TINGKAT PENYISIHAN CEMARAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN COAGULANT AID, SEDIMENT POLYPROPYLENE, DAN MANGANESE GREENSAND

Muhammad Al Kholif¹⁾, Teguh Yudha Ma'fuddin¹⁾, dan Sri Widyastuti¹⁾,

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Email Korespondensi : sriwidyastuti@unipasby.ac.id

Abstrak

Air sungai merupakan salah satu sumber air bersih, namun air sungai telah banyak dicemari oleh limbah domestik maupun limbah cair industri, sehingga kualitas air sungai tidak memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan fisika, kimia, dan mikrobiologi. Oleh sebab itu, air sungai harus diberikan perlakuan lebih lanjut agar dapat memenuhi syarat baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar Total Dissolved Solids (TDS) dan Mangan (Mn) menggunakan sistem filtrasi Sediment Polypropylene dan Manganese Greensand dengan penambahan Succolite SP211 sebagai koagulan. Air baku yang digunakan adalah air Kali Surabaya. Variabel penelitian ini adalah debit air baku 1 L/menit, 1,5 L/menit, dan 2 L/menit. Dari hasil penelitian efisiensi penurunan yang paling efektif yaitu debit 1 L/menit, yang mampu menurunkan parameter TDS lebih dari 60% dan parameter Mn lebih dari 85%.

Kata Kunci: *Filtrasi, Succolite SP211, Sediment Polypropylene, Manganese Greensand*

Abstract

River water is one of source of clean water, but river water has been heavily contaminated by a grey water or an industrial waste, so the river water quality does not meet requirements that involve physics, chemical and microbiology. That force, river water should be given more treatment to fulfill the quality standard of clean water according to Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990. This study intend to know the effectivity of the reduction of Total Dissolved Solids (TDS) and Mangan (Mn) by using filtration system Sediment Polypropylene and Manganese Greensand with water addention of Succolite SP211 as a coagulant. Samples used come from Surabaya river. The variables of this study is the raw are water's debit 1 L/min, 1,5 L/min, 2 L/min. Based on the test study the most effective debit is 1 L/min, that can reduce TDS more than 60% and Mn more than 85%.

Keywords: *Filtration, Succolite SP211, Sediment Polypropylene, Manganese Greensand*

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan yang penting bagi makhluk hidup. Manusia, hewan, dan tumbuhan pasti membutuhkan air untuk kelangsungan hidup dan kebutuhan sehari-hari. Untuk menunjang kehidupan manusia saat ini banyak dibutuhkan air bersih, terutama di daerah perkotaan. Sumber air bersih yang banyak terdapat di daerah perkotaan yaitu air sungai. Beberapa daerah di Indonesia, terutama di daerah perkotaan banyak mengandalkan air sungai sebagai bahan baku kebutuhan air bersih. Menurut Purwoto (2017) air sungai juga menjadi bahan baku bagi Perusahaan Air Minum di Indonesia. Ini karena keterkaitan tiga hal yang saling mendukung, yaitu: 1) Jumlah cukup, 2) Kualitasnya lebih baik (dibanding air laut), dan 3) Fluktuasi laju alir relatif memenuhi keberlanjutan produksi. Kandungan lumpur, zat padatan terlarut (TDS), dan tingginya tingkat kekeruhan di air sungai merupakan masalah utama dalam hal pengolahan awal untuk keperluan air bersih. Kondisi air sungai Surabaya (saat dan lokasi tertentu) yaitu pH 6,33-7,51 dan TDS (*Total Dissolved Solids*) 200-1000 NTU, kekeruhan 71-345 NTU, DO (*Dissolve Oxygen*) 4,55-12,42 ppm, BOD (*Biological Oxygen Demand*) 6,241135 - 12,48227 ppm, COD (*Chemical Oxygen Demand*) 20-260 ppm. Kandungan besi (Fe) yaitu berada pada rentang 0,7486-39,2775 ppm sedangkan pada sedimen yaitu 16944,24 - 83096,96 ppm (Putri *et al*, 2015).

