
ANALISIS DISTRIBUSI PENCEMARAN *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)* DAN *DISSOLVED OXYGEN (DO)* DENGAN METODE *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)* DAN *STREETER PHELPS* DI SEPANJANG KALI SURABAYA

Muhammad Rasich Nabil Adis¹, Naniek Ratni Juliardi AR¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Email: nanik_rjar@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kali Surabaya merupakan sungai dengan kategori kelas II yang keberadaannya berhulu dari DAM Lengkong Mojokerto dan berhilir di DAM Jagir Surabaya. Kali Surabaya mempunyai potensi mendapatkan pencemaran dari industri di sekitar, karena 29% pemanfaatan lahan di sekitar Kali Surabaya adalah kawasan industri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola distribusi BOD dan DO menggunakan metode *Geographic Information System (GIS)* serta hubungannya dengan proses terjadinya *self-purification* di Kali Surabaya. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa kandungan BOD di Kali Surabaya melebihi baku mutu air kelas II. Berdasarkan analisis statistik regresi, didapatkan bahwa yang paling berpengaruh terhadap kandungan BOD adalah DO. Semakin naik nilai DO, debit, dan pH maka semakin turun nilai BOD. Namun apabila nilai suhu mengalami kenaikan maka nilai BOD juga semakin naik. Kali Surabaya mempunyai karakteristik koefisien deoksigenasi sebesar 0.12 – 0.20 /hari dan koefisien reaerasi sebesar 0.29 – 0.54 /hari. Koefisien tersebut sangat mempengaruhi perhitungan *self-purification* dengan menggunakan persamaan *Streeter-Phelps*. Dengan jarak 0.3 Km dari titik 1 ke titik 2 DO mengalami kenaikan sebesar 0.52 mg/l. Sedangkan pada titik 9 ke titik 12 dengan jarak 1.2 Km mengalami kenaikan DO sebesar 0.80 mg/l. Pada jarak yang lebih panjang, kemampuan *self-purification* yang terjadi akan semakin baik, namun dengan catatan tidak adanya lagi masukan kedalam sungai.

Kata Kunci: BOD, DO, GIS, Streeter-Phelps, Self-purification

ABSTRACT

Surabaya River is a second class (class II) river that flows from DAM Lengkong Mojokerto to DAM Jagir Surabaya. Surabaya River potentially polluted from industries around it, because 29% land around Surabaya River used for industrial area. The purpose of this study was to find out the BOD and DO distribution pattern using Geographic Information System (GIS) method and its relationship with self-purification process in Surabaya River. From the research, it found that the BOD value in Surabaya River is over the class II water quality standarts. Based on regression statistical analysis, it found that the most affect of the BOD value in Surabaya River was DO. The higher flow discharge, DO, and pH values the lower BOD value. But if the temperature value increases, the BOD value also increases too. Surabaya River has characteristics deoxygenation constant value (K_1) is 0.12 – 0.20 /day and the reaeration constant value (K_2) is 0.29 – 0.54 /day. This constant value (K_1 and K_2) greatly affect the Streeter-Phelps self-purification equation. With the distance of 0.3 Km from point 1 to point 2 DO has increased by 0.52 mg/l. Whereas at point 9 to point 12 with the distance of 1.2 Km there is an increase in DO of 0.80 mg/l. At longer distance, the ability of self-purification will be better if there will be no longer input into the river.

Keywords: BOD, DO, GIS, Streeter-Phelps, Self-Purification

PENDAHULUAN

Kali Surabaya merupakan badan air kelas II yang peruntukannya digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 61 Tahun 2010.

