

TREATMENT COAGULANT AID DAN FILTRASI MANGANESE GREENSAND DALAM MENURUNKAN KADAR MANGAN DAN KLORIDA

Rosy Rosfianto¹⁾, dan Setyo Purwoto¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
email: rossyariant22@gmail.com

Abstrak

Di daerah Kalanganyar banyak warga yang menggunakan air sumur gali yang terkontaminasi air asin sehingga menjadi air payau. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui Efektifitas Pemakaian kadar ppm Sucolite dipadukan dengan ketinggian media Manganese Greensand, Ferrolite, Karbon Aktif dan Resin Kation Anion dalam Menurunkan kadar Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻) pada Air Sumur Gali Didesa Kalanganyar. Salah satu alternatif pengolahan air payau yakni menggunakan perpaduan koagulasi menggunakan koagulan Sucolite dan filtrasi dengan media Ferrolite, Manganese Greensand, Karbon Aktif dan Resin Kation Anion. Menggunakan variasi Kadar ppm Sucolite Sp 211 (30, 50, dan 70 ppm) dan Ketinggian Manganese Greensand (30 cm dan 60 cm). Treatment perpaduan kadar ppm Sucolite dan ketinggian media filtrasi manganese greensand dapat menurunkan kadar logam Mangan (Mn) hingga <0,0294 mg/L, Klorida (Cl⁻) hingga 350,10 mg/L. secara signifikan penurunan paling optimal yaitu pada kadar Sucolite 50 ppm dan ketinggian media manganese greensand 30 cm.

Kata Kunci: Air Tanah, Filtrasi, Koagulasi

Abstract

In the Kalanganyar area many people use dug well water contaminated with salt water so that it becomes brackish water. The purpose of this research is to find of effectiveness of using ppm levels of Sucolite is combined with the height of the media Manganese Greensand, Ferrolite, Activated Carbon and Cation Anion Resins in Reducing Iron (Fe), Manganese (Mn) and Chloride (Cl⁻) in Wells Water In Kalanganyar. One alternative is brackish water treatment using a combination of coagulation using Sucolite and filtration with Ferrolite, Manganese Greensand, Activated Carbon and Cation Anion media. Using variations in levels of ppm Sucolite Sp 211 (30, 50 and 70 ppm) and Altitude of Manganese Greensand (30 cm and 60 cm). Treatment of a combination of Sucolite ppm levels and the height of the manganese greensand filtration media can reduce the metal content of Manganese (Mn) to <0.0294 mg / L, Chloride (Cl⁻) to 350.10 mg / L. the most optimal decrease was at the level of Sucolite 50 ppm and the height of the media manganese greensand was 30 cm.

Keyword: Groundwater, Filtration, Coagulation

PENDAHULUAN

Pengertian air bersih untuk keperluan Higiene Sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum, air baku permukaan, air tanah dan air laut.

Pada umumnya air tanah mempunyai kualitas yang cukup baik, dan apabila dilakukan pengambilan yang baik dan bebas dari pengotoran dapat dipergunakan langsung. Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi. Air bawah permukaan tersebut bisa dikenal dengan air tanah (Asdak, 2002).

Teknologi yang digunakan dalam menurunkan konsentration Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻) yaitu menggunakan teknologi koagulasi dan filtrasi. Berdasarkan penelitian pendahuluan nilai kadar mangan sebesar 1,24 mg/L, dan untuk Klorida adalah sebesar 1439 mg/L. Sedangkan nilai ambang batas yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 untuk keperluan hygiene sanitasi yaitu kadar Logam Mangan 0,5 mg/L, dan kadar Klorida 600 mg/L.

Nurhayati. (2006), menjelaskan pada penelitiannya yang berjudul "Desalinasi Air Payau Dengan Membran Reverse Osmosi (RO) Tekanan Rendah" bahwa sampel air yang terdapat pada pesisir Sidoarjo Jawa timur Indonesia menunjukkan kadar klorida 8580 mg/L.