Air yang mengandung *Total Dissolved Solids* (TDS) tinggi, sangat tidak baik untuk kesehatan manusia. Mineral dalam air tidak hilang dengan cara direbus. Bila terlalu banyak mineral anorganik di dalam tubuh dan tidak dikeluarkan, maka seiring berjalannya waktu akan mengendap di dalam tubuh yang berakibat tersumbatnya bagian tubuh (Nugroho, 2013). Pada perairan dengan kondisi anaerob akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi, Mn^{4+} pada senyawa

mangan dioksida mengalami reduksi menjadi Mn^{2+} yang bersifat larut. Mn^{2+} berikatan dengan nitrit, sulfat, klorida, dan larut dalam air. Jika perairan kembali mendapat cukup aerasi, Mn^{2+} mengalami reoksidasi membentuk Mn^{4+} yang selanjutnya mengalami presipitasi dan mengendap di dasar perairan (Fahmi, 2012).

Salah satu perlakuan untuk menurunkan kandungan TDS dan Mn adalah dengan menggunakan teknologi berupa pengolahan air dengan *treatment* : *Coagulant Aid*, *Sediment Polypropylene* (SPP), dan *Manganese Greensand*. Koagulan yang dapat digunakan pada instalasi pengolahan air diantaranya adalah Succolite SP 211. Succolite berbentuk cairan, tidak berwarna dan tidak berbau. Succolite mempunyai pH pada suhu 20°C sebesar 11-11,5 selain itu cairan ini mempunyai berat jenis 1,35 gr/cm³. *Sediment Polypropylene* berfungsi untuk menyaring air dari kandungan lumpur, pasir, tanah dan partikel kotoran zat padat terlarut dalam air lainnya sehingga menghasilkan air jernih, bersih bebas dari pencemaran zat padat terlarut dalam air. *Sediment Polypropylene* mempunyai *removal ratings* : 0.2 ,0.45, 1, 5, 10, 20, 50 μm . Dengan suhu maksimum 82 °C, dan rekomendasi tekanannya adalah 35 psig (Nurhayati, 2014a). *Manganese Greensand* merupakan absorben untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air. Dimana reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dalam air dengan oksida mangan tinggi (*Higher Mangan Oxide*) menghasilkan filtrat yang mengandung ferri-oksida dan mangan-oksida yang tidak dapat larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. *removal Mn²⁺* dapat dilakukan dengan adsorpsi oleh Mangan oksida dalam *Manganese Oxide Coated Zeolite* (MOCZ) (Taffarel, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar efisiensi penurunan parameter TDS dan Mn dalam air sungai dengan menggunakan

pengolahan *Coagulant Aid*, *SPP*, dan *Manganese Greensand*. Penelitian terdahulu menggunakan filtrasi *Manganese Greensand* terpadukan resin memiliki efektivitas *removal* kadar Mn sebesar 93,97% (Qaswaini, 2017). Sedangkan efektivitas *removal* kadar TDS menggunakan *treatment* Succolite SP211, *Sediment Polypropylene*, *Manganese Greensand*, resin penukar ion, dan membran *Reverse Osmosis* (RO) yaitu sebesar 90,8% (Nurhayati, 2014a). Purwoto *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa *removal* parameter air bersih menggunakan *treatment* *Sediment PolyPropylene*, *Carbon Block*, *Manganese Zeolite*, *IonExchange*, dan *Reverse Osmosis* (RO) adalah : *Total Disolved Solid* (TDS) 2686ppm, kesadahan total 371.43 mg/L CaCO_3 , klorida 1144 ppm, *Total Coliform* 4 MPN/100mL, Besi 0.18 ppm, Natrium 737.70 ppm, Seng 0.08 ppm, Sulfat 24.56 ppm, senyawa organik 15.03 mg/L KMnO_4 , dan detergen 0.10 mg/L LAS.

