



---

**PENGOLAHAN AIR WADUK DIPONEGORO DALAM MENYISIHKAN  
SUSPENDED SOLIDS DAN KEKERUHAN MENGGUNAKAN MEDIA FILTER  
PASIR SILIKA, BATU APUNG, DAN PERLIT PADA REAKTOR FILTRASI**

**Ibnu Fajar<sup>\*)</sup>, Anik Sarminingsih<sup>\*\*)</sup>, Arya Rezagama<sup>\*\*)</sup>**  
Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275  
email: [22ibnufajar@gmail.com](mailto:22ibnufajar@gmail.com)

**Abstrak**

*Air waduk memiliki kegunaan yang sangat bervariasi, yaitu pembuangan limbah yang telah memenuhi baku mutu, irigasi, sumber energi, rekreasi, pengendali banjir, serta pemenuhan kebutuhan air bersih. Bervariasinya kualitas air tersebut diperlukan keleluasaan lebih dan kombinasi dari berbagai operasi tergantung kualitas air baku yang digunakan. Penelitian dilakukan langsung di Waduk Diponegoro, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah. Penelitian menggunakan pengolahan direct filtration dengan koagulasi dan flokulasi sebagai pengolahan awal. Media yang diteliti adalah single medium dan dual-medium dengan variasi media pasir silika, batu apung, dan perlit. Media tambahan untuk dual-medium yaitu pasir malang. Penelitian dilakukan selama 6 jam. Efisiensi penyisihan kekeruhan dan TSS terbaik pada filter single medium adalah filter dengan media pasir silika dengan nilai rata-rata penyisihan kekeruhan 56,78% dan TSS 31,89%, sedangkan untuk filter dengan dual-medium penyisihan kekeruhan dan TSS terbaik adalah filter dengan kombinasi media perlit dan pasir malang dengan nilai rata-rata penyisihan 49,19% dan 39,94%.*

**Kata kunci:** Waduk, Batu Apung, Perlit, Filtrasi, Kekeruhan, Padatan Tersuspensi

**Abstract**

*[Diponegoro Basin Water Treatment Within Suspended Solids and Turbidity Elimination using Media Silicate Sand, Pumice, and Perlite in Filtration Reactor]. The water reservoir has a very varied uses, are waste disposal which comply with quality standards, irrigation, energy resources, recreation, flood control, also supply the clean water. Variations in water quality is needed more flexibility and a combination of different operations depending on the quality of raw water used. Research carried out directly in the Diponegoro's reservoir, Tembalang, Semarang, Central Java. Pretreatment used is coagulation-flocculation. The media studied were single media and dual-media with media used is silica sand, pumice, and perlite. Additional media for dual-media that is malang sand. The study was conducted for 6 hours. The best TSS and turbidity removal efficiency on the single filter media is sand media filter with silica with the average value for turbidity 56.78% and TSS 31.89%, while for dual-media filters is best with a media filter combination is perlite and Malang sand with the average value of removal efficiency for turbidity and TSS is 49.19% and 39.94%.*

**Keywords:** Reservoir, Pumice, Perlite, Filtration, Turbidity, Suspended Solids

**1. PENDAHULUAN**

Air permukaan umumnya mengandung koliform, bakteri total, dan kekeruhan yang tinggi. Selain itu mengandung warna, rasa,

bau, radioaktivitas, oksigen terlarut, dan karbon dioksida yang bervariasi, serta padatan terlarut yang rendah, alga, protozoa yang ditemukan dalam bentuk tersuspensi atau koloid sehingga harus diolah terlebih dahulu

