1069 kg/hari, dan -11061 kg/hari. Berdasarkan perhitungan diperoleh $V_{scouring}$ 0,03 m/det yang memungkinkan adanya resuspensi pada segmen sungai dan ditunjang dengan nilai bilangan Reynold yang transisi antara laminar dan turbulen.

Kata kunci: Kali Surabaya, Korelasi BOD COD dan TSS, Daya tampung, beban pencemaran, $V_{scouring}$, bilangan Reynold.

Abstract

This research aimed to calculate the correlation coefficient in water and sediment for the parameters BOD and COD, and to calculate the pollution load in Surabaya River between Karangpilang clean water treatment plant (IPAM) I, II, III and Gunungsari Dam, for BOD and COD, using primary and secondary data. The sampling of water and sediment for the parameters BOD, COD and TSS in this study was done in five spots between IPAM Karangpilang and Gunungsari Dam. The analysis of BOD, COD, and TSS concentration was done at the laboratory of Environmental Engineering Department, ITS. The correlation between BOD and COD in the sediment dan in the water was analyzed using the Pearson Product-Moment method and data processing using the software Minitab 16. The calculation of capacity was obtained from the difference between pollution load according to quality standards and measured pollution load. Sedimentation rate was calculated by seeking the Reynolds number to determine the flow type. After acquiring sedimentation rate and Reynolds number, $V_{scouring}$ was obtained to find out if any scour or resuspension occurred at the researched segment of the river. The results showed a weak to strong correlation coefficient between BOD, COD, and TSS at the five spots. The load capacity of Surabaya River for BOD concentration in June, July, and August 2017 were at -45357 kg/day, -27267 kg/day, and -34625 kg/day respectively. The load capacity for COD in June, July, dan August 2017 were at -18009 kg/day, 1069 kg/day, and -11061 kg/day respectively. Our calculation obtained a $V_{scouring}$ value of 0.03 m/s that enabled resuspension at the river segment and supported by the Reynolds number value which was a transition between laminar and turbulent flow.

Keywords: Surabaya River, BOD COD and TSS Correlation, Capacity, pollution load, $V_{scouring}$, Reynolds number.

1. PENDAHULUAN

Kali Surabaya merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang mengalir 42 km dari DAM Mlirip Mojokerto, melewati Gresik, Sidoarjo dan berakhir di DAM Jagir Surabaya. Pada penelitian ini titik sungai untuk pengambilan sample berada di antara IPAM Karangpilang I, II, III dan DAM Gunungsari. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan ditengah sungai dengan memakai perahu pada 5 titik dengan jarak yang merata antara IPAM Karangpilang I, II, III dan Dam Gunungsari

Kali Surabaya menampung beban pencemaran sebesar 75,48 ton limbah per hari, di mana 86% adalah limbah industri dan 14% sisanya adalah limbah domestik. Tingkat BOD dan COD di daerah Kali Surabaya tidak memenuhi baku mutu, di mana kualitas struktur sungai 62,5% termasuk kategori sedang dan 37,5% termasuk kategori buruk. Riset (Koemantoro, 2007) menunjukkan bahwa beban pencemar BOD di titik lokasi *intake* PDAM Karangpilang Surabaya mencapai 10,45 mg/l, jauh melebihi batas standar badan air kelas 1 yaitu 2mg/l.

Konsentrasi limbah dan beban pencemaran yang diterima oleh sungai ini meningkat, sedangkan daya dukung dan daya tampung beban pencemaran semakin menurun. Tingkat pencemaran sungai dapat mempengaruhi daya tampung sungai, semakin tinggi tingkat pencemaran sungai maka dapat mengurangi daya tampung sungai tersebut. Daya tampung beban pencemaran dapat dihitung dengan cara sederhana yaitu dengan persamaan *mass balance*, sebagai berikut: Daya tampung beban cemar = beban cemar sesuai Baku Mutu – beban cemar terukur.

Korelasi merupakan salah satu teknik analisis dalam statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat

kuantitatif. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada variabel yang satu akan diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur dengan arah yang sama (korelasi positif) atau berlawanan (korelasi negatif). Di dalam penelitian ini penulis menggunakan Uji *Product Moment Pearson*, dimana Uji korelasi ini digunakan untuk data interval dan data rasio dengan distribusi data normal, terdiri dari dua variabel yaitu 1 variabel X (*Independent*) dan 1 variabel Y (*dependent*) (Saefuddin, 2009).