Pada pengolahan air sungai menggunakan *treatment* *Coagulant Aid*, pasir silika, *Ferrolite*, *Manganese Greensand*, dan resin sintesis (anion kation) dapat menurunkan parameter air bersih antara lain: Kekeruhan 148,02 Skala NTU, Warna 148 PtCo Unit, Besi 8,74 mg/L Fe, kesadahan total 35,71 mg/L CaCO_3 , Zinc 0,03 mg/L Zn, Bahan Organik 12,79 Mg/L KMnO_4 , deterjen 0,26 mg/L LAS, *Total Coliform* 1,6983 juta Jumlah per 100 mL (MPN) (Purwoto, 2017).

Pada penelitian ini teknologi yang digunakan oleh peneliti diharapkan mampu menurunkan kadar TDS dan Mn pada air sungai secara signifikan. Alasan dipilih Succolite SP211 karena efisiensi pemakaian fasa cair. Dipilihnya *Manganese Greensand* karena biaya cukup murah, bebas dari bahan kimia berbahaya pada efluennya, dan sederhana dalam pengoperasian. Sedangkan *Sediment Polypropylene* dipilih karena praktis, mudah didapat, dan daya filter tinggi (Purwoto, 2016).

METODE

Rancangan penelitian dalam penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel air baku, kemudian dilakukan pengolahan menggunakan *Coagulant Aid* pada tandon air baku. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan pengolahan *Sediment Polypropylene* dan diakhiri dengan menggunakan pengolahan *Manganese Greensand*.

Variable air baku yang diterapkan dalam penelitian yaitu 1 L/menit, 1,5 L/menit, dan 2 L/menit dengan sampel penelitian yang digunakan adalah air Kali Surabaya. Secara lengkap rangkaian alat penelitian disajikan dalam gambar 1 berikut.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Bahan reaktor yang digunakan cartridge filter housing. Fungsi housing filter adalah untuk menempatkan cartridge filter (katrid filter) yang mana dalam proses penyaringan air maka cartridge filter tidak dapat berdiri sendiri sehingga diperlukan housing filter sebagai rumahnya.
- Untuk memudahkan setting dan efisiensi aliran, pipa yang digunakan PVC, dengan setting sambungan *water-mur*.
- Pompa supplay menggunakan *submersible-pump* bahan plastik guna menghindari korosi.
- Succolite SP 211 yang berfungsi mempercepat sedimentasi oleh kinerja koagulasi.
- Sediment Polypropylene* berfungsi sebagai filtrasi suspense, koloid, dan partikel diskrit.
- Manganese Greensand* untuk menghilangkan kandungan Mangan (Mn^{2+}), dan lapisan atas berminyak di dalam air sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferrioksida dan mangandioksida yang tak larut dalam air.

Gambar 1. Rancangan *Treatment* Air Sungai

Keterangan Gambar 1:

- (A) : Penambahan
Coagulant Aid pada
tandon air baku olahan
(B) : *Sediment*
Polypropylene pada
catridge filter dalam
tabung housing filter
(C) : *treatment Manganese*
Greensand pada
catridge filter dalam
tabung housing filter
(D) : *Sediment*
Polypropylene pada
catridge filter dalam
tabung housing filter
(E) : *treatment Manganese*
Greensand pada
catridge filter dalam
tabung housing filter
(P) : *Submersible Pump*

Langkah-langkah dalam penelitian ini
adalah :

- a. Debit yang digunakan dalam
penelitian ini adalah 1 L/menit, 1,5
L/menit, 2 L/menit. Debit yang diatur
dilakukan dengan cara manual yaitu
Trial Error.

- b. Air baku ditampung dalam tandon
air, selanjutnya dilakukan
penambahan Succolite SP211
sebagai *Coagulant Aid*. Penambahan
Succolite SP 211 yaitu sebesar 90
ppm.
c. Kemudian air baku dipompa
menggunakan *submersible-pump*
menuju filtrasi *Sediment*
Polypropylene sebagai catridge pada
housing filter (B), dilanjutkan
treatment Manganese Greensand
pada catridge filter dalam housing
filter (C), berikutnya berturut-turut
treatment Sediment Polypropylene,
treatment Manganese Greensand
yang dirangkai secara seri. Dilakukan
susunan catridge seperti itu
dikarenakan *Sediment Polypropylene*
berfungsi menyaring air dari
kandungan lumpur, pasir, tanah dan
partikel kotoran zat padat terlarut
dalam air.
d. Model aliran dalam penelitian ini
adalah *up-flow*. Lama waktu
pengaliran air baku dalam penelitian
ini adalah 30 menit per sampel.
e. Material yang digunakan untuk
treatment harus dicuci terlebih
dahulu.