sebelum digunakan (Reynolds dan Richards, 1996; Al-Layla, *et al.*, 1977). Air permukaan tersebut dapat digunakan untuk air minum ketika air tanah tidak memenuhi secara kuantitas. Salah satunya adalah air waduk yang harus diolah terlebih dahulu karena polutan yang terkandung di dalamnya. Air waduk memiliki kegunaan yang sangat bervariasi, yaitu pembuangan limbah yang telah memenuhi baku mutu, irigasi, sumber energi, rekreasi, pengendali banjir, serta pemenuhan kebutuhan air bersih (Al-Layla, *et al.*, 1977). Bervariasinya kualitas air tersebut diperlukan keleluasaan lebih dan kombinasi dari berbagai operasi tergantung kualitas air baku yang digunakan (Reynolds dan Richards, 1996; Al-Layla, *et al.*, 1977). Untuk mengolah padatan tersuspensi dapat menggunakan unit operasi prasedimentasi, tangki pengendap, atau filtrasi. Namun, proses sedimentasi tidak sepenuhnya menyisahkan partikel tersuspensi dan koloid, harus ditambahkan proses filtrasi. Modifikasi filter pasir cepat dan jenis filter lain masih berlanjut pengembangannya, seperti filter pasir bertekanan, filter dengan multimedia, *up flow filter*, *diatomaceous earth filter*, dan lain-lain (Al-Layla, *et al.*, 1977). Air yang masuk ke dalam unit filtrasi idealnya memiliki konsentrasi kurang dari 5 NTU untuk menghasilkan konsentrasi sekitar 0,1 NTU dengan desain dan operasi yang baik pada saringan pasir cepat. Namun juga masih bisa beroperasi pada konsentrasi 10-20 NTU meski waktu operasinya tidak lama. (Binnie, 2002). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Selintung dan Syahrir (2012) menggunakan pasir kuarsa dari sungai Malimpung sebagai saringan pasir media tunggal yang mengolah air danau. Namun, hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa saringan pasir media tunggal belum memberikan hasil efektif, hanya parameter pH yang mengalami penurunan di semua variasi ketebalan. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Turan (2011), batu apung tanpa aktivasi sebagai media filter untuk menyaring limbah industri Elektrosan Elektrocopper Industry & Trade. Co. Ltd., Turkey dengan parameter tertinggi adalah Cu(II) sebesar  $45,51 \pm 4,01$  mg/L. Penyisihannya diidentifikasi menggunakan teknik *artificial intelligence* (ANN). Hasilnya adalah penyisihan Cu(II) efektif mencapai

98% menggunakan batu apung yang merupakan material alami dan murah. Penelitian Gironas (2008) yang menggunakan 3 variasi ketebalan media perlit, yaitu 6 cm, 8 cm, dan 10 cm. Konsentrasi air baku 50 – 1200 mg/L dengan pengukuran kekeruhan pada input setiap 30 menit sekali dan pada output setiap 5 menit sekali dengan durasi penelitian sampai 33 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil yang terbaik adalah hasil dari media dengan tebal 10 cm. Namun, dari hasil penelitian-penelitian tersebut belum dapat diketahui yang lebih baik efisiensi penyisihan kekeruhan antara filter yang menggunakan media pasir atau filter yang menggunakan media pecahan batu apung atau media perlit. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbandingan efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan di antara penggunaan media filter pasir silika, batu apung, dan perlit, menganalisis pengaruh pengolahan *direct filtration* terhadap efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan yang menggunakan media pasir silika, batu apung, dan perlit.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan langsung di Waduk Diponegoro, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah yang berada pada  $7^{\circ}03'13.1''S$  dan  $110^{\circ}26'42.1''E$ . Waktu penelitian dilakukan selama 6 jam. Kemudian uji analisis sampel air baku tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro yang berada pada  $7^{\circ}03'02,24''$  LS dan  $110^{\circ}26'25,10''$  BT. *Sieve analysis (grain size)* untuk mendapatkan butiran yang diinginkan dari media dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro yang berada sekitar pada  $7^{\circ}03'10,44''$  LS dan  $110^{\circ}26'20,14''$  BT.

### a. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis media yang digunakan, yaitu pasir silika, batu apung, dan perlit. Ketinggian media yang digunakan untuk masing-masing media pada reaktor *single-medium filter* adalah 61 cm dan tinggi media pada reaktor *dual-medium filter* adalah 15 cm untuk lapisan pertama dari

bawah dan 46 cm untuk lapisan media di atasnya.

#### b. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini, yaitu *suspended solids* dan kekeruhan yang terkandung di dalam air baku Waduk Diponegoro.

#### c. Variabel Kontrol

- Volume reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder dari pipa PVC dengan diameter 4 inci dan tinggi reaktor 100 cm.

- Kecepatan filtrasi

Kecepatan filtrasi yang dipakai adalah antara 2-4 gpm/ft<sup>2</sup> atau setara dengan 0,00136-0,00272 m<sup>3</sup>/detik/m<sup>2</sup> untuk *single medium filter* dan kecepatan filtrasi antara 3-8 gpm/ft<sup>2</sup> atau setara dengan 0,00204-0,00543 m<sup>3</sup>/detik/m<sup>2</sup>.

- Ketinggian air di dalam reaktor

Ketinggian air di dalam reaktor filtrasi diatur dan diusahakan untuk dijaga pada ketinggian tertentu tetap konstan untuk menghasilkan kecepatan filtrasi yang diinginkan. Ketinggian air di atas media adalah sekitar 5 cm.

