

## PENJERNIHAN AIR BAKU KALI LAMONG MENGGUNAKAN METODE FILTRASI UP- FLOW (KALI LAMONG RAW WATER CLEANING USING UP-FLOW FILTRATION METHOD)

Mega Cahya Norma Istimewa<sup>1)</sup>, Sudiro<sup>2)</sup> dan Evy Hendriarianti<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jalan Bendungan Sigura-Gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

Email: [megacahyanormaistimewa@gmail.com](mailto:megacahyanormaistimewa@gmail.com)

**ABSTRAK :** Kali Lamong merupakan sumber air permukaan terdekat di Desa Simongagrok. Dari segi parameter fisik, kualitas air baku Kali Lamong perlu ditingkatkan. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan kriteria desain pengolahan air bersih Kali Lamong menggunakan metode filtrasi up-flow.. Metode pengolahan filtrasi ini menggunakan arah aliran up-flow. Reaktor yang digunakan terdiri dari 3 jenis yang masing-masing memiliki variasi tinggi komposisi media yang berbeda. Reaktor 1 terdiri dari kerikil 30 cm, zeolit 10 cm, dan pasir silika 20 cm. Reaktor 2 terdiri dari kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm. Sedangkan reaktor 3 terdiri dari kerikil 20 cm, zeolit 30 cm serta pasir silika 10 cm. Rate filtrasi yang digunakan yaitu rate filtrasi 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 77,3% terdapat pada reaktor 2 dengan rate filtrasi 0,1 m/jam. Sedangkan persentase penurunan TDS tertinggi sebesar 20,2% terdapat pada reaktor 3 dengan rate filtrasi 0,3 m/jam. Kriteria desain yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu rate filtrasi  $0,1 \text{ m}^3/\text{jam.m}^2$ , tinggi media 60 cm, susunan media terdiri atas kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm.

**Kata kunci:** Filtrasi up-flow, Kekeruhan, Kriteria Desain, Rate filtrasi, TDS

**ABSTRACT :** Kali Lamong is the nearest source of surface water in Simongagrok Village. In terms of physical parameters, the quality of raw water for Kali Lamong needs to be improved. This study aims to formulate the water treatment design criteria of Kali Lamong using the up-flow filtration method. This filtration treatment method uses the up-flow flow of it direction. Filtration reactor consists of 3 types, each of reactor had a different height variation in media composition. First reactor consists of 30 cm gravel, 10 cm zeolite, and 20 cm silica sand. Second reactor consists of 10 cm gravel, 20 cm zeolite and 30 cm silica sand. And, the last reactor consists of 20 cm of gravel, 30 cm of zeolite and 10 cm of silica sand. The filtration rates used are 0.1 m / hour and 0.3 m / hour. The results of the study showed that the highest percentage reduction in turbidity of 77.3% was found in second reactor with a filtration rate of 0.1 m / hour. While the highest percentage reduction in TDS of 20.2% was found in the third reactor with a filtration rate of 0.3 m / hour. The design criteria obtained in this study are a filtration rate of  $0.1 \text{ m}^3 / \text{hour.m}^2$ , media height of 60 cm, the composition of the media consists of 10 cm of gravel, 20 cm of zeolite and 30 cm of silica sand.

**Keywords :** Up-flow filtration, Filtration rate, Turbidity, TDS, Design Criteria

## PENDAHULUAN

Musim kemarau yang panjang di Indonesia menyebabkan beberapa wilayah di Indonesia mengalami krisis air bersih. Salah satu daerah yang mengalami krisis air bersih adalah Desa Simongagrok Kecamatan Dawarblandong Kabupaten Mojokerto. Menurut Wakil Bupati Mojokerto (Pungkasiadi, 2019) warga di Desa Simongagrok mendapatkan air bersih dari sumur WASLICH (*water and sanitation for low income communities*) dan PAMSIMAS (Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat) karena minimnya sumber air. Saluran dari sumur WASLICH dan PAMSIMAS hanya cukup untuk kebutuhan minum, masak dan memandikan anak. Sedangkan untuk MCK (Mandi, cuci, kakus) warga menggunakan air Sungai Pereng yang keruh dan berwarna agak kecoklatan. Sungai Pereng sendiri merupakan sungai yang mengalir ke Kali Lamong dan memiliki jarak 50 meter dari rumah warga.