- f. Sampel air hasil olahan dianalisis dengan menggunakan metode penelitian air untuk menguji parameter air bersih.
- g. Replikasi dilakukan sebanyak 2 kali. Setiap pengulangan seluruh media yang terdapat pada instalasi diganti dengan media yang baru. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kejenuhan pada media yang dapat menyebabkan turunnya efisiensi penurunan.

Analisis data yang digunakan adalah persen *removal* (% *removal*), yaitu untuk mengetahui seberapa besar penurunan parameter-parameter terkandung dalam air baku. Metode yang digunakan dalam analisis data ini yaitu analisis secara tabel dan grafik kemudian dijelaskan dengan jalan membandingkan antar variasi debit. Data yang diperoleh merupakan data dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya dan Laboratorium Kualitas Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Penurunan Parameter TDS

Total Dissolved Solids (TDS) atau Padatan Terlarut Total adalah bahan-bahan terlarut (diameter $< 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter 10^{-6} mm - 10^{-3} mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μ m (Rao dalam Effendi, 2003). Air dengan TDS tinggi memiliki rasa yang buruk atau tidak enak. Selain itu, perubahan konsentrasi TDS dapat berbahaya karena berhubungan dengan massa jenis air. Massa jenis air menentukan aliran air masuk dan keluar dari sel-sel organisme. Jika konsentrasi terlalu tinggi kejernihan air akan menurun dan menghambat fotosintesis dan memungkinkan terjadi gabungan senyawa beracun dan logam berat akan meningkatkan suhu air (Effendi, 2003). Efisiensi penurunan parameter TDS seperti tersaji pada gambar 2.

Gambar 2. Efisiensi Penurunan Kadar TDS

Dari gambar 2 (Grafik Efisiensi Penurunan kadar TDS) dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan kadar TDS paling tinggi dihasilkan dari debit 1

L/menit yaitu pada replikasi IV yang mampu menurunkan kadar TDS sebesar 64%. Kadar TDS air baku sebelum *treatment* yaitu 1400 mg/L. Setelah

mengalami *treatment* menjadi 500 mg/L. Sedangkan efisiensi penurunan kadar TDS paling rendah dihasilkan dari debit 2 L/menit yaitu pada replikasi IV yang mampu menurunkan kadar TDS sebesar 21%. Kadar TDS awal yaitu 1400 mg/L, setelah mengalami *treatment* menjadi 1100 mg/L.

Dapat dikatakan bahwa semakin tinggi debit aliran, semakin rendah penurunannya. Namun ini tidak berlaku pada kadar TDS yang rendah, tidak ada perbedaan yang signifikan antar debit pada penurunan kadar TDS. Debit yang paling efektif dalam menurunkan kadar TDS yaitu debit 1 L/menit yang mencapai 64%. Dapat dikatakan bahwa pada kadar TDS yang rendah tidak ada pengaruh debit, sedangkan pada kadar TDS yang tinggi terjadi pengaruh debit.

Removal parameter air bersih oleh perpaduan *treatment Coagulant Aid*, filtrasi *Sediment Polypropylene* (SPP), *Manganese Greensand*, dilanjutkan dengan *Ion Exchanger*, dan membran RO memenuhi persyaratan air bersih yang mampu menurunkan kandungan TDS sebesar 82% (Nurhayati, 2014b). Hasil yang didapatkan tidak sebesar pada penelitian sebelumnya, hal ini dikarenakan tidak adanya pengolahan

menggunakan *Ion Exchange*, dan *Reverse Osmosis* (RO). Penyisihan kadar TDS lebih maksimal karena adanya *treatment* menggunakan *Reverse Osmosis*. *Reverse Osmosis* memiliki membran semi permeabel yang dapat menyisihkan kadar TDS yang tidak dapat dihilangkan pada *treatment* sebelumnya. Meskipun hasil yang didapat tidak sebesar pada penelitian sebelumnya, tetapi sudah dapat memenuhi persyaratan baku mutu untuk TDS yang ditetapkan Permenkes Nomor 416 Tahun 1990.