Bilangan Reynold digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda menjadi tiga jenis aliran, yaitu Aliran Laminer, Aliran Turbulen, dan Aliran Transisi. Pengendapan terjadi karena adanya interaksi gaya-gaya di sekitar partikel, yaitu gaya drag dan impelling. Massa partikel menyebabkan adanya gaya drag dan diimbangi oleh gaya impelling, sehingga kecepatan pengendapan partikel konstan. Setelah diketahui jenis aliran dan didapatkan nilai Vs dapat mencari *Vscouring*.

2. METODA

Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan meliputi peta administrasi yang digunakan untuk menentukan titik lokasi pengambilan sampel dan debit air pada kelima titik sampling yang didapat dari Perusahaan Umum Jasa Tirta I Malang. Data primer yang diambil meliputi pengambilan sampel dilakukan sebanyak satu kali dalam satu bulan, dan dilakukan selama tiga bulan berturut, yaitu pada tanggal 5 Juni 2017, 5 Juli 2017, dan 5 Agustus 2017. Sampel diambil di 5 titik pada permukaan sungai, dengan jarak antar titik 1 kilometer. Pada masing-masing titik dilakukan dua pengambilan sampel, yaitu air dan lumpur.

Berikut merupakan titik koordinat dan lokasi yang bertepatan dengan titik pengambilan sampel pada sungai tersebut:

1. Titik 1 : titik 7°20'42" s dan 112°41'29" e, lokasi ini berada dibawah Jalan Jembatan Sepanjang Baru.
2. Titik 2 : 7°20'32.5" s dan 112°41'49" e, berada 500 m dari pembangunan jalan tol Surabaya-Mojokerto
3. Titik 3 : 7°19'41" s dan 112°42'38" e, lokasinya bersebrangan dengan SPBU Kebonsari, Jalan Jambangan.
4. Titik 4 : 7°19'9" s dan 112°42'40" e, berada di belakang pabrik es batu di Jalan Raya Mastrip.
5. Titik 5 : 7°18'37.5" s dan 112°42'42" e, berada di 100 m sebelum Jalan Tol Surabaya – Gempol.

Analisis Korelasi

Uji korelasi menggunakan uji *Product Moment Pearson*, dilakukan untuk mendapatkan korelasi antara BOD air dengan BOD lumpur untuk menentukan adanya resuspensi pada segmen sungai tersebut., Hasil yang didapat bisa menentukan kuat atau tidaknya korelasi antara kedua variabel yang di uji. Dengan menggunakan *software minitab 16* dapat langsung diketahui korelasi dan juga *p value* dari setiap data yang di masukkan. Keeratan korelasi sebuah data juga dilihat, semakin besarnya nilai korelasinya namun nilai *p value* juga menentukan apakah data yang di *input* kedalam *minitab* ini signifikan atau kurang signifikan. Data yang dibilang signifikan adalah data dengan *p value* 0,01 – 0,05. Nilai koefisien korelasi yang kecil (tidak signifikan) bukan berarti kedua variabel tersebut tidak saling berhubungan. Keeratan korelasi dapat dilihat sebagai berikut:

1. 0,00 sampai 0,20 berarti korelasi memiliki keeratan sangat lemah
2. 0,21 sampai 0,40 berarti korelasi memiliki keeratan lemah, 0,41 sampai 0,70 berarti korelasi memiliki keeratan kuat

3. 0,71 sampai 0,90 berarti korelasi memiliki keeratan sangat kuat
4. 0,91 sampai 0,99 berarti korelasi memiliki keeratan sangat kuat sekali
5. 1 berarti korelasi sempurna

Analisis Daya Tampung

Penentuan daya tampung beban pencemaran dapat ditentukan dengan cara yang sederhana yaitu dengan menggunakan metode mass balance. Metode mass balance udapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir (down stream) yang berasal dari sumber pencemar point source dan non point source. Daya tampung beban pencemaran dapat di hitung dengan cara sederhana yaitu dengan persamaan mass balance, dimana daya tampung beban cemarannya yaitu beban cemarannya sesuai Baku Mutu dikurangi beban cemarannya terukur.