Kali Lamong merupakan sumber air permukaan terdekat di Desa Simongagrok. Berdasarkan pengamatan fisik yang dilakukan, air Kali Lamong berwarna kecoklatan dan sedikit keruh. Hasil penelitian Masrivel Saragih (2011) menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan Kali Lamong sebesar 20 NTU. Dari segi parameter fisik, kualitas air baku Kali Lamong perlu ditingkatkan. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi pengolahan air agar kualitasnya meningkat. Teknologi yang dibutuhkan adalah teknologi yang sederhana, murah dan mudah dalam pengoperasiannya. Salah satu teknologi pengolahan air yang cocok untuk mengatasi masalah tersebut adalah filtrasi.

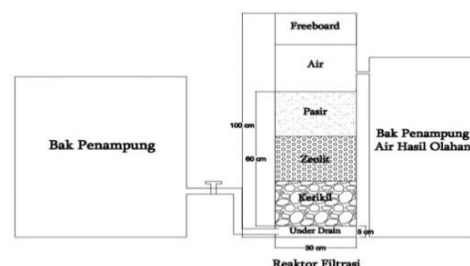
Metode filtrasi banyak mengalami modifikasi, diantaranya mengkombinasikan arah aliran dan media penyaringnya. Salah satu teknologi pengolahan air bersih sederhana untuk daerah pedesaan yang mudah dan murah adalah teknologi saringan pasir lambat. Saringan pasir lambat merupakan bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil namun mempunyai kuarsa yang tinggi (SNI 3981:2008). Keuntungan dari saringan pasir lambat ini yaitu biaya konstruksi yang murah, rancangan dan operasinya sederhana, tidak perlu tambahan bahan kimia serta tidak memerlukan banyak air untuk pencucian karena hanya dilakukan

dibagian atas media tanpa *backwash* (Dewi Indrawati, 2016). Sedangkan kelemahannya yaitu memerlukan lahan atau ruangan yang cukup luas akibat lambatnya kecepatan penyaringan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3981:2008, kecepatan penyaringan pada saringan pasir lambat yaitu 0,1-0,4 m/jam atau 20-50 kali lebih lambat dari saringan pasir cepat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan dalam skala laboratorium untuk menentukan efisiensi filtrasi dalam menurunkan kadar kekeruhan dan TDS Kali Lamong. Efisiensi filtrasi tersebut digunakan untuk merumuskan kriteria desain. Pada penelitian ini variabel yang diteliti yaitu :

1. Variabel Terikat
  - Konsentrasi Kekeruhan
  - Konsentrasi TDS
  - Susunan media dari bawah adalah kerikil, zeolit dan pasir
2. Variabel Bebas
  - a. Ketebalan media antara kerikil, zeolit dan pasir
    - Kerikil 30 cm : Zeolit 10 cm : Pasir 20 cm (Reaktor 1)
    - Kerikil 10 cm : Zeolit 20 cm : Pasir 30 cm (Reaktor 2)
    - Kerikil 20 cm : Zeolit 30 cm : Pasir 10 cm (Reaktor 3)
  - b. Rate filtrasi 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam
  - c. Reaktor yang digunakan berdiameter 6 inc dan tinggi 100 meter.
  - d. Variasi waktu operasional reaktor filter
    - Waktu operasional ke-1
    - Waktu operasional ke-2
    - Waktu operasional ke-3
    - Waktu operasional ke-4
    - Waktu operasional ke-5



Gambar 3.1. Desain reaktor filtrasi *Up-Flow*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sampel air baku kali Lamong, kerikil

diameter ±10 mm, zeolit diameter ± 0,35 mm dan pasir diameter ± 0,2 mm. Sedangkan alat filtrasi terbuat dari pipa pralon berdiameter 6 inchi dan tinggi 100 cm, serta dilengkapi dengan outlet model leher angsa sebagai output air sesudah melewati alat filtrasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah melakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data awal kualitas fisik air Kali Lamong yang digunakan sebagai sampel yang akan diolah pada reaktor filtrasi. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air Kali Lamong yang terdapat pada tabel berikut ini :

