

STUDI MODEL EFEKTIFITAS MEDIA PASIR KUARSA PADA PROSES FILTRASI *SINGLE MEDIUM* (STUDI KASUS SUNGAI TIROANG)

Suryani Syahrir¹, Mary Selintung², Saleh Pallu², dan Arsyad Thaha³

¹Mahasiswa Program Studi Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, email: suryanisyahrir@yahoo.co.id

²Professor, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Makassar

³Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Makassar

ABSTRAK

Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, dan koloid-koloid tanah. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis pasir kuarsa Sungai Tiroang dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1963:2008 sebagai pasir media, (2) Menganalisis keefektifan pasir kuarsa Sungai Tiroang dalam menurunkan kekeruhan, warna, bau, kadar besi (Fe), dan mangan (Mn) di dalam air dalam beberapa variasi ketebalan media filter. Metodologi dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan merancang suatu alat filtrasi dengan media filter ukuran seragam atau biasa disebut filtrasi single medium. Penelitian ini insya Allah akan dilaksanakan di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unhas. Jenis pengujian yang dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia adalah uji kualitas air sebelum dan sesudah di filtrasi, sedangkan pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah yakni analisa saringan (*sieve analysis*) untuk mencari nilai koefisien keseragaman atau *Uniformity Coefficient* (UC), yakni $UC = d_{60}/d_{10}$. Selanjutnya media filter yang sudah memenuhi standar sebagai pasir media, yaitu $UC < 1,7$ untuk *single medium* dimasukkan kedalam alat filtrasi dengan 5 variasi ketebalan berturut-turut yaitu 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, dan 690 mm. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah (1) Mengetahui pasir kuarsa Sungai Tiroang sebagai pasir media sehingga dapat diberdayakan sebagai potensi lokal kabupaten Pinrang, yang berlokasi di Sulawesi Selatan. (2) Mengetahui keefektifan pasir kuarsa Sungai Tiroang dalam menurunkan beberapa parameter yang diteliti.

Kata kunci : filtrasi, pasir kuarsa, efektifitas, single medium.

1. LATAR BELAKANG

Air merupakan kebutuhan yang paling mendasar bagi makhluk hidup. Air yang digunakan harus memenuhi syarat dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Secara kualitas, air harus tersedia pada kondisi yang memenuhi syarat kesehatan; yang dapat ditinjau dari aspek fisika, kimia, dan biologi. Adanya perkembangan industri dan pemukiman dapat mengancam kualitas air bersih, sehingga diperlukan upaya perbaikan baik secara sederhana maupun modern.

Salah satu proses pengolahan air secara fisik adalah dengan filtrasi, dimana terjadi pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan. Pada proses ini, digunakan media filtrasi yang sangat

beragam untuk mendukung kelancaran proses pengolahan air bersih. Salah satu media filtrasi yang cukup efektif adalah pasir kuarsa.

Kabupaten Pinrang merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan dengan potensi alam yang cukup melimpah, termasuk di dalamnya adalah potensi pasir kuarsa di beberapa sungai

yang ada. Melihat kondisi air bersih di beberapa wilayah di Kabupaten Pinrang sangat tidak laik; ditandai dengan air yang berwarna kuning kecoklatan, noda pada bak mandi, dan penyumbatan pada pipa. Hal ini ditunjang pula oleh fasilitas air dari PDAM yang tidak lancar, sehingga sangat urgen untuk pengadaan sistem penyediaan air dengan teknologi sederhana dan ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan potensi alam lokal, disamping mudah memperolehnya juga biayanya relatif murah.

Dari penampakan secara visualisasi, terlihat bahwa air tersebut mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan kadar yang cukup tinggi, walaupun tidak menutup kemungkinan masih ada zat-zat lain yang juga berbahaya terkandung didalamnya. Terdapat 3 metode yang umum digunakan untuk penyisihan besi dan mangan: (1) presipitasi dan infiltrasi, (2) ion *exchange*, (3) stabilisasi dengan zat pendispersi. Disamping itu juga bisa menggunakan saringan pasir aktif, dimana pasir aktif selain berfungsi sebagai media penyaring juga berfungsi sebagai oksidator karena permukaan dilapisi zat aktif (MnO_2) sebagai oksidan.