Salah satu temuan dalam hal penurunan parameter air bersih yang dilakukan dengan menggunakan treatment Coagulant Aid, Pasir Silika, Ferrolite, Manganese Greensand, Resin Sintetis (kation anion), dan membrane RO diperoleh hasil penurunan parameter air bersih klorida 292,878 mg/L, Mangan 1,235 mg/L (Purwoto *et al.*, 2018).

Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui Efektifitas Pemakaian kadar ppm Sucolite dipadukan dengan ketinggian media *Manganese Greensand*, Ferrolite, Karbon Aktif dan Resin Kation Anion dalam Menurunkan kadar Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻) pada Air Sumur Gali Didesa Kalanganyar. Sucolite dalam penelitian ini berperan dalam pengikatan partikel-partikel halus yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga bisa diendapkan dengan jalan menambahkan bahan koagulasi (dalam penelitian ini menggunakan sucolite dengan variasi 30 ppm, 50 ppm dan 70 ppm).

Manganese Greensand adalah pasir khusus yang dilapisi dengan bahan katalis. *Manganese Greensand* merupakan absorben untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air. Dimana reaksi dari Fe²⁺ dan Mn²⁺ 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 adsorbs oleh Mangan oksida dalam manganese oxide coated zeolite (MOCZ) (Taffarel, 2010). Dalam penelitian ini *Manganese Greensand* dimasukkan dalam pipa berdiameter 4 inchi dengan ketinggian 11,8 inchi dan 23,6 inchi sebagai media filtrasi.

Fungsi *Ferrolite* dalam penelitian ini adalah untuk menghilangkan kandungan Mangan (Mn²⁺), dan warna kuning di air tanah (Purwoto, S., 2016) Resin merupakan suatu polimer yang terbuat dari *polystyrene* dengan divinil benzene sebagai *cross link*. Resin dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Resin Kation

Melepas ion positif pada resin (misalnya H⁺ atau Na⁺) untuk ditukar dengan kandungan unsur kation pada air.

2. Resin Anion

Melepas ion negatif pada resin (misalnya OH⁻ atau Cl⁻) untuk ditukar

dengan kandungan unsur anion pada air. Purwoto, S. (2009) menyimpulkan bahwa desalinasi air payau dapat dilakukan secara ion exchange dengan treatment pasangan resin sintetis kation dan anion baik terpisah maupun secara campuran keduanya. Penggunaan Sedimen Poly Propilena (SPP) sebagai penyaring air dari kandungan lumpur, pasir, tanah dan partikel kotoran zat padat terlarut 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 $^{\circ}\text{C}$, dan rekomendasi tekananya adalah 35 psig (Nurhayati, 2014).

Untuk meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat mengenai kebutuhan air bersih tersebut, maka perlu disesuaikan teknologi yang sesuai dengan tingkat penguasaan teknologi dalam masyarakat itu sendiri. Salah satu alternative yakni dengan menggunakan teknologi Pengolahan air sederhana berbasis treatment Coagulantaid, Ferrolite, *Manganese Greensand*, karbon Aktif dan Resin kation Anion.

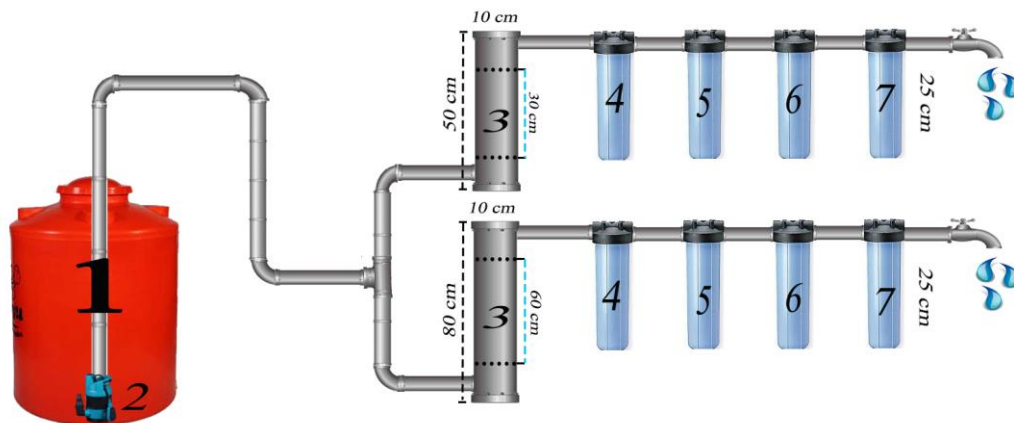
Mengacu pada penelitian (Nurhayati, 2014), penurunan parameter sesuai dengan kebutuhan air bersih oleh pengaruh techno membran RO dikombinasikan dengan bantuan koagulan dan penukar ion tercapai pada parameter; klorida, kekeruhan, warna, besi, total dissolved solid (TDS), total kekerasan, Bahan Organik, Fluorida, Nitrat, Nitrit, Seng, Sulfat, dan Deterjen