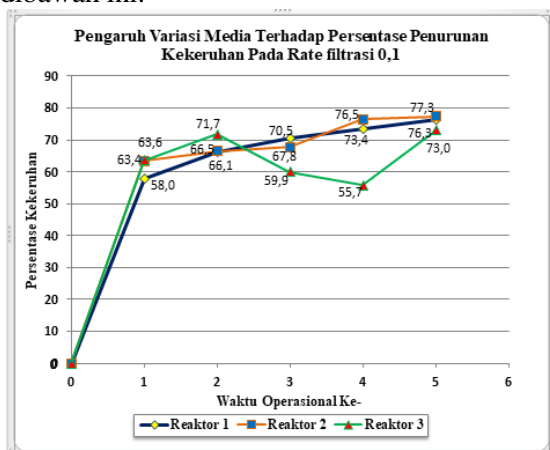
Tabel 1. Kualitas Awal Air Baku Kali Lamong

Parameter	Konsetrasi	Satuan	Metode Analisa
Kekeruhan	4,81	NTU	Nefelometer SNI 06-6989.25.2005
TDS	436	mg/l	APHA 2540 C-2017

(Sumber : Hasil analisis laboratorium di Jasa Tirta I Mojokerto, 2020)

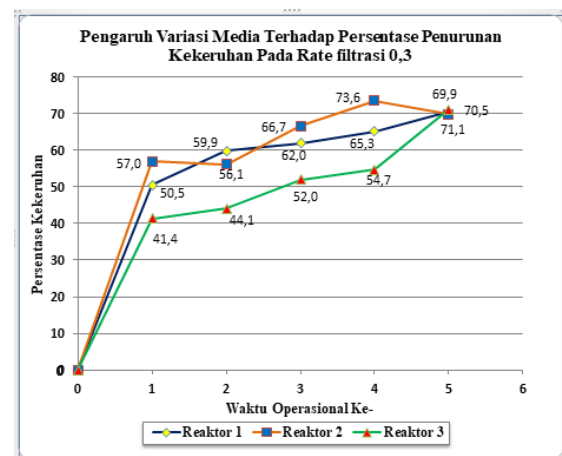
Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010 tentang Penetapan Kelas Air Pada Air Sungai menyebutkan bahwa hulu Kali Lamong ditetapkan sebagai mutu air kelas II.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor filtrasi up-flow mampu menurunkan kekeruhan dan TDS dengan persentase yang berbeda. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 1 Grafik Pengaruh Variasi Media Terhadap Persentase Penurunan Kekeruhan Pada Rate Filtrasi 0,1

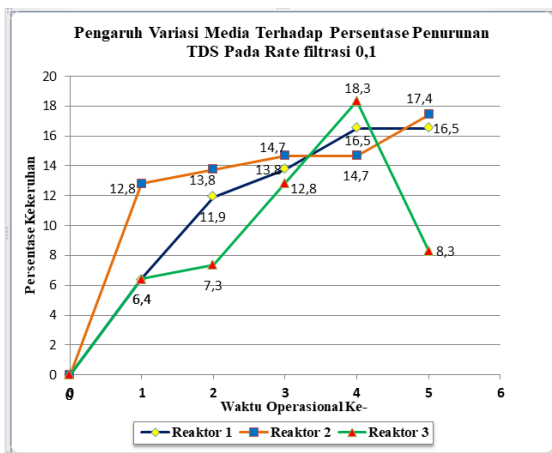
Pada rate filtrasi 0,1 m/jam, reaktor 1 memiliki variasi media kerikil 30 cm, zeolit 10 cm dan pasir silika 20 cm mampu meremoval kekeruhan sampai 76,3% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,14 NTU. Reaktor 2 memiliki variasi media kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm mampu meremoval kekeruhan hingga 77,3% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,09 NTU. Sedangkan pada reaktor 3 memiliki variasi media kerikil 20 cm, zeolit 30 cm dan pasir silika 10 cm mampu meremoval kekeruhan hingga 73,0% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,3 NTU. Persentase kekeruhan pada reaktor 1 dan reaktor 2 selalu mengalami peningkatan mulai dari waktu operasional ke-1 sampai dengan ke-5. Sedangkan pada reaktor 3 mengalami penurunan pada waktu operasional ke-3 dan ke-4 dan mengalami peningkatan kembali pada waktu operasional ke-5.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Variasi Media Terhadap Persentase Penurunan Kekeruhan Pada Rate Filtrasi 0,3

Pada rate filtrasi 0,3 m/jam, reaktor 1 mampu meremoval kekeruhan sampai 70,5% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,42 NTU. Reaktor 2 mampu meremoval kekeruhan hingga 69,9% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,45 NTU. Sedangkan pada reaktor 3 mampu meremoval kekeruhan hingga 71,1% dari nilai kekeruhan awal 4,81 NTU menjadi 1,39 NTU. Efisiensi penurunan kekeruhan terbesar terdapat pada reaktor 3. Persentase kekeruhan pada reaktor 1 dan reaktor 3 selalu mengalami peningkatan mulai dari waktu operasional ke-1 sampai dengan ke-5. Sedangkan pada reaktor 2 mengalami penurunan pada waktu operasional ke-2.