Perhitungan Vscouring

Pengendapan terjadi karena adanya interaksi gaya-gaya di sekitar partikel, yaitu gaya drag dan impelling. Massa partikel menyebabkan adanya gaya drag dan diimbangi oleh gaya impelling, sehingga kecepatan pengendapan partikel konstan. Dalam kondisi yang seimbang, maka diperoleh persamaan:

$$V_s = \sqrt{\frac{2g}{C_D} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \frac{V}{A_c}}$$

Bila $V/A_c = (2/3)d$, maka diperoleh:

$$V_s = \sqrt{\frac{4g}{3C_D} (S_g - 1)d}$$

Di mana S_g adalah *specific gravity*. Besarnya nilai C_D tergantung pada bilangan Reynold.

1. Bila $Nre < 1$ (laminer), $C_D = 24/Nre$
2. Bila $Nre = 1 - 10^4$ (transisi), $C_D = 24/Nre + 3/Nre^{0.5} + 0.34$
3. Bila $Nre > 10^4$ (turbulen), $C_D = 0,4$

Bilangan Reynold dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot d \cdot V_s}{\mu}$$

Setelah diketahui jenis aliran dapat mencari kecepatan penggerusan ($V_{scouring}$) dengan menggunakan persamaan:

$$v_{sc} = \left[\frac{8k (Sg-1)d \cdot g}{f} \right]^{1/2}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan BOD, COD, dan TSS

TSS yang dapat dibedakan menjadi VS (*Volatile solid*) dan FS (*Fixed Solid*), yaitu dimana VS merupakan representasi dari mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah untuk dapat mengukur konsentrasi zat-zat organik dalam air limbah, sehingga terdapat BOD dan COD di dalamnya. FS merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur konsentrasi zat-zat anorganik dalam air limbah, hanya terdapat COD di dalamnya. Meningkatnya konsentrasi TSS akan mengakibatkan menurunnya konsentrasi DO (*Dissolved Oxygen*) yang akan mengakibatkan meningkatnya konsentrasi BOD. Karena keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke air. Sedangkan dengan COD, karena COD merupakan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik dan anorganik sehingga dengan meningkatnya konsentrasi TSS dalam air konsentrasi COD juga akan meningkat. Sehingga dengan kenaikan konsentrasi TSS maka konsentrasi BOD dan COD akan meningkat juga.

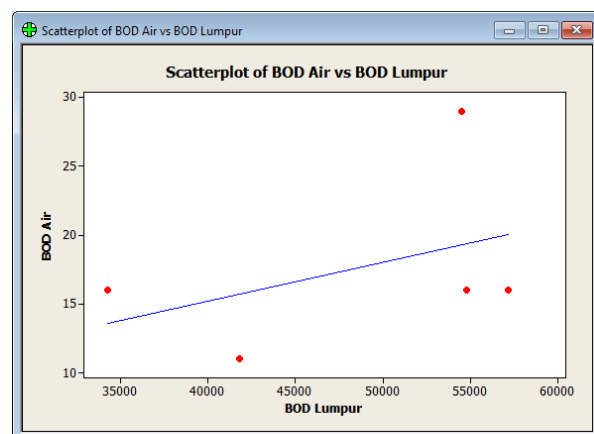
Konsentrasi BOD yang tidak bisa lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi COD, karena konsentrasi BOD hanya terpengaruh pada tingginya konsentrasi TSS dan juga zat organik dalam air. Sedangkan konsentrasi COD adalah total keseluruhan dari pengotor TSS, zat organik dan juga zat anorganik.

Namun dengan menurunnya konsentrasi BOD maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi.

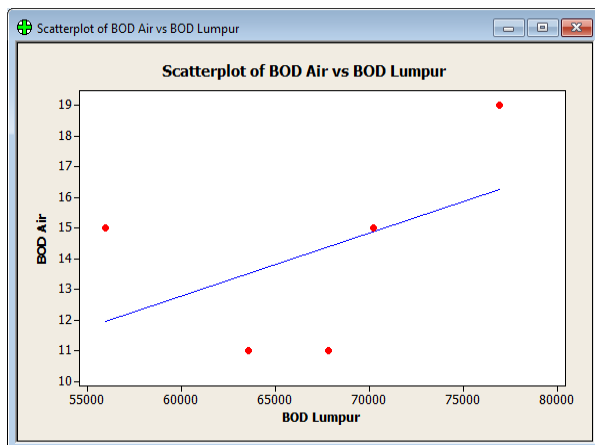
Analisis Koefisien Korelasi pada Air dan Sedimen untuk Parameter BOD dan COD