Dari beberapa penelitian yang ada, diperoleh penurunan zat besi dan mangan yang cukup signifikan dengan penyaringan (*filtrasi*), baik dengan saringan *single medium*, *dual medium* ataupun dengan saringan *three medium*. Selanjutnya beberapa penelitian tentang kemampuan diameter butir pasir dan ketebalan media pasir untuk menurunkan kandungan besi dalam air, juga sudah memberikan hasil yang cukup baik. Pada penelitian ini difokuskan untuk menganalisis variasi ketebalan media pasir kuarsa dengan uji model menggunakan saringan *single medium* dan pengaruhnya dalam menurunkan kekeruhan, warna, bau, kadar besi, dan kadar mangan di dalam air.

2. IDENTIFIKASI PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

- Apakah pasir kuarsa Sungai Tiroang memenuhi kriteria sebagai pasir media sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 1963:2008?
- Bagaimana keefektifan media pasir kuarsa Sungai Tiroang dalam menurunkan kekeruhan, warna, bau, kadar besi dan mangan di dalam air dengan menggunakan uji model saringan *single medium*?

3. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis pasir kuarsa Sungai Tiroang dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1963:2008 sebagai pasir media.
- Menganalisis keefektifan pasir kuarsa Sungai Tiroang dalam menurunkan kekeruhan, warna, bau, kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) di dalam air dalam 5 variasi ketebalan media filter dengan menggunakan uji model saringan *single medium*.

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini insya Allah akan dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unhas. Mula-mula sampel pasir kuarsa yang berasal dari Sungai Tiroang dimasukkan dalam wadah selanjutnya akan diuji di Laboratorium Mekanika Tanah untuk dilakukan pengujian berat jenis pasir dan analisa ayakan (*sieve analysis*). Selanjutnya data dianalisis untuk mengetahui apakah jenis pasir kuarsa Sungai Tiroang memenuhi kriteria sebagai pasir media, yaitu $UC = d_{60}/d_{10}$ kurang dari 1,7 ($UC < 1,7$). Jika tidak memenuhi, maka akan dilakukan pemilihan media filter yang sesuai dengan kriteria pasir media untuk saringan *single medium* dengan menggunakan persamaan yang ada.

Pasir kuarsa yang sudah memenuhi persyaratan sebagai pasir media untuk saringan *single medium* dimasukkan dalam alat filtrasi dengan 5 variasi ketebalan berturut-turut yaitu ketebalan 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, dan 690 mm. Dimana sebelumnya dilakukan pencucian sebanyak 6

kali untuk menghilangkan kotoran atau lumpur yang melekat pada pasir. Tinggi air di atas media yaitu 40 cm, sesuai dengan persyaratan untuk saringan *single medium*. Selanjutnya proses pengambilan data, yakni air yang sudah melewati media filter ditampung dalam wadah dalam setiap variasi ketebalan, dengan pengambilan data sebanyak 3 kali untuk masing-masing ketebalan media filter.

Selanjutnya pengujian yang dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia adalah uji kualitas air sebelum dan sesudah di filtrasi, dimana sampel air yang digunakan adalah air Danau Unhas. Sampel air yang digunakan sebelum dan pada saat dimasukkan ke dalam alat filtrasi, haruslah air dalam kondisi suhu yang sama.

Secara ringkas, tahapan penelitian sebagai berikut:

- Menyiapkan media filter yaitu pasir kuarsa yang memenuhi persyaratan sebagai pasir media, antara lain: *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif, *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keseragaman media filter, dan berat jenis pasir (*specific gravity*).
- Menyiapkan dan membuat miniatur alat filtrasi untuk saringan *single medium* dengan dimensi bak filter sebagai berikut: kedalaman atau tebal media filter pasir (L)= 61 cm, 63 cm, 65 cm, 67 cm, dan 69 cm, lebar media filter (W)= 35 cm, tinggi air di atas media (D)= 40 cm.
- Selanjutnya melakukan penelitian dengan mengalirkan air yang akan diolah (air baku) ke dalam miniatur alat filtrasi, dengan mengatur debit aliran pada katup (Q_{inlet}).
- Mengatur variasi ketebalan media filter dengan 5 variasi ketebalan yaitu 61 cm, 63 cm, 65 cm, 67 cm, dan 69 cm (L_{61} , L_{63} , L_{65} , L_{67} , dan L_{69}).
- Mengukur volume air yang telah melewati media filter dengan gelas ukur, dengan pengukuran masing-masing 3 kali untuk setiap variasi ketebalan.
- Air yang telah melewati media filter selanjutnya di uji di Laboratorium Oseanografi Kimia untuk melihat parameter kekeruhan, warna, bau, kadar besi dan kadar mangan.