Kali Surabaya merupakan cabang sungai dari Sungai Brantas yang keberadaannya berhulu dari DAM Lengkong Mojokerto dan berhilir di DAM Jagir Surabaya. DAS Kali Surabaya digunakan sebagai bahan baku air minum oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), tepatnya di Karangpilang dan Ngagel (Fatnasari & Hermana, 2010). Bahan baku mutu air minum tentunya memerlukan persyaratan yang lebih tinggi dibandingkan baku mutu air lainnya, diantaranya baku mutu air sungai tersebut semestinya bebas dari pencemaran air. Namun Kali Surabaya mempunyai potensi mendapatkan pencemaran dari industri di sekitar, karena 29% pemanfaatan lahan di sekitar Kali Surabaya adalah kawasan industri (Budiono & Shofwan, 2017). Bukti bahwa Kali Surabaya sudah melebihi baku mutu adalah berdasar uji yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Jawa Timur pada tahun 2017, terdapat beberapa parameter yang nilainya melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu *Total Suspended Solid* (TSS), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Fecal Coliform*, dan pH dengan nilai TSS sebesar 203 mg/L, BOD sebesar 5.2 mg/L, COD sebesar 35.2 mg/L, *Fecal Coliform* sebanyak 4630 /1 L, dan pH sebesar 7.7.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa pemetaan menggunakan analisis GIS dapat digunakan untuk memudahkan dalam menilai pencemaran air (El-Zeiny & El-Kafrawy, 2017). Kemudian dalam penelitian lainnya menyatakan bahwa Nilai DO dan BOD mengalami fluktuasi sehingga kemampuan *self-purification* pada tiap titik berbeda-beda dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamika serta koefisien penelitian (Sani, 2017)

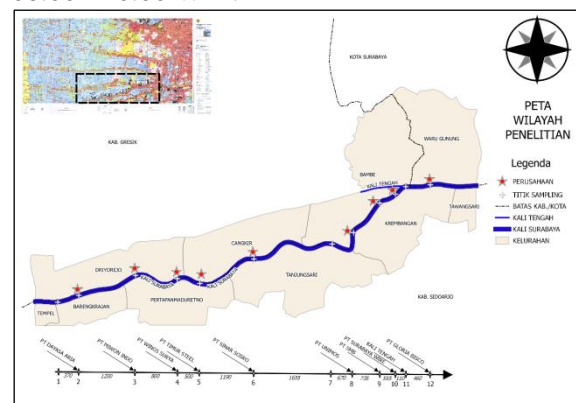
Pada penelitian analisis distribusi pencemaran ini, parameter utama yang diteliti adalah BOD dan DO. Analisis pola distribusi

BOD dan DO akan menggunakan metode berbasis *Geographical Information System* (GIS) dan metode *Streeter-Phelps*. Kemudian, metode *Streeter-Phelps* dapat digunakan untuk mengetahui defisit oksigen terlarut didalam air, hal ini berdasarkan Kepmen-LH No.110 tahun 2003, Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air, menyatakan bahwa metode *Streeter-Phelps* telah teruji untuk mengetahui defisit oksigen terlarut didalam air. Berdasarkan penelitian, didapatkan bahwa metode *Streeter-Phelps* juga mampu menunjukkan potensi *self-purification* yang disebabkan oleh adanya interaksi antara BOD dan DO (Hendrasarie, 2010). Diharapkan dengan menggunakan GIS dan *Streeter-Phelps*, akan tergambar pola distribusi BOD dan DO, sehingga dapat mengetahui intensitas pengaruh aktivitas di sekitar sungai terhadap kondisi kualitas air Kali Surabaya, serta kemampuan *self-purification* aliran air sungai dalam menanggulangi pencemaran.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo hingga Kecamatan Waru Gunung. Pengambilan sampel air dilakukan pada bulan Maret 2019 saat musim penghujan selama tiga hari dalam satu minggu (Selasa 5 Maret, Kamis 7 Maret, dan Minggu 10 Maret) pada pagi hari pukul 08.00 - 10.00 WIB.