Koefisien korelasi antara BOD air dengan BOD lumpur pada tanggal 5 Juni 2017 didapat 0,415, keeratan yang didapat antara kedua variabel tersebut adalah keeratan kuat. korelasi ini merupakan korelasi positif seperti pada Gambar 1, dimana terjadi hubungan sebab akibat apabila terjadi penambahan nilai variabel X (BOD Air) maka akan diikuti terjadinya penambahan nilai variabel Y (BOD Lumpur). Nilai *p value* yang didapat 0,487. Dapat diartikan jika dilakukan pengambilan 100 kali test pada percobaan ini maka akan terjadi *error* sebanyak 48 kali.

Pada tanggal 5 Juli 2017 seperti pada Gambar 2, didapatkan hasil koefisien BOD air dengan BOD lumpur sebesar 0,477, dimana keeratan yang di dapat adalah keeratan kuat. Korelasi positif variabel X berpengaruh akan variabel Y, namun pada penelitian ini ketika BOD Air meningkat tidak selalu BOD Lumpur akan meningkat. P value yang didapat adalah 0,416 atau 41,6% dinyatakan error . Dalam 100 kali percobaan hanya 59 kali percobaan yang berhasil, sehingga data ini pun belum bisa dikatakan signifikan.

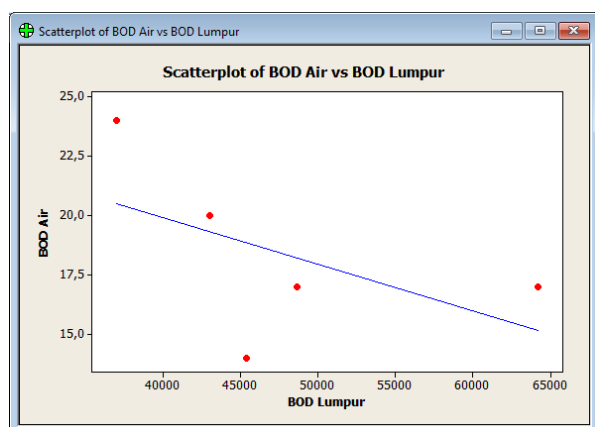


Gambar 1. Grafik Scatterplot BOD Air dan Lumpur 5 Juni 2017



Gambar 2. Grafik *Scatterplot* BOD Air dan Lumpur 5 Juli 2017

Pada tanggal 5 Agustus 2017, didapatkan koefisien korelasi BOD air dengan BOD lumpur sebesar $-0,530$. Pada kasus ini data mengalami korelasi negatif seperti pada Gambar 3, ini terjadi jika antara dua variabel atau lebih berjalan berlawanan yang berarti jika variabel X mengalami kenaikan maka variabel Y mengalami penurunan atau sebaliknya. Sehingga pada kasus ini BOD air mengalami penurunan dan BOD lumpur mengalami peningkatan Untuk nilai p value yang didapat adalah $0,358$, yang diartikan terjadi error sebesar 35% jika dilakukan 100 kali percobaan.