5. TINJAUAN PUSTAKA

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid.

Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, dan koloid-koloid tanah.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- Sedimentasi
- Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- Koagulasi dalam *filter bed*
- Aktivitas biologis

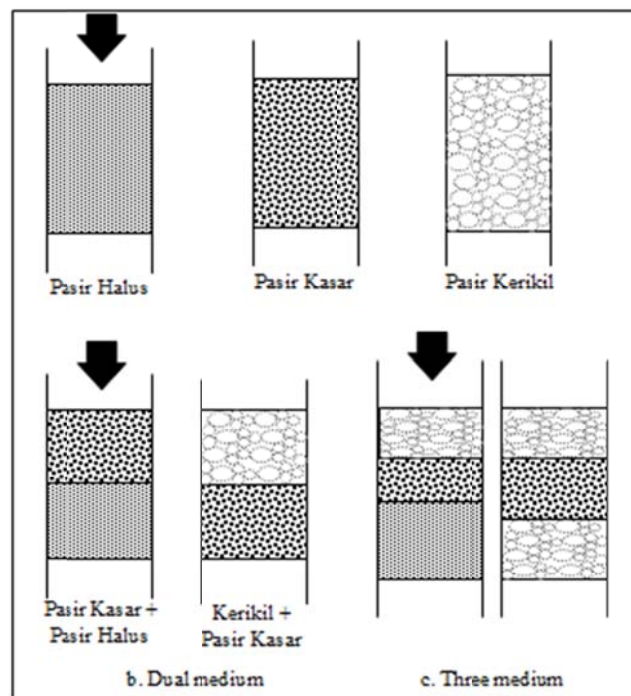
Menurut Baker (1948), catatan tertulis paling awal tentang pengolahan air, sekitar tahun 4000 SM, menyebutkan filtrasi air melalui arang atau pasir dan kerikil. Walaupun sejumlah modifikasi telah dibuat dengan cara yang aplikasi, filtrasi tetap menjadi salah satu teknologi mendasar terkait dengan pengolahan air.

Digunakannya media filter atau saringan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring yang memisahkan campuran solida likuida dengan media *porous* atau material *porous* lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Dan penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara

padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*).

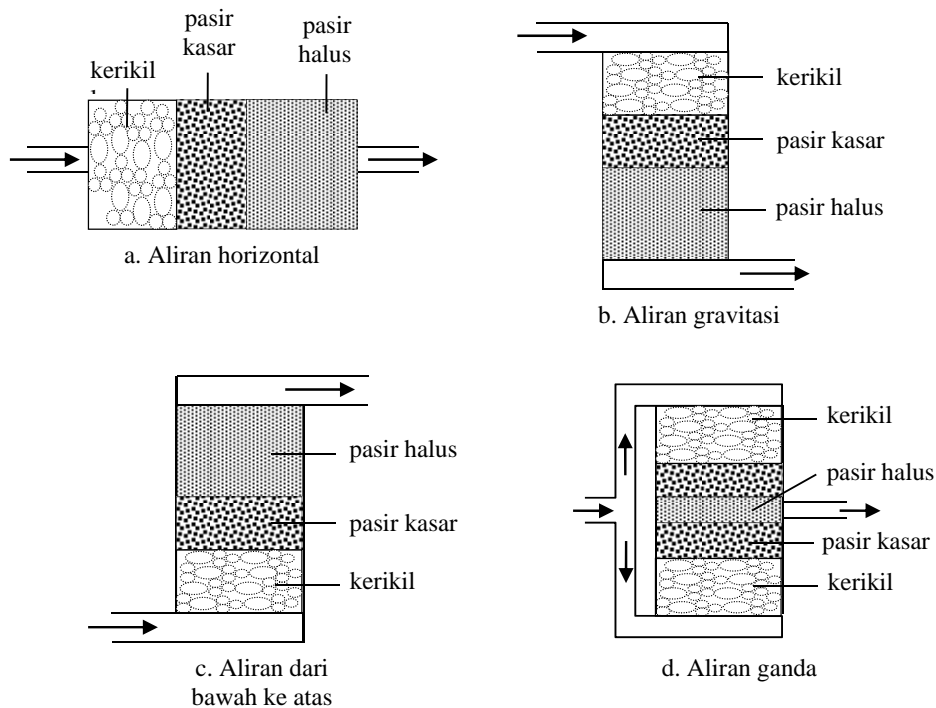
Menurut Tjokrokusumo (1995 :110-111), pada pengolahan air baku dimana proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Karakteristik filtrasi dinyatakan dalam kecepatan hasil filtrat. Masing-masing dipilih berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya, yakni menghasilkan filtrat yang murah dengan kualitas yang tetap tinggi.