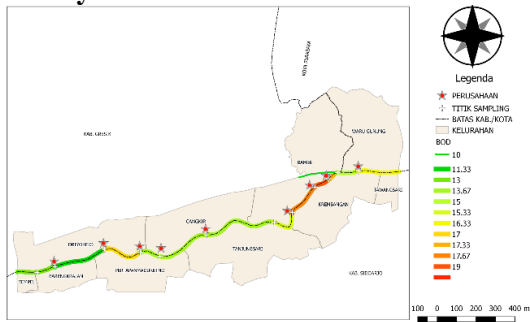


Gambar-1: Wilayah Penelitian

Parameter Uji

- | | |
|-----------------------------|---------|
| a. Jarak Pengambilan Sampel | f. BOD |
| b. Debit Sungai | g. DO |
| c. Kecepatan Aliran Sungai | h. Suhu |
| d. Lebar Sungai | i. pH |
| e. Kedalaman Sungai | |

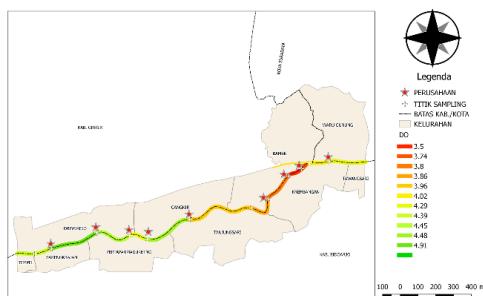
HASIL DAN PEMBAHASAN
Pola distribusi BOD dan DO di Kali Surabaya melalui analisis GIS



Gambar-2: Distribusi BOD

Hasil distribusi BOD pada badan air Kali Surabaya, menunjukkan bahwa nilai BOD mempunyai kisaran diantara 11.33 mg/lit hingga 19mg/lit. Pada titik 1 hingga titik 2 kadar BOD mengalami penurunan hingga titik terendah dan menunjukkan bahwa pada segmen tersebut limbah sudah teroksidasi dengan baik yang ditandai dengan adanya peningkatan kadar DO. Pada titik 3 kadar BOD mengalami kenaikan dikarenakan adanya masukan limbah kedalam badan air, diikuti dengan berkurangnya kadar DO. Pada titik 4 kadar BOD mengalami penurunan dan menunjukkan bahwa limbah telah teroksidasi dengan baik dan kadar DO juga ikut meningkat.

Kadar BOD tidak mengalami perubahan hingga titik 6, hal itu berarti tidak adanya limbah yang masuk kedalam badan air. Pada titik 7 terus mengalami kenaikan hingga mencapai puncaknya di titik 9, yang mengindikasikan bahwa limbah yang masuk kedalam air telah tercampur sempurna (Ramadhani dkk., 2016). Pada titik 10 hingga titik 11 mengalami penurunan karena pada titik tersebut ada penambahan anak sungai (Kali Tengah) yang menyebabkan terjadinya pengenceran. Kemudian pada titik 12 kadar BOD kembali naik karena adanya masukan limbah.

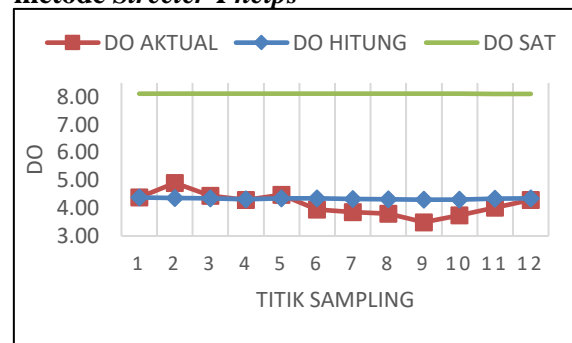


Gambar-3: Distribusi DO

Hasil distribusi DO pada badan air Kali Surabaya, menunjukkan bahwa nilai DO mempunyai kisaran diantara 3.50 mg/lit hingga 4.91 mg/lit. Pada titik 1 hingga titik 2 mengalami kenaikan, karena suhu pada titik tersebut juga mengalami penurunan. Pada titik 3 hingga titik 4 konsentrasi DO mengalami penurunan tanpa adanya kesempatan reoksigenasi diikuti dengan meningkatnya suhu. Pada titik 5 konsentrasi DO mengalami peningkatan, kemudian pada titik 6 konsentrasi DO terus mengalami penurunan hingga mencapai nilai terendah di titik 9, karena pada segmen tersebut terdapat masukan beban pencemar kedalam badan air dan mengakibatkan kadar limbah semakin pekat yang dapat menghambat proses pemasukan oksigen kedalam badan air.