- Debit inlet dan outlet

Debit inlet dan outlet yang diatur sama pada penelitian ini yaitu 20 ml/detik untuk menjaga ketinggian air di dalam reaktor tetap konstan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Koagulasi-Flokulasi

Penggunaan *pretreatment* koagulasi-flokulasi dikarenakan sistem *direct filtration* menggunakan koagulasi, flokulasi yang minimal, dan filtrasi. Untuk flokulasi menurut EPA (1995) adalah pilihan (*optional*) dikarenakan tidak efisien dalam pembangunannya yang membuang dana, waktu yang digunakan dalam flokulasi pada sistem ini juga adalah minimal. Selain itu, air yang diolah kekeruhannya antara 5-10 NTU sehingga cukup dengan unit koagulasi dan filtrasi. Debit pada inlet adalah 60 mL/detik. Sedangkan pada outlet flokulasi debit tersebut dibagi menjadi tiga untuk dialirkan ke dalam reaktor filtrasi sehingga debit yang masuk pada masing-masing reaktor filtrasi adalah 20 mL/detik. Waktu pengadukan pada koagulasi secara perhitungan adalah 10 detik yang sesuai

dalam Crittenden, *et al.* (2012). Waktu pengadukan pada flokulasi secara perhitungan adalah 2 menit. Penggunaan waktu yang begitu cepat sehingga tidak sesuai dengan kriteria dari flokulasi yang biasa digunakan untuk *direct filtration* (10-20 menit) dalam Crittenden, *et al.* (2012) dikarenakan peneliti salah memperhitungkan dalam mendesain. Namun, penggunaan waktu tersebut untuk sistem *direct filtration* dibutuhkan waktu yang cepat sesuai kebutuhan sehingga untuk penggunaan unit flokulasi adalah pilihan (*optional*). Dapat dikatakan koagulasi sesuai kriteria dan flokulasi tidak sesuai kriteria.

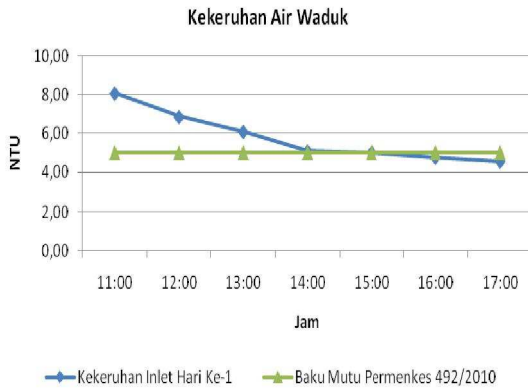
#### 3.2. Karakteristik Media Filter

Media filter yang digunakan adalah pasir silika, perlit, batu apung, dan pasir malang. Ukuran batu apung adalah 10-20 mm. Ukuran tersebut adalah ukuran terkecil dari yang didapatkan di pasaran. Ukuran perlit adalah 3-5 mm sehingga batu apung dan perlit tidak disaring untuk dianalisis butirannya. Sedangkan pasir silika dan pasir malang belum diketahui ukuran butirannya sehingga perlu dilakukan analisis ukuran butiran untuk diketahui sebaran ukuran butiran dari masing-masing jenis pasir tersebut. Setelah terbagi ke dalam beberapa ukuran, didapatkan ukuran efektif ( $d_{10}$ ) dari suatu bahan dengan membuat grafik. Kemudian akan didapatkan pula koefisien keseragaman (UC) dari suatu bahan dengan membagi nilai  $d_{60}$  (persen berat ke-60) dengan  $d_{10}$  (persen berat ke-10).

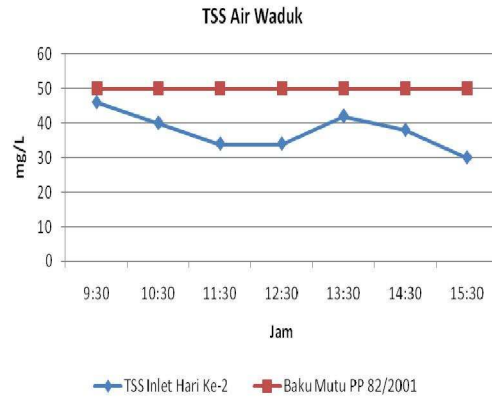
Hasil perhitungan menyimpulkan bahwa ukuran butiran pasir silika yang dibutuhkan antara 40 mesh – 4 mesh atau 0,4 mm – 4,76 mm dan untuk pasir malang antara 20 mesh – 6 mesh atau 0,841 mm – 3,36 mm.