METODE

Rancangan pada penelitian ini diawali dengan pengambilan air baku, kemudian dilakukan pengolahan menggunakan Koagulan Sucolite SP 211 kemudian dilanjutkan dengan filtrasi *Manganese Greensand* selanjutnya dialirkan menuju 4 housing filter yang sudah diberi media yang berdeda yaitu, Ferrolite, Resin kation, Resin Anion dan Karbon Aktif. Populasi penelitian ini adalah Air sumur gali rumah warga di RT 21 RW 05 Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati Sidoarjo. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa teknik lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Alat dan bahan yang digunakan:

- a) Bahan reaktor yang digunakan cartridge filter housing. Fungsi housing filter adalah untuk menempatkan cartridge filter (katrid filter)
- b) Untuk memudahkan setting dan efisiensi aliran, pipa yang digunakan PVC
- c) Pompa supplay menggunakan *submersible-pump*
- d) Succolite SP 211
- e) *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 Instalasi Pengolahan

Keterangan :

1. Bak Koagulasi
2. Pompa
3. Treatment dengan media Manganese Greensand
4. Housing filter dengan media Ferrolite
5. Housing filter dengan media resin anion
6. Housing filter dengan media resin Kation
7. Housing filter dengan media resin karbon aktif

Prosedur Penelitian

- a. Memastikan semua perpipaan telah terpasang dengan baik
- b. Sampel Air Tanah yang berwadah Jurigen ditampung ditandon air baku
- c. Dalam tandon dicampurkannya air baku dengan koagulan sucolite Sp 211 dengan variasi ppm yang sudah ditentukan.
- d. Mengalirkan air menuju reactor yang berisi manganese greensand dengan ketinggian media yang sudah ditentukan
- e. Sampel melewati reactor manganese greensand
- f. Sampel melewati empat housing filter dengan media yang berbeda, yang pertama housing filter dengan media Ferrolite, kedua dengan media resin anion, ketiga dengan media resin kation dan yang terakhir dengan media karbon aktif.
- g. Sampel siap disampling pada pengambilan sampel *effluent* dari masing masing variasi treatmen yang

sudah ditentukan. Kemudian dilakukan pengulangan sebanyak 1 hari 2 kali pengambilan selama 5 hari berturut turut.

- h. Memberi label pada masing-masing sampel
- i. Sampel hasil treatment akan diuji dilaboratorium untuk mengetahui epektifitas removal logam Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻).

Coagulant Aid yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sucolite SP 211 berupa cairan tidak berwarna dan tidak berbau. Filtrasi menggunakan media Manganese Greensand dan dimasukkan kedalam tabung filter yang terbuat dari PVC 4" yang telah divariasikan dengan ketinggian 30cm dan 60cm. Sedangkan perlakuan Ferrolite, resin anion dan kation dan Carbon Block dilakukan dalam housing filter.