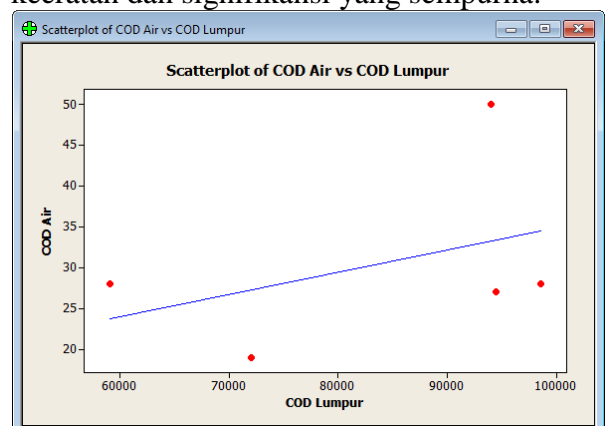


Gambar 3. Grafik *Scatterplot* BOD Air dan Lumpur 5 Agustus 2017

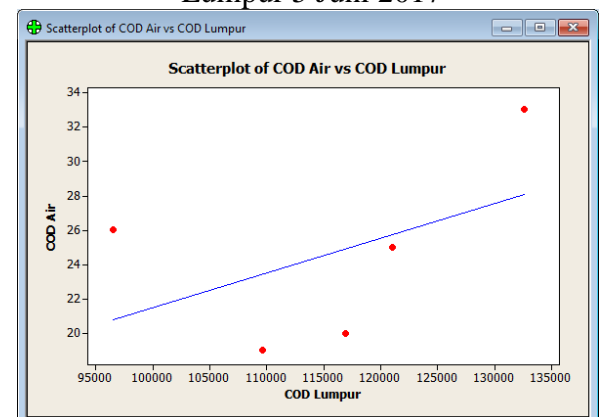
Pada tanggal 5 Juni 2017 pada Gambar 4, didapatkan hasil koefisien COD air dengan COD lumpur adalah $0,402$. Untuk tingkat

keeratan, termasuk dalam keeratan lemah. Bisa diartikan tidak ada korelasi antara kedua variabel. Arah korelasi yang didapat positif yaitu ada sebab akibat antara COD air dan COD lumpur namun keeratannya lemah dan kurang signifikan. Signifikansi data korelasi ini pun hanya 50% karena p value yang didapat adalah $0,502$, di mana artinya dari 100 kali percobaan hanya 50 kali yang berhasil

Nilai keeratan pada tanggal 5 Juli 2017 ini mendapat tingkat keeratan kuat yaitu sebesar $0,486$, meskipun mendapat keeratan kuat belum dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut ber korelasi. Arah korelasi positif seperti pada Gambar 5, dengan p value sebesar 40% data COD air dan lumpur bulan Juli 2017 belum bisa dikatakan signifikan. Sehingga diperlukan data tambahan untuk mendapat keeratan dan signifikansi yang sempurna.

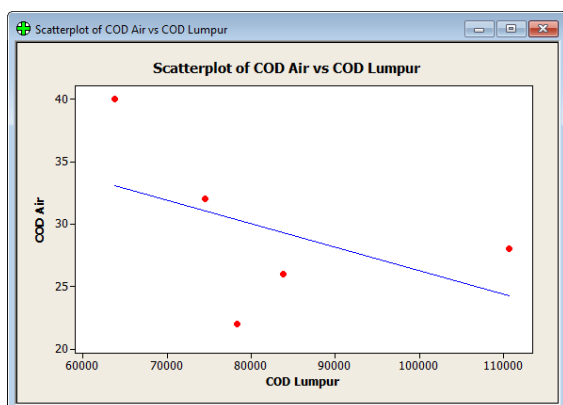


Gambar 4. Grafik *Scatterplot* COD Air dan Lumpur 5 Juni 2017



Gambar 5. Grafik *Scatterplot* COD Air dan Lumpur 5 Juli 2017

Pada tanggal 5 Agustus 2017 seperti Gambar 6 ini selalu terjadi korelasi negatif, di mana memang terjadi arah kenaikan dan penurunan data yang berlawanan. Konsentrasi COD air dari titik 1 sampai titik 5 meningkat, sedangkan konsentrasi COD lumpur dari titik 1 sampai titik 5 menurun. Sehingga didapatkan korelasi negatif. Untuk signifikansi data tersebut juga didapatkan p value 41% bisa dibilang data tersebut belum cukup signifikan.



Gambar 6. Grafik Scatterplot COD Air dan Lumpur 5 Agustus 2017

Analisis Beban Pencemaran di Kali Surabaya untuk Parameter BOD dan COD

Beban pencemaran didapat dari perhitungan konsentrasi BOD dan COD dikalikan dengan debit aliran. Tingginya konsentrasi beban pencemaran BOD pada Tabel 1, bulan Juni yang lebih tinggi dibanding dengan bulan Juli dan Bulan Agustus karena Adanya *barrier* besi penahan sampah pada titik 5 memungkinkan untuk partikel lumpur endapan terhalang, sehingga dapat menyebabkan akumulasi endapan dari permukaan air ke dasar sungai pada titik tersebut. Selain itu karena masukan limbah ke dalam sungai dari buangan industri, domestik dan pertanian, dapat menjadi alasan besarnya beban pencemar pada bulan Juni dibandingkan dengan bulan-bulan selanjutnya. Karena dalam segmen sungai yang penulis teliti banyak terdapat berbagai macam industri dan juga pemukiman warga

yang langsung membuang limbahnya ke dalam badan sungai.