#### 3.3. Karakteristik Air Waduk Diponegoro

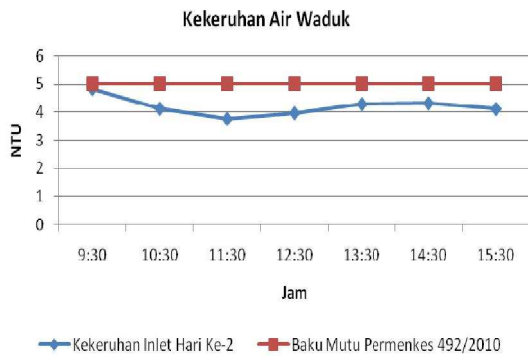
Air Waduk Diponegoro adalah air yang berasal dari sungai Krengseng, Tembalang yang merupakan sungai penampung limbah domestik masyarakat sekitar Tembalang, Jawa Tengah. Didominasi oleh pemukiman penginapan, usaha cuci pakaian, serta rumah makan. Kualitas air waduk yang telah didapatkan selama penelitian terdapat pada gambar 3.1 sampai gambar 3.4



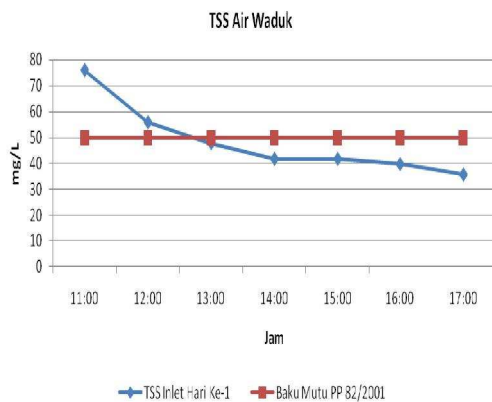
**Gambar 3.1**  
**Kualitas Kekeruhan Air Waduk**  
**Diponegoro Hari Ke-1**



**Gambar 3.4**  
**Kualitas TSS Air Waduk Diponegoro Hari**  
**Ke-2**



**Gambar 3.2**  
**Kualitas Kekeruhan Air Waduk**  
**Diponegoro Hari Ke-2**

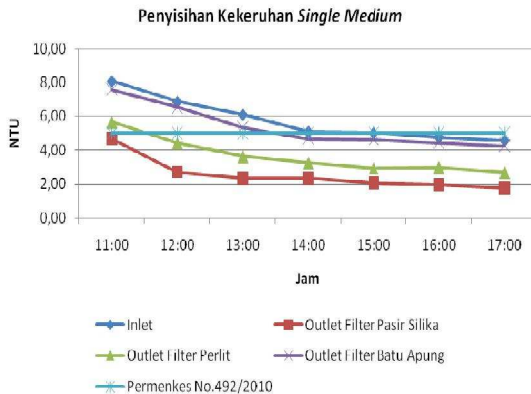


**Gambar 3.3**  
**Kualitas TSS Air Waduk Diponegoro Hari**  
**Ke-1**

Penelitian tersebut berjalan selama 6 jam dari pukul 11.00 WIB (jam ke-0) sampai dengan pukul 17.00 WIB (jam ke-6) pada hari pertama. Terlihat bahwa kekeruhan dari air waduk mengalami penurunan dikarenakan pada malam harinya terjadi hujan. Kemudian pada pagi harinya cerah, setelah itu sempat terjadi gerimis namun tidak berlangsung lama cerah kembali sampai selesai. Akibat adanya hujan pada malam harinya, banyak sampah di sekitar titik pengambilan air. Hari kedua dilaksanakan dari pukul 09.30 WIB (jam ke-0) sampai dengan pukul 15.30 WIB (jam ke-6) dengan kondisi eksisting di lapangan sangat sedikit sampah dikarenakan pada malam harinya tidak terjadi hujan dan pagi hingga malam kembali tidak turun hujan. Air waduk Diponegoro pada hari ke-1 jam ke-5 dan jam ke-6 serta hari ke-2 dapat digolongkan sebagai air layak minum untuk parameter kekeruhan karena berada di bawah batas parameter kekeruhan, yaitu 5 NTU pada Permenkes No. 492 Tahun 2010. Selain itu, pada saat dilakukan penelitian karena dalam waduk tersebut terdapat ikan, masyarakat yang memiliki hobi memancing banyak berdatangan untuk memancing ikan yang berada di waduk tersebut. Kenaikan nilai kekeruhan pada hari ke-2 di jam ke-3 dan ke-4 bisa jadi diakibatkan oleh sedimen pada waduk yang terangkat disebabkan karena pergerakan ikan yang ada di dalam waduk.