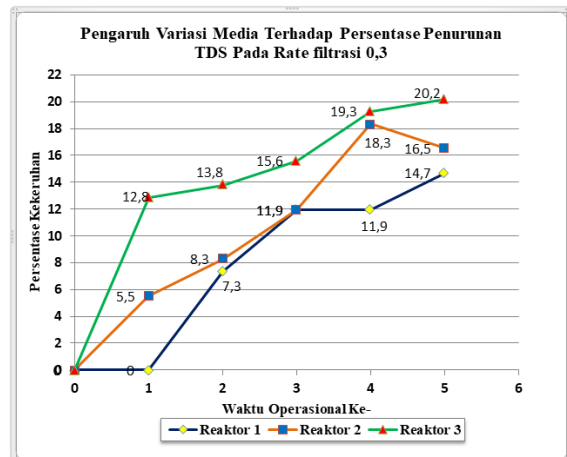
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa persentase kekeruhan tertinggi terdapat pada reaktor 2 rate filtrasi 0,1 m/jam. Sedangkan untuk persentase kekeruhan terendah terdapat pada reaktor 2 rate filtrasi 0,3 m/jam. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Denisa Nurmalia (2019) bahwa penurunan kekeruhan yang paling baik terjadi pada rate filtrasi 0,1 m/jam dengan efisiensi penyisihan sebesar 96,63%. Besarnya rate filtrasi mampu mempengaruhi persentase penurunan kekeruhan. Deni Maryani, dkk (2014) mengatakan bahwa besarnya kecepatan akan berpengaruh pada proses filtrasi. Semakin tinggi kecepatan aliran maka akan menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus akan mudah lolos. Kecepatan yang rendah dapat meningkatkan waktu penyisihan, semakin lama waktu penyisihan maka konsentrasi kekeruhan akan berkurang dan air dapat menjadi jernih.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Variasi Media Terhadap Persentase Penurunan TDS Pada Rate Filtrasi 0,1

Pada rate filtrasi 0,1 m/jam, reaktor 1 memiliki variasi media kerikil 30 cm, zeolit 10 cm dan pasir silika 20 cm mampu meremoval TDS sampai 16,5% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 364 mg/l. Reaktor 2 memiliki variasi media kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm mampu meremoval TDS hingga 17,4% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 360 mg/l. Sedangkan pada reaktor 3 memiliki variasi media kerikil 20 cm, zeolit 30 cm dan pasir silika 10 cm mampu meremoval TDS hingga 18,3% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 400 mg/l. Efisiensi penurunan TDS terbesar terdapat pada reaktor 3. Persentase TDS pada reaktor 1 dan reaktor 2

selalu mengalami peningkatan mulai dari waktu operasional ke-1 sampai dengan ke-5. Sedangkan pada reaktor 3 mengalami penurunan yang signifikan pada waktu operasional ke-5.



Gambar 4 Grafik Pengaruh Variasi Media Terhadap Persentase Penurunan TDS Pada Rate Filtrasi 0,3

Pada rate filtrasi 0,3 m/jam, reaktor 1 mampu meremoval TDS sampai 14,7% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 372 mg/l. Reaktor 2 mampu meremoval TDS hingga 18,3% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 356 mg/l. Sedangkan pada reaktor 3 mampu meremoval kekeruhan hingga 20,2% dari nilai TDS awal 436 mg/l menjadi 348 mg/l. Efisiensi penurunan TDS terbesar terdapat pada reaktor 3. Persentase TDS pada reaktor 1 dan reaktor 3 selalu mengalami peningkatan mulai dari waktu operasional ke-1 sampai dengan ke-5. Sedangkan pada reaktor 2 mengalami penurunan pada waktu operasional ke-5.