Pada titik 10 hingga titik 12 mengalami kenaikan yang signifikan, dikarenakan pada titik 11 terjadi penambahan oksigen dari anak sungai (Kali Tengah). Hal ini juga didukung dengan jarak yang cukup sehingga terjadi difusi oksigen kedalam badan air.

Proses terjadinya penjernihan kembali (*self-purification*) di Kali Surabaya dengan metode *Streeter-Phelps*



Grafik-1: Perbandingan DO Hitung dan DO Aktual

Dapat dilihat bahwa trend DO hitung sama dengan trend nilai DO aktual, meskipun diantara keduanya memiliki selisih. Nilai DO hitung menunjukkan nilai yang lebih bagus dibandingkan dengan nilai DO aktual. Hal ini dikarenakan, banyak faktor yang tidak ikut dihitung dalam persamaan *Streeter-Phelps*, seperti faktor kehilangan oksigen akibat sedimen serta faktor respirasi dan fotosintesis makhluk hidup air yang dianggap tidak banyak berpengaruh (Vandra dkk., 2016). Pada titik 3 hingga titik 9 terjadi penurunan nilai DO, hal ini disebabkan oleh adanya input pencemaran oleh industri yang berada di sekitarnya.

Pada titik 2 dan titik 9 hingga titik 12 terjadi kenaikan nilai DO. Hal ini dikarenakan tidak adanya input dari industri, serta terjadi penambahan nilai DO akibat adanya masukan dari Kali Tengah yang dapat menyebabkan DO pada titik tersebut mengalami kenaikan. Ini membuktikan, bahwa sungai mempunyai kemampuan *self-purification* karena adanya transfer gas dari udara kedalam air (reaerasi) yang dipengaruhi oleh faktor hidraulik sungai sehingga terjadi arus pada sungai dan bergejolaknya permukaan sungai. Namun nilai DO hingga titik terakhir belum mencapai tingkat saturasinya, hal ini dikarenakan masih terdapat masukan pencemaran kedalam sungai.

Berikut ini merupakan hasil penggambaran dari metode GIS antara nilai DO Aktual dan DO Hitung.



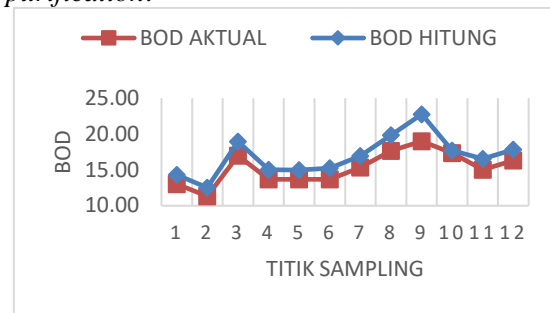
Gambar-4: Hasil GIS Data DO Aktual



Gambar-5: Hasil GIS Data DO Hitung

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai antara DO Aktual dengan DO Hitung. Hal ini dikarenakan, banyak faktor yang tidak ikut dihitung dalam persamaan *Streeter-Phelps*, seperti faktor kehilangan oksigen akibat sedimen serta faktor respirasi dan fotosintesis makhluk hidup air yang dianggap tidak banyak berpengaruh. Namun secara garis besar, baik secara aktual maupun hitung, Gambar-5 menunjukkan

bahwa DO dapat mengalami proses *self-purification*.