### 3.4. Penyisihan Kekeruhan

Pada hari pertama dilakukan penelitian menggunakan filter *single medium*. Terlihat pada gambar bahwa kualitas air terolah pada semua jenis media filter mengalami penurunan.

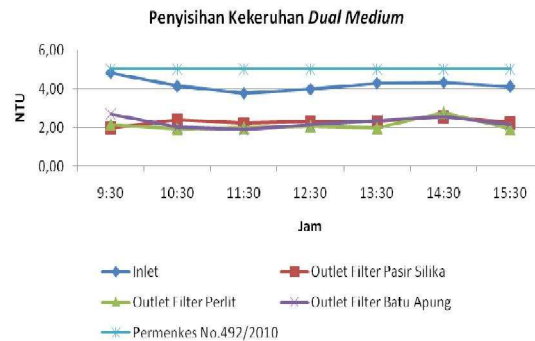


**Gambar 3.5**  
**Kualitas Kekeruhan Hari Ke-1 Pada Keluaran Filter Single Medium**

Bila dinilai dari tingkat penyisihan tertinggi, pasir silika memiliki efisiensi tertinggi pada jam ke-6 mencapai 61,64% dan terendah pada jam ke-0 dengan nilai 42,01% serta mendapatkan nilai rata-rata penyisihan sebesar 56,78%. Penyisihan tertinggi filter dengan media perlit ada pada jam ke-4 mencapai 41,67% dan penyisihan terendah pada jam ke-0 dengan nilai 29,86% serta mendapatkan nilai rata-rata penyisihan sebesar 37,43%. Nilai penyisihan filter dengan media perlit masih lebih baik dibandingkan dengan filter media batu apung yang memiliki nilai penyisihan tertinggi 12,21% pada jam ke-2 dan nilai penyisihan terendah pada jam ke-1 dengan nilai 4,52% serta nilai rata-rata penyisihan sebesar 7,51%. Bila dibandingkan perbedaan nilai efisiensi rata-rata dari ketiga media yang digunakan, maka nilai yang signifikan berbeda dengan kealpaan 0,05 adalah antara media pasir silika dan batu apung dengan  $P$ -value sebesar  $6,48 \times 10^{-10}$ , kedua adalah antara media batu apung dan perlit dengan  $P$ -value sebesar  $1,28 \times 10^{-9}$ , dan ketiga adalah antara media pasir silika dan perlit dengan  $P$ -value sebesar  $4,15 \times 10^{-5}$ . Semua nilai tersebut kurang dari 0,05 sehingga dapat dinyatakan semua media tersebut

menghasilkan nilai yang signifikan berbeda. Kualitas kekeruhan yang terbaik dari jenis media pasir silika, batu apung, dan perlit adalah filter yang menggunakan media pasir silika. Hal ini dikarenakan pasir silika memiliki berat dan tidak mengapung bila di dalam air. Batu apung dan perlit bila dimasukkan ke dalam air mudah mengapung karena ringan. Akibatnya menyebabkan terdapatnya celah atau rongga yang kurang rapat di antara media. Sehingga dapat mengurangi proses penyaringan dari media itu sendiri (Perlite Institute, Inc, 2012). Kemudian, perbedaan nilai kekeruhan antara pasir silika dan batu apung disebabkan oleh butiran media yang berbeda antara kedua media tersebut. Seperti yang dikatakan Putra (2009), bahwa semakin kecil diameter butiran, semakin baik dalam proses penyaringan.

Pada hari kedua dengan penggunaan *dual-medium* didapatkan hasil penyisihan yang terlihat pada gambar 3.6.



**Gambar 3.6**  
**Kualitas Kekeruhan Hari Ke-2 Pada Keluaran Filter Dual-Medium**

Nilai penyisihan kekeruhan pada filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang tertinggi terdapat pada jam ke-0 dengan nilai 58,75% dan nilai terendah 41% pada jam ke-5. Nilai penyisihan dari filter *dual-medium* perlit dan pasir malang tertinggi terdapat pada jam ke-0 dengan nilai 55% dan terendah pada jam ke-5 dengan nilai 35,66%. Pada filter *dual-medium* batu apung dan pasir malang, nilai tertinggi terdapat pada jam ke-1 dengan nilai 51,46% dan nilai terendah pada jam ke-5 dengan nilai 40,88%. Namun, bila dilihat dari rata-rata penyisihan, nilai terbaik didapatkan