Hal tersebut berbanding terbalik dengan persentase penurunan TDS, persentase tertinggi terdapat pada reaktor 3 rate filtrasi 0,3 m/jam dan persentase TDS terendah terdapat pada reaktor 1 rate filtrasi 0,3 m/jam. Hal tersebut bisa disebabkan oleh faktor eksternal yang mempengaruhi penurunan TDS diantaranya, pengawetan sampel, proses sampling atau fluktuasi akibat dari aliran yang kontinyu.

Selain rate filtrasi, ketebalan media juga berpengaruh terhadap proses penurunan konsentrasi kekeruhan. Namun, pada penelitian ini ketebalan media tidak berpengaruh karena variasi ketebalannya sama sebesar 60 cm, hanya ketebalan variasi komposisi media yang berbeda. Komposisi media pada reaktor 1 yaitu

kerikil 30 cm, zeolit 10 cm dan pasir silika 20 cm. Pada reaktor 2 komposisi media yaitu kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir 30 cm. Sedangkan pada reaktor 3 memiliki komposisi media kerikil 20 cm, zeolit 30 cm dan pasir silika 10 cm.

Komposisi media pada penelitian yang dilakukan yaitu kerikil, zeolit dan pasir silika. Fungsi kerikil untuk filter air adalah sebagai penyaring kotoran-kotoran kasar (Fajri et al., 2015). Salah satu cara untuk menurunkan kandungan mineral terlarut yaitu dengan sorpsi atau penukar ion. Zeolit bermuatan negatif dan mempunyai sifat sebagai penukar penukar ion berupa kation alkali atau alkali tanah misalnya  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , atau  $\text{Ca}^{2+}$  (Kurniawan et al., 2014). Selain zeolit, pasir silika juga memiliki fungsi sebagai media filter. Pasir silika sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Pasir ini digunakan untuk menghilangkan sifat fisik air seperti kekeruhan, atau lumpur dan bau (Mahyudin, 2016).

Penentuan waktu dilakukannya *backwash* ditentukan dengan lama operasi filter hingga mengalami *clogging* (Khakim & Purnomo, 2014). Selain itu, waktu *backwash* juga dapat ditentukan dengan cara menghitung waktu *breakthrough*. Elfrida Darosa (2017) menjelaskan bahwa waktu *breakthrough* atau waktu jenuh media dalam penelitian dapat dihitung berdasarkan analisa kapasitas adsorpsi media filter, sehingga dapat ditentukan waktu dilakukannya *backwash*. Pada penelitian ini *Breakthrough* tidak tercapai, dikarenakan keterbatasan waktu operasional filtrasi.

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan kriteria desain pengolahan air bersih kali lamong menggunakan metode filtrasi *up-flow*.

1. Rate filtrasi atau kecepatan penyaringan 0,1 m/jam – 0,3 m/jam
2. Diameter media :  
Kerikil  $\pm$  10 mm  
Zeolit  $\pm$  0,35 mm  
Pasir Silika  $\pm$  0,2 mm
3. Variasi Ketebalan Komposisi Media :  
Kerikil 30 cm : zeolit 10 cm : pasir silika : 20 cm (reaktor 1)  
Kerikil 10 cm : zeolit 20 cm : pasir silika : 30 cm (reaktor 2)  
Kerikil 20 cm : zeolit 30 cm : pasir silika : 10 cm (reaktor 3)

4. Luas permukaan bak dapat dihitung menggunakan rumus  $A = \frac{Q}{V}$

Q = Debit air baku (m<sup>3</sup>/jam)

V = Kecepatan penyaringan (m/jam)

A = Luas permukaan bak (m<sup>2</sup>)

Apabila luas permukaan reaktor sudah ditentukan, maka perlu menghitung debit aliran air yang mengalir kedalam reaktor filtrasi. Dalam penelitian ini menggunakan kecepatan penyaringan 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam dengan reaktor yang telah ditentukan ukurannya berdiameter 6 inchi. Debit yang dihasilkan sebesar 1,82 liter/jam untuk rate filtrasi 0,1 m/jam dan 5,47 liter/jam untuk rate filtrasi 0,3 m/jam