Akumulasi endapan dan juga resuspensi dapat terjadi tergantung dengan sistem bukaan pintu air DAM Gunungsari. Dilihat dari data sekunder yang di dapat oleh Perum Jasa Tirta I, rata-rata bukaan pintu air pada bulan juni, juli, dan agustus adalah 103,89 cm, 79,73 cm, dan 71,01 cm. Pintu air dengan bukaan atas yang akan membuat semua partikel lumpur di permukaan akan terbawa arus, sehingga dapat menyebabkan konsentrasi beban pencemar pada titik-titik tersebut berkurang. Begitu juga dengan pintu air bagian bawah yang dibuka, lumpur yang mengendap pada dasar sungai akan terbawa arus sehingga akan mengurangi akumulasi endapan, dan dapat mengurangi terjadinya proses resuspensi yang dikarenakan adanya endapan lumpur yang terlalu banyak. Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 merupakan perhitungan beban pencemaran konsentrasi BOD pada bulan Juni, Juli, dan Agustus 2017

Tabel 1. Perhitungan Beban Pencemaran BOD Bulan Juni

BOD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
11	38600	424600	36685	13340	-23345
16	38600	617600	53361	13340	-40020
16	38600	617600	53361	13340	-40020
16	38600	617600	53361	13340	-40020
29	38600	1119400	96716	13340	-83376
				Rata-rata	-45357

Tabel 2. Perhitungan Beban Pencemaran BOD Bulan Juli

BOD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
15	30940	464100	40098	10693	-29405
19	30940	587860	50791	10693	-40098
11	30940	340340	29405	10693	-18713
15	30940	464100	40098	10693	-29405
11	30940	340340	29405	10693	-18713
				Rata-rata	-27267

Tabel 3. Perhitungan Beban Pencemaran BOD Bulan Agustus

BOD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
17	27830	473110	40877	9618	-31259
14	27830	389620	33663	9618	-24045
20	27830	556600	48090	9618	-38472
17	27830	473110	40877	9618	-31259
24	27830	667920	57708	9618	-48090
				Rata-rata	-34625

Untuk perhitungan beban pencemaran konsentrasi COD bulan Juni, Juli, dan Agustus disajikan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Perhitungan Beban Pencemaran COD Bulan Juni

COD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
19	38600	733400	63366	83376	20010
28	38600	1080800	93381	83376	-10005
27	38600	1042200	90046	83376	-6670
28	38600	1080800	93381	83376	-10005
50	38600	1930000	166752	83376	-83376
				Rata-rata	-18009

Tabel 5. Perhitungan Beban Pencemaran COD Bulan Juli

COD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
26	30940	804440	69504	66830	-2673
33	30940	1021020	88216	66830	-21386
19	30940	587860	50791	66830	16039
25	30940	773500	66830	66830	0
20	30940	618800	53464	66830	13366
				Rata-rata	1069

Tabel 6. Perhitungan Beban Pencemaran COD Bulan Agustus

COD Air (mg/L)	Debit Air (L/dt)	Beban Pencemar (mg/dt)	Beban Pencemar (kg/hari)	Daya Dukung (kg/hari)	Daya Tampung (kg/hari)
28	27830	779240	67326	60112,8	-7214
22	27830	612260	52899	60112,8	7214
32	27830	890560	76944	60112,8	-16832
26	27830	723580	62517	60112,8	-2405
40	27830	1113200	96180	60112,8	-36068
				Rata-rata	-11061

Daya tampung untuk konsentrasi BOD pada bulan Juni, Juli, dan Agustus 2017 sudah melebihi peruntukannya begitu juga untuk konsentrasi COD sudah tidak memiliki daya tampung, kecuali pada bulan Juli pada titik 3,4 dan 5 masih memiliki daya tampung.