Definisi Operasional Variabel

- a. Pada penelitian ini penurunan kadar Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻) dilakukan dengan metode perpaduan koagulasi dan filtrasi.
- b. Sucolite SP 211
Sucolite dalam penelitian ini berperan dalam pengikatan partikel-partikel halus yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga bisa diendapkan dengan jalan menambahkan bahan koagulasi (dalam penelitian ini menggunakan

sucolite dengan variasi 30 ppm, 50 ppm dan 70 ppm).

c. *Manganese Greensand*

Manganese Greensand adalah pasir khusus yang dilapisi dengan bahan katalis. *Manganese Greensand* merupakan absorben untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air. Dimana reaksi dari Fe²⁺ dan Mn²⁺ 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. Dalam penelitian ini *Manganese Greensand* dimasukkan dalam pipa berdiameter 4 inchi dengan ketinggian 11,8 inchi dan 23,6 inchi sebagai media filtrasi.

d. Ferrolite

Fungsi *Ferrolite* dalam penelitian ini adalah untuk menghilangkan kandungan besi tingkat tinggi (Fe), bau besi yang menyengat Mangan (Mn²⁺), dan warna kuning di air tanah (Purwoto, S., 2016)

e. Resin

Resin merupakan suatu polimer yang terbuat dari *polystyrene* dengan divinil benzene sebagai *cross link*. Resin dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Resin Kation

Melepas ion positif pada resin (misalnya H⁺ atau Na⁺) untuk ditukar dengan kandungan unsur kation pada air.

2. Resin Anion

Melepas ion negatif pada resin (misalnya OH⁻ atau Cl⁻) untuk ditukar dengan kandungan unsur anion pada air.

Dalam penelitian ini resin difungsikan untuk menurunkan kadar salinitas yang terkandung dalam air sumur desa Kalanganyar.

f. Karbon Aktif

Permukaan karbon aktif bersifat nonpolar sehingga lebih mudah melakukan penyerapan warna, bau, dan mengurangi jumlah peroksida sehingga memperbaiki mutu minyak (Utari, W.). Dalam penelitian ini karbon aktif berfungsi untuk mengurangi kadar warna.

Metode Analisa Data

Data yang terkumpul dalam penelitian ini dipilah berdasarkan kategorinya, kemudian akan diolah dalam bentuk tabulasi. Perhitungan efektivitas removal kadar logam Mangan (Mn) dan Klorida (Cl⁻) di hitung menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\%R = \left\{ 1 - \frac{C_p}{C_f} \right\} \times 100$$

% R = Efektivitas Removal (%)

C_p = konsentrasi outlet atau setelah treatment (mg/L)

C_f = konsentrasi inlet atau sebelum treatment (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel air baku setelah dilakukan treatment Sucolite SP 211 sebagai Coagulant Aid pada tanki koagulan, kemudian treatment filtrasi menggunakan Manganese Greensand pada pipa PVC. Selanjutnya berturut turut treatment; Ferrolite, Resin anion kation dan Carbon Block pada housing filter diperoleh

data sebagaimana disajikan sebagai berikut.

a. Hasil Uji Mn Sebelum dan Setelah Treatment

Mn merupakan unsur logam golongan VII. Mn dalam air dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak sedap (Said, 2011). Tabel analisis data konsentrasi Mn akan disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Laboratorium Parameter Mn

Hari Ke-	Reaktor ke-					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Inlet	0,524	0,524	1,03	1,03	1,137	1,137
1	0,0532	0,0432	0,0905	0,065	0,0294	0,0802
2	0,0294	0,0297	0,058	0,0435	0,0372	0,0452
3	0,0294	0,0294	0,0695	0,0845	0,2575	0,217
4	0,0294	0,0294	0,0262	0,0435	0,3655	0,2995
5	0,0294	0,0294	0,0294	0,0865	0,331	0,269

(Sumber : Hasil Analisis di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya, 2019.)

Keterangan:*) dalam satuan mg/L.