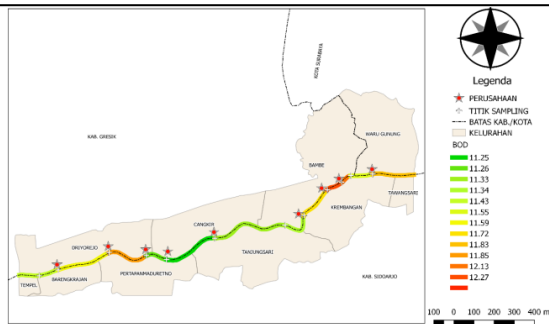
Grafik-2: Perbandingan BOD Hitung dan BOD Aktual

Dapat dilihat bahwa trend BOD hitung sama dengan trend nilai BOD aktual, meskipun diantara keduanya memiliki selisih. Pada titik 3, titik 6, titik 7, titik 8, titik 9, dan titik 12 terjadi kenaikan konsentrasi BOD yang diakibatkan oleh adanya masukan dari industri di sekitar sungai. Hal ini dapat terjadi karena pencampuran BOD dari industri sekitar yang mempunyai konsentrasi BOD tinggi dengan debit sungai yang rendah, sehingga oksigen yang masuk kedalam badan air berkurang.

Pada titik 9 hingga titik 11, nilai BOD mengalami penurunan karena pada segmen tersebut terdapat masukan dari anak sungai (Kali Tengah) yang menyebabkan terjadinya pengenceran. Hal ini membuktikan bahwa sungai mempunyai kemampuan *self-purification* tanpa treatment, dengan syarat transfer oksigen dari atmosfer kedalam badan air yang cukup (Moersidik, 2015).



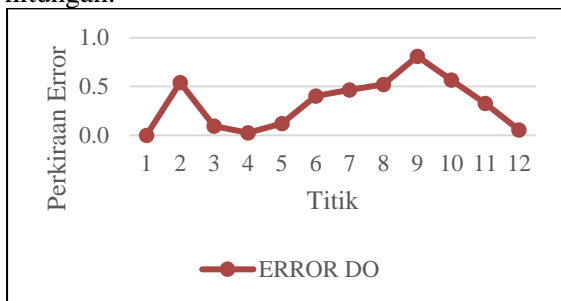
Gambar-6: Hasil GIS Data BOD Aktual



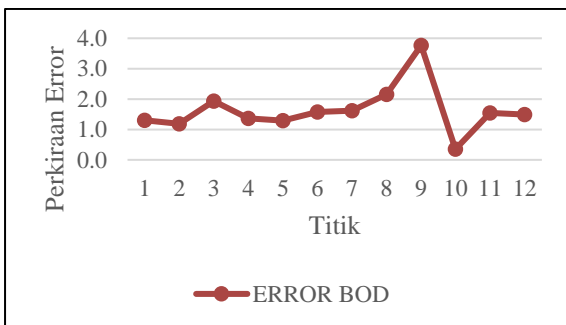
Gambar-7: Hasil GIS Data BOD Hitung

Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai antara BOD Aktual dengan BOD Hitung. Hal ini sering terjadi karena banyak faktor alami didalam sungai yang tidak diperhitungkan dalam perhitungan matematis, seperti pengaruh dari yang bukan masukan bahan pencemar, jenis kandungan organik, dan bakteri pengurai (Vandra dkk., 2016). Naik turunnya nilai BOD di perairan juga dipengaruhi oleh nilai DO, yang berhubungan dengan proses terjadinya *self-purification* pada air sungai.

Pada penelitian ini, dilakukan uji perkiraan kesalahan (*estimated error*) dan uji beda (*t-test*) untuk mengetahui interaksi antara nilai konsentrasi DO dan BOD aktual dengan hitungan.



Grafik-3: Perkiraan Error DO



Grafik-4: Perkiraan Error BOD

Berdasarkan hasil ujiperkiraan kesalahan (*estimated error*) yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai DO antara aktual dengan

hitung, mempunyai nilai perkiraan kesalahan sebesar 0.3. Kemudian nilai BOD antara aktual dengan hitung, mempunyai nilai rata-rata perkiraan kesalahan sebesar 1.6. Perkiraan kesalahan BOD mempunyai hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan DO. Hal ini dikarenakan, mungkin adanya tambahan input lain kedalam sungai yang tidak tergambarakan.