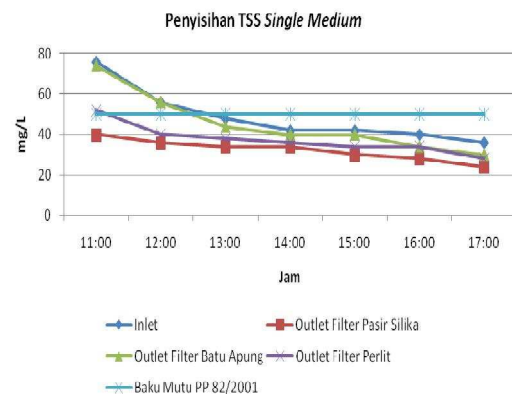
oleh filter *dual-medium* perlit dan pasir malang dengan nilai 49,19%, kemudian filter *dual-medium* batu apung dan pasir malang dengan nilai 46,45%, dan nilai rata-rata terendah dari filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang dengan nilai 45,15%. Bila dibandingkan perbedaan nilai efisiensi rata-rata dari ketiga pasang media yang digunakan dengan kealpaan 0,05 antara media pasir malang dan pasir silika dengan pasir malang dan batu apung, pasir malang dan batu apung dengan pasir malang dan perlit, serta pasir malang dan pasir silika dengan pasir malang dengan perlit masing-masing memiliki *P-value* sebesar 0,6475; 0,3554; serta 0,2699. Ketiga pasang media filter tersebut memiliki *P-value* lebih dari 0,05, sehingga dapat dinyatakan hasil penyisihan dari ketiga pasang media tersebut tidak signifikan berbeda.

Secara persentase, filter yang menggunakan kombinasi perlit dan pasir malang adalah yang terbaik. Ini dikarenakan perlit merupakan material yang memiliki pori dengan tingkat liku-liku yang tinggi (Gironas, 2008) sehingga sangat mudah untuk menempelnya partikel pada permukaan perlit (Perlite Institute, Inc, 2012) seperti batu apung yang memiliki kemampuan adsorpsi karena berongga, namun perlit tidak berongga. Nilai kekeruhan dari filter pasir silika dan pasir malang terjadi akibat media yang belum sepenuhnya bersih. Ini dapat dilihat pada grafik di titik jam ke-1 yang meningkat dibandingkan dengan nilai pada media lain di waktu yang sama. Namun, bila dilihat dari faktor lain seperti berat, kekerasan media, dan bila akan dilakukan *backwash* maka media terbaik untuk digunakan adalah media dengan kombinasi pasir malang dan pasir silika dikarenakan silika memiliki kekerasan dan berat dibandingkan dengan media lainnya. Bila akan dilakukan *backwash*, media pasir silika akan kembali jatuh ke bawah, tidak mengapung.

### 3.5. Nilai *Suspended Solids*

Parameter *suspended solids* sebenarnya tidak ada dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, tetapi ada pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan

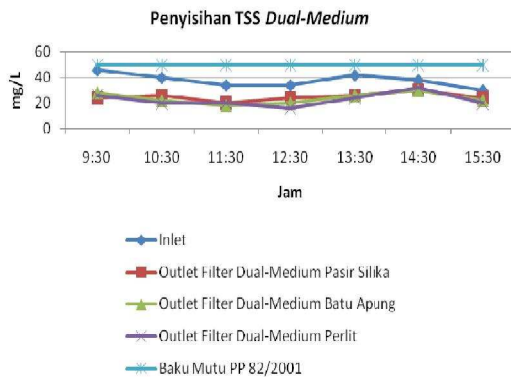
Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.



**Gambar 3.7**  
**Penyisihan TSS Pada Hari Ke-1**  
**Menggunakan Filter *Single Medium***

Terlihat pada grafik bahwa semua penyisihan TSS berada di bawah kualitas air inlet. Bila dilihat dari PP No. 82 Tahun 2001 untuk parameter TSS, bahwa air waduk Diponegoro tergolong ke dalam kelas 1 yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum. Nilai TSS pada inlet mengalami penurunan dikarenakan pada malam harinya sebelum dilaksanakan penelitian di lapangan terjadi hujan. Sehingga membuat keruh air dan nilai TSS pun meningkat. Namun seiring berjalannya waktu, nilai TSS turun karena pada waduk sendiri mengalami pengendapan. Secara kuantitas nilai rata-rata efisiensi penyisihan, bahwa pasir silika, batu apung, dan perlit memiliki rata-rata nilai masing-masing 31,89%, 7,45%, dan 21,65%. Bila dibandingkan perbedaan nilai efisiensi rata-rata dari ketiga media yang digunakan, maka nilai yang signifikan berbeda dengan kealpaan 0,05 adalah antara media pasir silika dan batu apung dengan *P-value* sebesar  $5,53 \times 10^{-5}$ , kedua adalah antara media batu apung dan perlit dengan *P-value* sebesar 0,0013, dan ketiga adalah antara media pasir silika dan perlit dengan *P-value* sebesar 0,02. Semua nilai tersebut kurang dari 0,05 sehingga dapat dinyatakan semua media tersebut menghasilkan nilai yang signifikan berbeda. Maka, media yang lebih baik dalam menyisihkan TSS adalah filter dengan media pasir silika. Sama halnya dengan hasil penelitian Putra (2009) bahwa semakin kecil

diameter butiran, semakin baik proses penyaringan.