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa penurunan kadar Mn paling tinggi dihasilkan dari Reaktor 3 yang mampu menurunkan kadar Mn rata rata sebesar 94%, penurunan tertinggi yaitu pada hari ke 4 dengan kadar Mn sebelum *treatment* yaitu 1.03 mg/L. Setelah mengalami *treatment* menjadi 0,0262 mg/L. Sedangkan penurunan kadar Mn paling rendah dihasilkan dari Reaktor 5 yang mampu menurunkan kadar Mn rata rata sebesar 82%, penurunan terendah yaitu pada hari ke 4 dengan kadar Mn sebelum *treatment* yaitu 1.137 mg/L. Setelah mengalami *treatment* menjadi 0,2995 mg/L. hasil yang didapatkan mengalami fluktuatif, hal itu disebabkan banyak hal, salah satunya gangguan aliran pada reactor seperti kebocoran pada instalasi.

Perbandingan data menurut penelitian Al Kholif (2018). Menyatakan bahwa *treatment* menggunakan *Coagulant Aid, Sediment Polypropylene, dan Manganese Greensand* mampu menurunkan kadar Mn sebesar 1,52 mg/L. Sedangkan pada penelitian Rahmawati (2015)

menyatakan bahwa media filtrasi *manganese greensand* dan zeolit mampu menurunkan kadar Mn hingga 0,049 mg/L. Mengacu pada temuan Rachmah, N dan Purwoto, S (2014) filter zeolit alam Manganese Green Sand dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan, 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. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa filtrasi *Manganese Greensand* mampu menurunkan kadar Mn dengan baik tanpa mengalami kejenuhan dalam *treatmentnya*.

b. Hasil Uji Cl⁻ Sebelum dan Setelah Treatment

Dalam penelitian yang telah dilakukan selama 5 hari, konsentrasi Cl⁻ pada air tanah Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo mengalami fluktuasi disetiap *treatmentnya*. analisis data konsentrasi Cl⁻ akan disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Analisis Data Konsentrasi Cl⁻ Hasil Penelitian

Hari Ke-	Reaktor ke-					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Inlet	642,11	642,11	2659,93	2659,93	2257,43	2257,43
1	1252,67	1107,91	350,10	392,02	1452,2	1639,36
2	1245,24	1247,19	1017,03	1208,11	1425,08	1513,84
3	1258,23	1208,13	1432,48	1463,31	1358,52	1380,69
4	1228,54	1260,09	1393,03	1430,02	1439,88	1417,69
5	1217,41	1184	1395,5	1391,8	1388,10	1400,43

(Sumber : Hasil Analisis di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya, 2019)

Keterangan:*) dalam satuan mg/L

Pada Tabel 3 hasil analisis data konsentrasi untuk parameter Cl^- . Dari tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa penurunan kadar Cl^- paling tinggi dihasilkan dari Reaktor 3 yang mampu menurunkan kadar Cl^- rata rata sebesar 58%, penurunan tertinggi yaitu pada hari ke 4 dengan kadar Mn sebelum *treatment* yaitu 2659,93 mg/L. Setelah mengalami *treatment* menjadi 350,10 mg/L. Sedangkan penurunan kadar Cl^- paling rendah dihasilkan dari Reaktor 1 dan 2 yang tidak mampu menurunkan kadar Cl^- , dapat dilihat dengan adanya kenaikan kadar Cl^- setelah dilakukannya pengolahan, hal ini dikarenakan pada kadar rendah *treatment* tidak bisa meremoval kadar Cl^- dengan baik.

Perbandingan data menurut Apriani (n.d) penurunan kadar klorida menggunakan resin penukar ion mampu menurunkan hingga 22,49 mg/L dalam penelitian ini penurunan Cl^- lebih baik dibandingkan dengan menggunakan Coagulant aid dan filtrasi manganese greensand hal ini dikarenakan media resin mampu menurunkan kadar Cl^- berbeda dengan media *manganese greensand* yang kurang mampu meremovakadar Cl^- . Pada penelitian oleh (Nurhayati, I., & Purwoto, S. 2014) yaitu menggunakan perpaduan *treatment Coagulant Aid*, filtrasi *Sediment Polypropylene* (SPP), *Manganese Greensand*, dilanjutkan dengan *Ion*