Analisis Pengaruh Resuspensi Endapan pada Sedimen terhadap Konsentrasi BOD dan COD

Segmen sungai yang diteliti diasumsikan sebagai sebuah long storage yang panjang, dikarenakan pada hulu sungai ini terdapat DAM Pening dan pada hilir terdapat DAM Gunungsari, sehingga segmen sungai ini dapat diasumsikan sebagai sebuah long storage. Sehingga dapat terjadi kemungkinan resuspensi pada segmen sungai ini. Untuk membuktikan adanya resuspensi dan kecepatan scouring atau kecepatan gerusan ($V_{scouring}$) pada sungai ini dicari menggunakan nilai bilangan Reynold serta mengetahui nilai $V_{scouring}$ sungai ini. Untuk mengetahui kecepatan horizontal ($V_{horizontal}$) membutuhkan data debit, lebar dan kedalaman sungai tersebut. $V_{horizontal}$ didapat dengan cara debit aliran dibagi dengan kedalaman didapatkan $V_{horizontal}$. Setelah didapatkan $V_{horizontal}$ perhitungan dilanjutkan untuk mencari $V_{scouring}$. Untuk mencari $V_{scouring}$ dibutuhkan data waktu detensi, diameter partikel endapan, kecepatan mengendap (V_s), koefisien k, f, g, dan sg.

Perhitungan dengan menggunakan bilangan *reynolds* untuk mengetahui kemungkinan terjadinya *scouring* pada segmen sungai yang diteliti. Dapat terjadi *scouring* bila $V_{scouring} < V_{horizontal}$. Jika $V_{horizontal} > V_{scouring}$ maka akan mencegah proses resuspensi.

Didapat debit pada tanggal 5 Juni 2017 adalah $38,6 \text{ m}^3/\text{dt}$, lebar dan kedalaman sungai didapatkan dari penelitian sebelumnya yaitu lebar 51,18 m dan kedalaman 3,66 m, kecepatan horizontal ($V_{horizontal}$) didapat dengan cara debit aliran dibagi dengan kedalaman didapatkan $V_{horizontal}$ nya 0,21 m/det. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan $V_{horizontal}$ 5 Juni 2017

titik sampling	debit (m ³ /dt)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	penampang sungai (m ²)	$V_{horizontal}$ (m/det)
1	38,6	51,18	3,66	187,32	0,21
2	38,6	51,18	3,66	187,32	0,21
3	38,6	51,18	3,66	187,32	0,21
4	38,6	51,18	3,66	187,32	0,21
5	38,6	51,18	3,66	187,32	0,21

Kecepatan pengendapan (V_s) didapatkan 0,008 m/det dari perhitungan V_s untuk aliran turbulen. Koefisien k, f, g, dan sg didapatkan dari literatur, koefisien k, f, g, dan sg yang dipakai adalah koefisien untuk partikel alum, dikarenakan adanya kandungan endapan alum pada segmen sungai yang diteliti. Sehingga didapatkan kecepatan penggerusan (*Vscouring*) nya 0,03. Untuk perhitungan *Vscouring* pada bulan Juni, Juli, dan Agustus memiliki nilai yang sama dikarenakan koefisien yang digunakan sama. seperti pada Tabel 8, Tabel10, dan Tabel 12.

Tabel 8. Perhitungan *Vscouring* 5 Juni 2017

titik sampling	td (detik)	diameter (m)	V_s (m/det)	k	f	g	sg	<i>Vscoring</i> (m/det)	Proses Scouring
1	4853	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
2	4853	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
3	4853	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
4	4853	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
5	4853	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi

Untuk tanggal 5 Juli 2017 debit sungai turun dibandingkan dengan debit pada tanggal 5 Juni 2017. Lebar dan kedalaman sungai digunakan angka yang sama dikarenakan tidak adanya data lebar dan kedalaman sungai per segmen. $V_{horizontal}$ yang didapat pada tanggal 5 Juli 2017 ini didapatkan 0,17 m/det. Sehingga didapatkan waktu detensinya yang lebih besar yaitu 6054 detik. Seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan $V_{horizontal}$ 5 Juli 2017

titik sampling	debit (m ³ /dt)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	penampang sungai (m ²)	$V_{horizontal}$ (m/det)
1	30,94	51,18	3,66	187,32	0,17
2	30,94	51,18	3,66	187,32	0,17
3	30,94	51,18	3,66	187,32	0,17
4	30,94	51,18	3,66	187,32	0,17
5	30,94	51,18	3,66	187,32	0,17

Untuk perhitungan untuk mencari *Vscouring* relatif sama, dikarenakan diameter, V_s , dan koefisien lain yang digunakan juga sama. Perhitungan *Vscouring* pada tanggal 5 Juli 2017 disajikan pada Tabel 10;