**Gambar 3.8**  
**Penyisihan TSS Pada Hari Ke-2**  
**Menggunakan Filter *Dual-Medium***

Terlihat dari gambar 3.8, penyisihan TSS menggunakan filter *dual-medium* sudah baik. Secara nilai rata-rata efisiensi penyisihan, *dual-medium* menggunakan pasir malang dan silika, pasir malang dan batu apung, serta pasir malang dan perlit memiliki nilai masing-masing 33,22%, 36,88%, 39,94%. Bila dibandingkan perbedaan nilai efisiensi rata-rata dari ketiga pasang media yang digunakan dengan kealpaan 0,05 antara media pasir malang dan pasir silika dengan pasir malang dan batu apung, pasir malang dan batu apung dengan pasir malang dan perlit, serta pasir malang dan pasir silika dengan pasir malang dengan perlit masing-masing memiliki *P-value* sebesar 0,5048; 0,6146; serta 0,292. Ketiga pasang media filter tersebut memiliki *P-value* lebih dari 0,05, sehingga dapat dinyatakan hasil penyisihan dari ketiga pasang media tersebut tidak signifikan berbeda.

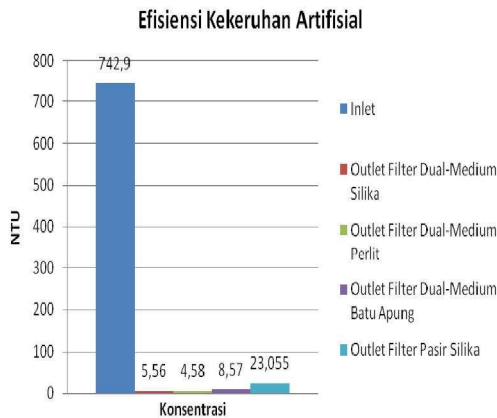
Penurunan TSS, kemudian naiknya TSS kembali pada inlet dapat diakibatkan karena sedimen pada waduk terangkat yang disebabkan oleh gerakan-gerakan ikan yang ada di dalam waduk. Selain dapat berfungsi sebagai tempat rekreasi juga waduk dijadikan sebagai budidaya ikan air tawar sehingga banyak juga pemancing yang berdatangan ke waduk Diponegoro sebelum dilarangnya waduk untuk memancing. Kemudian bila melihat dari grafik bahwa penyisihan terbaik ada pada penggunaan filter *dual-medium* perlit dan pasir malang. Namun, bila melihat dari

stagnasi grafik, filter yang baik adalah yang menggunakan pasir silika dan pasir malang. Meskipun pada jam ke-1 dan jam ke-5 TSS yang dihasilkan dari penggunaan media pasir silika dan pasir malang meningkat, tetapi masih di bawah kualitas TSS dari inlet. Pada penggunaan media perlit dan pasir malang di jam ke-4 dan ke-5 terjadi peningkatan nilai TSS. Peningkatan tersebut dapat diakibatkan karena lepasnya flok atau terjadi proses intersep pada flok yang terbawa oleh aliran air menuju outlet mengakibatkan peningkatan TSS. Sedangkan pada filter bermedia batu apung dan pasir malang sempat mengalami penurunan, namun pada jam ke-3 berangsur-angsur naik dan mencapai puncaknya pada jam ke-5. Tetapi nilai TSS turun kembali pada jam ke-6 seiring menurunnya nilai TSS pada inlet. Naik atau turunnya nilai TSS yang terjadi dapat diakibatkan oleh kebersihan media yang kurang baik serta TSS yang sudah teresimentasi atau terendapkan di antara celah atau pori media lepas kembali karena terdorong oleh aliran air yang mengalir sehingga nilai TSS yang terjadi dapat naik. Maka, media terbaik dari hasil di atas adalah *dual-medium* menggunakan pasir malang dan perlit. Ini dikarenakan media perlit yang memiliki pori dengan tingkat liku-liku yang tinggi (Gironas, 2008) meskipun ringan (Perlite Institute, Inc. 2012) tetapi tertahan oleh media pasir malang yang berada di atasnya sehingga menjadi rapat.