Exchanger, dan membran RO yang mampu menurunkan kadar Cl^- 884 mg/L sebelum *treatment* hingga 88 mg/L setelah *treatment*. Dalam penelitian sebelumnya mampu menurunkan kadar Cl^- dengan baik dikarenakan dilakukannya pengolahan lanjutan menggunakan *Reverse Osmosis* (RO). Penyisihan kadar Cl^- lebih maksimal karena adanya *treatment* menggunakan *Reverse Osmosis*. *Reverse Osmosis* memiliki membran semi permeabel yang dapat menyisihkan kadar Cl^- yang tidak dapat dihilangkan pada *treatment* sebelumnya

KESIMPULAN

Penggunaan Coagulant Aid dan Filtrasi *Manganese Greensand* pada air payau dapat menurunkan kadar Mangan (Mn) hingga 0,294 mg/L (95%). Sedangkan Klorida (Cl^-) hingga 350,10 mg/L (58%) pada ketebalan media filtrasi *Manganese Greensand* 30 cm dimana sucolite sebagai coagulant aid yang digunakan berkadar 50 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam penelitian dan memfasilitasi dalam penggunaan alat pengolahan air maupun biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Ma'fuddin, Y, T., Widyastuti, S. (2018). "Tingkat Penyisihan Cemar Air Sungai Menggunakan *Coagulant Aid*, *Sediment Polypropylene*, dan *Manganese Greensand*." *Jurnal Teknik WAKTU*- ISSN: 1412-1867, **16**(1), 1-8.
- Apriani, S, R. dan Wesen, P. (n.d). "Penurunan Salinitas Air Payau Dengan Menggunakan Resin Penukar Ion". Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Asdak, C. (2002). "Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai", Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nurhayati, Indah. (2006). "Desalinasi Air Payau Dengan Membran Reverse Osmosis (RO) Tekanan Rendah." *Environmental Engineering RTL Copyright @2005*, by ITS Library.
- Nurhayati, I., Purwoto, S. (2014). "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, 169-177.
- Nurhayati, I., & Purwoto, S. (2014), "The Combination of Coagulant Aid, Ion Exchanger, and Reverse Osmosis (RO) on Brackish Water Treatment" *Journal of Natural Sciences Research* **4**(24), 26-30.

- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum: Permenkes RI No.32 Tahun 2017.
- Purwoto, S. (2009), Desalinasi Air Payau Secara Ion Exchange dengan Treatment Resin Sintetis” Jurnal Teknik *WAKTU* 7(01), 52-59.
- Purwoto, S., Sutrisno, J., (2016), “Pengolahan Air Tanah Berbasis Treatment *Ferrolite*, *Manganese Zeolite*, dan *Ion Exchange*” Jurnal Teknik *WAKTU*– ISSN: 1412-1867; 14(2), 21-31.
- Purwoto, S., Rusdiyantoro., Sembodo. P. B. (2018). “Using Coagulant Aid, Poly Polypropylene Sediment, Ferrolite, Manganese Greensand, Cation Resin, and Anion Resin in Modified Water Treatment”. *Civil and Environmental Research*, ISSN-2225-0514; 10(06), 1-5.
- Qasim, Syed, R. (2000). “*Water Works Engineering Planning, Design, and Operation*”. Texas: Chiang, Patel & Yerby Inc.
- Rachmah, N., dan Purwoto, S. (2014). “Efektifitas Penurunan Mn dan Total Coliform Pada Air Sumur Gali Berbasis Zeolit.” Jurnal Tekni *WAKTU*-ISSN: 1412-1867 12(01), 1-7.
- Rahmawati, N., dan Sugito. (2015). “Reduksi Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Menggunakan Media Filtrasi *Manganese Greensand* dan Zeolit Terpadukan Resin”. Jurnal Teknik *WAKTU*- ISSN: 1412-1867; 13(2), 63-71.
- Taffarel, S. R., Rubio, J., (2010), "Removal of Mn^{2+} from aqueous solution by manganese oxide coated zeolite." *Minerals Engineering* 23(14): 1131-1138.
- Utari, W. (n.d). “Efektifitas Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Bilangan Peroksidasi dan Penjernihan Warna Pada Minyak Goreng Bekas.”