Efisiensi Penurunan Parameter Mn

Mn merupakan unsur logam golongan VII. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. dalam senyawa $MnCO_3$, $Mn(OH)_2$ mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam $MnCl_2$, $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar di dalam air. Mn dalam air dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak sedap (Said, 2011). Efisiensi penurunan Mn seperti tersaji pada gambar 3.

Gambar 3. Efisiensi Penurunan Kadar Mn

Dari gambar 3 (Grafik Efisiensi Penurunan Kadar Mn) di atas dapat dilihat bahwa penurunan kadar Mn paling tinggi dihasilkan dari debit 1 L/menit yaitu pada replikasi III yang mampu menurunkan kadar Mn sebesar 92%, Kadar Mn sebelum *treatment* yaitu 1,65 mg/L. Setelah mengalami *treatment* menjadi 0,13 mg/L.

Sedangkan penurunan kadar Mn paling rendah dihasilkan dari debit 2 L/menit yaitu pada replikasi I yang tidak dapat menurunkan kadar Mn. Artinya kadar Mn sebelum dan sesudah *treatment* kadarnya sama. Hasil yang tidak stabil dari penurunan kadar Mn dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yaitu pada replikasi I dan II sempat terjadi penyumbatan pada saat proses *treatment* yang mempengaruhi kinerja filter dan media penyaring, sehingga media tidak dapat bekerja dengan optimal. Debit yang paling efektif dalam menurunkan kadar Mn yaitu debit 1 L/menit yang mencapai 92%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi debit aliran, semakin rendah penurunannya.

Efisiensi penurunan kadar Mn menggunakan media *Manganese Greensand* terpadukan resin penukar ion adalah 99% (Rahmawati, 2016). Hasil yang didapatkan tidak sebesar pada penelitian sebelumnya, hal ini dikarenakan tidak ada pengolahan lebih lanjut menggunakan resin penukar ion. Proses pertukaran ion melibatkan reaksi kimia antara ion dalam fasa cair dengan ion dalam fasa padat. Ion-ion tertentu dalam larutan lebih mudah terserap oleh solid penukar ion, dan karena elektronetralitas harus dijaga, solid penukar melepas ion dan dipertukarkan ion dalam larutan. Dalam proses demineralisasi, maka sebagai contoh: kation Na^+ dan anion Cl^- disisihkan dari air dan solid resin melepas ion H^+ untuk ditukar dengan ion Na^+ , serta OH^- ditukar dengan Cl^- dari air sehingga kandungan Na^+ dan Cl^- dalam air menjadi berkurang atau hilang (Lee,

2005). Meskipun hasil yang didapat tidak sebesar pada penelitian sebelumnya, tetapi sudah dapat memenuhi persyaratan baku mutu untuk TDS yang ditetapkan Permenkes Nomor 416 Tahun 1990. Mengacu pada temuan Rachmah, N dan Purwoto, S (2014) filter zeolit alam Manganese Green Sand dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan, dimana reaktor yang digunakan memiliki ukuran tinggi 100 cm, kedalaman media 60 cm, diameter zeolit alam mess 16-7, diameter manganese green sand mess 30-12 dan diameter zeolit teraktivasi dengan pemanasan mess 16-7 diperoleh penurunan kandungan Mn rata-rata sebesar 0,099 mg/L dari 2,53 mg/L. terdapat perbedaan kemampuan removal Mn dengan penelitian tersebut karena adanya perbedaan perlakuan.