Selain melalui uji perkiraan kesalahan, juga dilakukan uji beda. Uji beda (*t-test*) dilakukan untuk mengetahui apakah antara kedua data memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak. Berdasarkan uji yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai DO dan BOD antara aktual dengan hitung, tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Hal tersebut dikarenakan *P-Value* yang didapatkan sebesar 0.106 dan 0.129 yang berarti lebih dari 5%.

KESIMPULAN

1. Pola distribusi BOD dan DO di Kali Surabaya melalui analisis GIS dapat digambarkan pada peta. Pada peta tersebut, diperoleh bahwa pada titik 9 memiliki nilai BOD yang paling tinggi dan nilai DO pada titik tersebut juga paling rendah. Hal itu dapat dilihat pada analisis regresi yang menunjukkan bahwa parameter BOD sangat dipengaruhi oleh parameter DO. Selain itu juga dipengaruhi oleh input dari perusahaan yang berada di sekitar Kali Surabaya. Berdasarkan penelitian, pada semua titik sampling memiliki nilai BOD yang melebihi baku mutu air kelas II dengan nilai maksimal 3 mg/l.
2. Proses *self-purification* di Kali Surabaya, terjadi pada titik 1 hingga titik 2 dan titik 9 hingga titik 12, hal ini ditandai dengan peningkatan DO di titik tersebut. Selain itu proses *self-purification* dipengaruhi panjang pendeknya jarak, semakin panjang jarak sungai tanpa ada masukan lain ke sungai, akan menyebabkan DO semakin tinggi. Namun berdasarkan fase prosesnya, proses *self-purification* yang terjadi belum sempurna karena belum mencapai fase akhir (zona pemulihan).
3. Setelah dianalisis menggunakan Uji Perkiraan Kesalahan dan Uji *T-test*. Didapatkan bahwa penerapan persamaan *Streeter-Phelps* jika dibandingkan dengan hasil aktualnya didapatkan masing-masing nilai rata-rata kesalahan sebesar 0.3 dan 1.6.

Sedangkan untuk hasil uji beda, didapatkan *P-value* untuk parameter DO dan BOD sebesar 0.106 dan 0.129. Apabila *P-value* > 5%, hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai aktual dan nilai perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, S., & Shofwan, M. (2017). Pemanfaatan Lahan Sempadan Sungai Berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis). *WAKTU*, 15(1), 70-78.
- El-Zeiny, A., & El-Kafrawy, S. (2017). Assessment of water pollution induced by human activities in Burullus Lake using Landsat 8 operational land imager and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20, S49-S56. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.10.002>
- Fatnasari, H., & Hermana, J. (2010). *Strategi Pengelolaan Air Limbah Permukiman di Bantaran Kali Surabaya*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI.
- Hendrasarie, N. (2010). Kemampuan Self-purification Kali Surabaya, Ditinjau Dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 1-11.
- Moersidik, S. (2015). *Load Capacity Study Of Ciliwung Watershed*.
- Pemerintah Indonesia. (2010). Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 61 Tahun 2010 tentang Penetapan Kelas Air dalam Air Sungai. Berita Daerah Provinsi Jawa Timur pada tahun 2010 No.52. Surabaya.
- Pemerintah Indonesia. (2003). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 110 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Kapasitas Beban Polusi Air dalam Sumber Daya Air. Lembaran RI 2003 No.110. Jakarta.
- Ramadhani, E., Anna, A. N., & Cholil, M. (2016). *Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sani, D. A. (2017). *Identifikasi Beban Pencemar Organik Sungai Segmen Karangpilang - Gunungsari dengan Model Streeter Phelps*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya.
- Vandra, B., Sudarno, S., & Nugraha, W. D. (2016). Studi Analisis Kemampuan Self-purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Biological Oxygen Demand (Bod) Dan Dissolved Oxygen (Do)(Studi Kasus: Buangan (Outlet) Industri Tahu Skala Rumahan Kecamatan Lendah Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daer. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1-8.