Dikarenakan juga karena air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Apabila air olahan mempunyai padatan yang ukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Sebaliknya, jika ukuran padatan beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium* (Kusnaedi, 1995 : 14-15), seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Type penyaringan pasir

Sistem aliran air olahan dalam sistem filtrasi terdiri dari beberapa macam. Penentuan aliran ini memperhatikan sifat dari limbah padat yang akan difiltrasi. Sistem aliran tersebut dibagi menjadi empat sistem, yaitu aliran horizontal (*horizontal filtration*), aliran gravitasi (*gravitation filtration*), aliran dari bawah ke atas (*up flow filtration*), dan aliran ganda (*biflow filtration*), seperti ditunjukkan pada gambar 2 .



Gambar 2. Model aliran pada sistem filtrasi

Media Filter

Bagian filter yang berperan penting dalam melakukan penyaringan adalah media filter. Media Filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia.

Pasir kuarsa (quartz sands) juga dikenal dengan nama pasir putih atau pasir silika (silica sand) merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , berwarna putih bening atau warna lain tergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 17-150 C, bentuk kristal hexagonal, panas spesifik 0,185 (Kusnaedi, 2010).

Proses pengolahan pasir kuarsa tergantung kepada kegunaan serta persyaratan yang dibutuhkan baik sebagai bahan baku maupun untuk langsung digunakan. Untuk memperoleh spesifikasi yang dibutuhkan dilakukan upaya pencucian untuk menghilangkan senyawa pengotor.

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya. Pasir kuarsa juga sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Fungsi ini baik untuk menghilangkan sifat fisiknya, seperti kekeruhan, atau lumpur dan bau. Pasir kuarsa umumnya digunakan sebagai saringan pada tahap awal.

Distribusi Media

Pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (*sieve analysis*). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (dinyatakan sebagai *uniformity coefficient*).

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10 % dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai *d10* (diameter pada persentil 10).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran efektif atau dapat ditulis: $UC = d60/d10$. *d60* adalah diameter butiran pada persentil 60).

Kriteria nilai ukuran efektif dan keseragaman media untuk beberapa jenis dan jumlah media filter dapat dilihat pada Tabel 1. Bila suatu stok pasir tidak memenuhi kriteria, maka harus dilakukan pemilihan ukuran hingga memenuhi kriteria tersebut. Perhitungan persentase pasir yang dapat digunakan, pasir yang terlalu kecil, pasir yang terlalu besar dapat dihitung sebagai berikut:

- Persentase stok pasir yang dapat digunakan

$$P_{use} = 2(P_{st60} - P_{st10}) \quad (1)$$

- Persentase pasir yang terlalu kecil

$$P_f = P_{st10} - 0,1P_{use} = P_{st10} - 0,2(P_{st60} - P_{st10}) \quad (2)$$

- Persentase ukuran pasir yang terlalu besar

$$P_c = 100 - P_f - P_{use} \quad (3)$$

Dimana P_{st10} = persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta, P_{st60} = persentase pasir stok yang memenuhi ESxUC sesuai kriteria yang diminta.

Setelah dilakukan pemilihan ukuran butiran pasir stok, maka pasir stok dapat digunakan sebagai media filter yang memenuhi kriteria.