## KESIMPULAN

1. Reaktor filtrasi *up-flow* menggunakan media kerikil, pasir silika dan zeolit mampu menurunkan konsentrasi kekeruhan dan TDS.
2. Penelitian ini menggunakan 3 jenis reaktor yaitu reaktor 1 terdiri dari kerikil 30 cm, zeolit 10 cm, dan pasir silika 20 cm. Reaktor 2 terdiri dari kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm. Sedangkan reaktor 3 terdiri dari kerikil 20 cm, zeolit 30 cm serta pasir silika 10 cm.
3. Persentase penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 77,3% terdapat pada reaktor 2 dengan rate filtrasi 0,1 m/jam. Sedangkan persentase penurunan TDS tertinggi sebesar 20,2% terdapat pada reaktor 3 dengan rate filtrasi 0,3 m/jam.
4. Kriteria desain yang diperoleh yaitu :
  - a. Rate filtrasi 0,1 m<sup>3</sup>/jam.m<sup>2</sup>
  - b. Tinggi media 60 cm
  - c. Susunan media dari bawah ke atas yaitu kerikil 10 cm, zeolit 20 cm dan pasir silika 30 cm

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum*. Lembaran RI Tahun 2015 No.122. Presiden RI : Jakarta
- Anonim. 2016.. *Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum(Spam) Perpipaan Berbasis Masyarakat*. Kementerian PUPR Buku 4.

- Anonim. 2017. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum*. Lembaran RI Tahun 2006 No.32. Menteri Kesehatan RI : Jakarta
- Anonim. SNI 3981:2008. 2008. *Saringan Pasir Lambat*. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta
- Chandra, Budiman., 2012. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC : Jakarta
- Elfida, Darosa. 2017. *Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif*. Departemen Teknik Lingkungan. ITS Surabaya
- Hulu, Victor T dan Taruli R. Sinaga. 2019. *Analisis Data Statistik Parametrik Aplikasi SPSS dan STATCAL*. Yayasan Kita Menulis : Medan
- Indrawati, Dewi. 2016. *Efektivitas Sand Filter dalam Meningkatkan Kualitas Air Sumur Menjadi Air Minum Menggunakan Parameter Fe dan TDS*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang
- Jenti, U. B., & Nurhayati, I. (2014). *Pengaruh Penggunaan Media Filtrasi Terhadap Kualitas Air Kabupaten Sidoarjo*. Teknik Waktu, 12(02), 34-38.
- Khakim, A. R. Al, & Purnomo, A. (2014). *Kajian efisiensi proses dan operasi unit filter pada instalasi IPA paket Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo*. Teknik POMITS, 3(1), 3-8.
- Kurniawan, Ade., Rahadi, B., & Susanawati, L D. 2014. *Studi Pengaruh Zeolit Alam Termodifikasi Hdtma Terhadap Penurunan Salinitas Air Payau*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 01(02).
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Swadaya : Jakarta
- Mahyudin, 2013. *Analisis Kualitas Air Dengan Filtrasimenggunakan Pasir Silika Sebagai Media Filter*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Mugiyantoro, A., Husna Rekinagara, I., Dian P rimaristi, C., & Soesilo, J. (2017). *Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, dan Arang Aktif dengan Kombinasi Teknik Shower Dalam Filterisasi Fe, Mn, Dan Mg Pada Air Tanah Di Upn “Veteran” Yogyakarta*. Seminar Nasional Kebumihan Ke-10, 492, 1127-1137.
- Quddus, Rachmat. (2014). *Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) Yang bEr sumber Dari Sungai Musi*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2(04), 669-675
- Reynolds, Tom D., dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Edisi kedua, PWS Publishing Company, Boston
- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi W. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat Up-Flow*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi : Jakarta
- Santoso, Singgih. 2019. *Mahir Statistik Parametrik*. PT Elex Media Komputindo : Jakarta
- Saragih, Masrivel. (2011). *Teknologi Tepat Guna Sebagai Penyediaan Air Bersih Di Daerah Bencana Banjir Appropriate Technology for Water Supply in Flood*. Teknik Lingkungan. ITS Surabaya
- Siregar, Zufri Hasrudi dan Masdania Z. 2019. *Teknologi dan Terapan dalam Perspektif Industri Kecil dan Menengah*. Qiara Media : Surabaya
- Suhartini, Sri dan Irnia Nurika. 2018. *Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri*. UB Press : Malang
- Suprihatin, Muhammad Syifa, dan M. Y. (2015). *Pra-Pengolahan Air Baku dengan Proses Biofiltrasi Untuk Penyisihan Bahan Organik Dan Amonium dalam Air Baku Suprihatin1\*., In Peran PERTETA dalam Mendukung Swasembada Pangan Nasional 2017 (pp. 611-621)*. J urusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin dan Perteta Cab. Sulselbar.