KESIMPULAN

Efisiensi penurunan TDS dan Mn yang paling efektif yaitu terjadi pada debit 1 L/menit. Hal ini dikarenakan semakin kecil debit aliran, maka semakin lama waktu kontak antara air baku dengan media, sehingga semakin besar efektivitas penurunannya. Debit 1 L/menit mampu menurunkan parameter TDS hingga 64% dan parameter Mn hingga 92%. Kadar TDS air baku sebelum *treatment* yaitu 1400 mg/L, setelah mengalami *treatment* menjadi 500 mg/L. Sedangkan kadar Mn sebelum *treatment* yaitu 1,65 mg/L, setelah mengalami *treatment* menjadi 0,13 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Setyo Purwoto yang telah banyak membantu dalam penelitian dan memfasilitasi dalam penggunaan alat pengolahan air baku serta kepala laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana (UNIPA) Surabaya atas fasilitas yang sudah disediakan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H.(2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fahmi, A. N., 2012. "Pengaruh Variasi Debit Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi Besi dan Mangan pada Air Sumur Gali dengan Menggunakan Teknik Saringan Pasir Aktif." *Program Studi S-1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga*.
- Indonesia, Permenkes. (1990). Persyaratan Air Bersih, Nomor: 416/Menkes/Per/IX/199.
- Lee, C.C., Lin, S.D., (2005). *Handbook of Environmental Engineering*. McGraw-Hill Publishing, Tokyo.
- Nugroho, W., Purwoto, S. (2013). "Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif." *Jurnal Teknik WAKTU* Volume 11 Nomor 01 – Januari 2013 – ISSN: 1412-1867.
- Nurhayati, I., Purwoto, S. (2014a). "Pengolahan Air Payau Berbasis Kimiawi melalui Tekno Membran Reverse Osmosis (RO) Terpadukan dengan Koagulan dan Penukaran Ion." *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, ISBN: 978-602-0951-00-3.
- Nurhayati, I., Purwoto, S. (2014b). "The Combination of Coagulant Aid, Ion Exchanger, and Reverse Osmosis (RO) on Brackish Water Treatment." *Journal of Natural Sciences Research*, ISSN 2224-3186 (Paper); ISSN 2225-0921 (Online) 4(24): 26-30.
- Purwoto, S., Purwanto, T., & Hakim, L. (2016). "Penjernihan Air Sungai Dengan Perlakuan Koagulasi, Filtrasi, Absorpsi dan Pertukaran Ion." *WAKTU*, 13(2), 45-53.
- Purwoto, S., Sopandi, T., Kusuma, P.S.W., & Nurcahyanie, Y.D. (2014), "Removal Parameters of Clean Water using Treatment; Sediment PolyPropylene, CarbonBlock, Manganese Zeolite, Ion Exchange, and Reverse Osmosis(RO)." *Journal of Environment and Earth Science* 4(23),72- 77
- Purwoto, S., Sutrisno, J. (2017), "Decreasing of Multiple Clean Water Parameters in River Water Treatment" *Journal of Civil and Environmental Research* 9(7), 1-6.
- Putri, A. D. N., Utomo, Y., & Kusumaningrum, I. K. (2013). "Analisis Kandungan Besi Di Badan Air Dan Sedimen Sungai Surabaya." *Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Malang. Malang*.
- Qaswaini, A. (2017). "Penurunan Kadar Mangan (Mn) dalam air menggunakan Manganese Greensand dan Zeolit Terpadukan Resin." *Tugas Akhir Sarjana Universitas Hasanuddin, Makassar*.
- Rachmah, N dan Purwoto, S. (2014). "Efektifitas Penurunan Mn dan Total Coliform pada Air Sumur Gali Berbasis Zeolit". *Jurnal WAKTU* 12 (01) Halaman 1-7
- Rahmawati, N., Sugito, S. (2016). "Reduksi Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Menggunakan Media Filtrasi Manganese Greensand dan Zeolit Terpadukan Resin." *WAKTU*, 13(2), 63-71.
- Said, N. I. (2011). "Metoda Penghilangan Zat Besi dan Mangan di dalam Penyediaan Air Minum Domestik." *Jurnal Air Indonesia*, 1(3).
- Taffarel, S. R., Rubio, J. (2010). "Removal of Mn^{2+} from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite." *Minerals Engineering* 23(14): 1131-1138.