Tabel 1. Kriteria perencanaan media filter untuk pengolahan air minum

Karakteristik	Nilai	
	rentang	tipikal
I. Single Media		
A. Media pasir:		
Kedalaman (mm)	610 – 760	685
ES (mm)	0,35 – 0,70	0,6
UC	<1,7	<1,7
B. Media anthrasit:		
Kedalaman (mm)	610 – 760	685
ES (mm)	0,70 – 0,75	0,75
UC	<1,75	<1,75
C. Rate Filtrasi (l/det-m ²)	1,36 – 3,40	2,72
II. Dual Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	460 – 610	610
ES (mm)	0,9 – 1,1	1,0
UC	1,6 – 1,8	1,7
B. Pasir		
Kedalaman (mm)	150 – 205	150
ES (mm)	0,45 – 0,55	0,5
UC	1,5 – 1,7	1,6
C. Rate Filtrasi (l/det – m ²)	2,04 – 5,44	3,4
III. Multi Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	420 – 530	460
ES (mm)	0,95 – 1,0	1,0
UC	1,55 – 1,75	<1,75
B. Pasir		
Kedalaman (mm)	150 – 230	230
ES (mm)	0,45 – 0,55	0,50
UC	1,5 – 1,65	1,60
C. Garnet		
Kedalaman (mm)	75 – 115	75
ES (mm)	0,20 – 0,35	0,20
UC	1,6 – 2,0	<1,6
D. Rate Filtrasi (l/det – m ²)	2,72 – 6,80	4,08

DAFTAR PUSTAKA

- Astari, S. Dan Iqbal, R. Tanpa tahun. *Kehandalan Saringan Pasir Lambat dalam Pengolahan Air*. Bandung. Teknik Sipil dan Lingkungan – Institut Teknologi Bandung.
- Darsono, V.dan Sutomo, T. (2002). “Pengaruh Diameter dan Ketebalan Pasir dalam Saringan Pasir Lambat terhadap Penurunan Kadar Besi”. *Jurnal Teknologi Industri*. Vol. VI. 4.
- Droste, R.L. (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons. Inc.
- Environmental Protection Agency. (1995). *Water Treatment Manuals (Filtration)*. Ardavan. Wexford. Ireland.

- Fair, G.M., J.C. Geyer, dan D.A. Okun. (1981). *Water and Wastewater Engineering. Volume 2: Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Hardyanti, N. dan Fitri, N.D. (2006). “Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Bersih untuk Kebutuhan Domestik dan Non domestik (Studi Kasus Perusahaan Tekstil Bawen Kabupaten Semarang)”. *Jurnal Presipitasi*. Vol.1. 1.
- Huisman, L. (1994). *Rapid Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.
- Huisman, L. (1994). *Slow Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.
- Kawamura, S. (1991). *Integrated Design of Water Treatment Facilities*, John Wiley & Sons. Inc.
- Kusnaedi. (2010). *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Linsley Ray K. JR., Kohler Max A., dkk. (1989). *Hidrologi untuk Insinyur*. Edisi ketiga. Erlangga.
- Oktiawan, W., dan Krisbiantoro. (2007). “Efektifitas Penurunan Fe²⁺ dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif”. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 2. 1.
- Pallu, M.S. (1999). “Studi Karakteristik Pasir untuk Saringan Penjernihan Air”. *Hi – Tech*. Edisi 03: 84 – 88.
- Prayudi, T.R. (2008). “Pengaruh Campuran Fly Ash dan Pasir Kuarsa Sebagai Media Saringan Leachate Sampah Terhadap Waktu Peresapan, Warna, Fe, Zn, dan Cu”. *Jurnal Pemukiman*. Vol. 3. 3.
- Putra, D.E.S. (1995). “Studi Perbandingan Berbagai Ketebalan Pasir Kali dan Kuarsa Sebagai Saringan Pasir Aktif dalam Penurunan Kadar Besi pada Air Sumur”. *Skripsi*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000). *Water Work Engineering: Planning, Design & Operation*. Prentice Hall PTR. Texas.
- Rahmawati, A. Tanpa tahun. “Penurunan Kandungan Mangan (Mn) dari dalam Air Menggunakan Metode Filtrasi”. *Skripsi*. Surakarta. FKIP – Universitas Sebelas Maret.
- Reynolds T.D. dan P.A. Richards. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company. 20 Park Plaza. MA 12116.
- Rich, L.G. (1974). *Unit Operations of Sanitary Engineering*. John Wiley & Sons. Inc.