Tabel 10. Perhitungan *Vscouring* 5 Juli 2017

titik sampling	td (detik)	diameter (m)	V_s (m/det)	k	f	g	sg	<i>Vscoring</i> (m/det)	Proses Scouring
1	6054	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
2	6054	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
3	6054	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
4	6054	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
5	6054	0,001	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi

Debit pada tanggal 5 Agustus 2017 lebih rendah dibanding dengan bulan-bulan sebelumnya. Untuk perhitungannya pun sama dengan sebelumnya. Didapat $V_{horizontal}$ sebesar 0,15 m/det. Seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan $V_{horizontal}$ 5 Agustus 2017

titik sampling	debit (m ³ /dt)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	penampang sungai (m ²)	V_{hor} (m)
1	27,83	51,18	3,66	187,32	0,
2	27,83	51,18	3,66	187,32	0,
3	27,83	51,18	3,66	187,32	0,
4	27,83	51,18	3,66	187,32	0,
5	27,83	51,18	3,66	187,32	0,

Tabel 12. Perhitungan $V_{scouring}$ 5 Agustus 2017

titik sampling	td (detik)	diameter (m)	V_s (m/det)	k	f	g	$\%g$	$V_{scouring}$ (m/det)	Proses Scouring
1	6731	0,02	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
2	6731	0,02	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
3	6731	0,02	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
4	6731	0,02	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi
5	6731	0,02	0,008	0,04	0,02	9,81	1,002	0,03	terjadi

Setelah didapatkan perhitungan $V_{horizontal}$ lalu dibandingkan dengan $V_{scouring}$ nya, dan terjadi proses *scouring*. Pada ketiga bulan yaitu Juni, Juli, dan Agustus 2017, ke lima titik terjadi proses *scouring* dimana terjadi penggerusan dan terjadi resuspensi pada segmen sungai yang diteliti. Walaupun kemungkinan hasil dari resuspensi tersebut tidak terlalu besar namun hasil dari perhitungan ini menandakan terjadinya pengendapan, penggerusan dan resuspensi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Koefisien korelasi BOD, COD, dan TSS pada kelima titik penelitian di Kali Surabaya memiliki keeratan dari lemah sampai kuat.
2. Daya tampung air Kali Surabaya untuk konsentrasi BOD bulan Juni, Juli, dan Agustus 2017 sebesar -45357 kg/hari, -27267 kg/hari, -34625 kg/hari. Daya tampung COD bulan Juni, Juli, dan

Agustus 2017 sebesar -18009 kg/hari, 1069 kg/hari, dan -11061 kg/hari.

3. Berdasarkan perhitungan diperoleh $V_{scouring}$ 0,03 m/det yang memungkinkan adanya resuspensi pada segmen sungai dan ditunjang dengan nilai bilangan Reynold yang transisi antara laminer dan turbulen.

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, adapun saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambah jumlah pengambilan sampel agar memungkinkan korelasi lebih sempurna.
2. Penelitian dengan memperhatikan masukkan beban pencemar dari sisi bantaran sungai, baik yang berasal dari limbah domestik, industri maupun pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Fatnasari, H. dan Hermana, Joni. (2010). Strategi Pengelolaan Air Limbah Permukiman di Bantaran Kali Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI*.
- Febriyana, N. A. (2016). Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir-Bendungan Gunung Sari Dengan Pemodelan QUAL2KW. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Graha, I. M. S. (2015). Identifikasi Kualitas Air Kali Dami Kota Surabaya Dengan Metode QUAL2KW. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hendrasarie, N. Dan Cahyarani. (2010). Kemampuan Self Purification Kali Surabaya, Ditinjau Dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Herera, A. (2013). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Surabaya Dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. Universitas Brawijaya.

Irsanda, P. G. R. (2014). Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode QUAL2KW. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Kuswadi. dan Mutiara, E. (2004). Statistik Berbasis Komputer Untuk Orang-Orang Nonstatistik. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Suriawiria, U. (2003). Mikrobiologi Air dan Dasar-Dsar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Alumni. Bandung.

Syafi'i, M. (2011). Aplikasi Model Simulasi Komputer QUAL 2Kw Pada Studi Pemodelan Kualitas Air Kali Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.