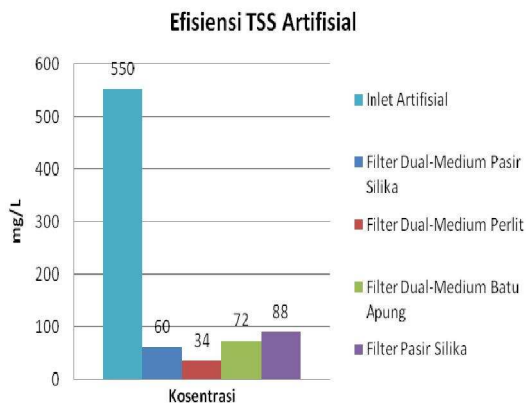
### 3.6. Penggunaan Sistem *Direct Filtration* Pada Air Waduk Diponegoro

Seperti yang telah diungkapkan sebelumnya bahwa kualitas kekeruhan air waduk Diponegoro layak digunakan sebagai air minum dilihat dari parameter kekeruhan bila tidak terjadi hujan. Jika turun hujan akan mengalami peningkatan kekeruhan sehingga kualitas air waduk Diponegoro turun. Penggunaan sistem pengolahan air secara *direct filtration* sangat cocok digunakan pada kondisi air seperti air waduk Diponegoro yang nilai kekeruhannya antara 5 NTU – 10 NTU. Untuk media filter yang baik dari hasil penelitian yang telah dilakukan dipilih media filter dengan kombinasi pasir silika dan pasir malang meski dari percobaan kontinu filter

*single medium* pasir silika memiliki nilai lebih baik daripada filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang. Namun, peneliti melakukan percobaan menggunakan kekeruhan artifisial yang mencapai 742,9 NTU. Peneliti menggunakan *single medium* pasir silika, *dual-medium* pasir silika dan pasir malang, perlit dan pasir malang, serta batu apung dan pasir malang. Hasil yang didapatkan seperti terlihat pada gambar 3.9 dan 3.10



**Gambar 3.9**  
Kualitas Kekeruhan Air Olahan Dari Air Artifisial



**Gambar 3.10**  
Kualitas TSS Air Olahan Dari Air Artifisial

Terlihat dari gambar hasil penyisihan oleh filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang, perlit dan pasir malang, batu apung dan pasir malang, serta filter *single medium* pasir silika masing-masing mencapai 5,56 NTU, 4,58 NTU, 8,57 NTU, 23,055 NTU. Media filter yang terbaik penyisihannya adalah

filter dengan kombinasi media perlit dan pasir Malang. Untuk kekeruhan nilai penyisihannya mencapai 99,38% dan TSS mencapai 93,82%. Pada filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang serta batu apung dan pasir malang nilai penyisihan kekeruhan adalah 99,25% dan 89,09% dan TSS adalah 98,85% dan 86,91%. Untuk filter *single medium* pasir silika mendapatkan nilai penyisihan kekeruhan dan TSS sebesar 96,9% dan 84%. Namun, bila melihat dari faktor penggunaannya perlit dan batu apung tidak cocok dipakai karena bila dilakukan *backwash* batu apung dan perlit akan mengapung sehingga peneliti lebih menyarankan penggunaan filter *dual-medium* pasir silika dan pasir malang karena memang dari nilai penyisihan, filter tersebut mendapatkan nilai optimum. Selain itu, peneliti menyarankan untuk menambahkan penggunaan unit sedimentasi untuk menyisihkan padatan agar ketika kekeruhan meningkat, pengolahan air waduk Diponegoro dapat dilakukan lebih efektif.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian ini sebagai berikut.

1. Efisiensi penyisihan kekeruhan dan TSS terbaik pada filter *single medium* adalah filter menggunakan media pasir silika dengan nilai rata-rata penyisihan kekeruhan 56,78% dengan rentang antara 1,76-4,68 NTU dan TSS 31,89% dengan rentang antara 24-40 mg/L. Sedangkan untuk filter dengan *dual-medium* penyisihan kekeruhan dan TSS terbaik adalah filter dengan kombinasi media perlit dan pasir malang dengan nilai rata-rata penyisihan 49,19% dengan rentang antara 1,94-2,77 NTU dan 39,94% dengan rentang antara 16-32 mg/L.
2. Penggunaan sistem *direct filtration* sangat cocok digunakan pada karakteristik kekeruhan air waduk Diponegoro yang berkisar antara 5 – 10 NTU. Serta filter yang digunakan adalah filter dengan *dual-medium* kombinasi pasir silika dan pasir malang berdasarkan besar nilai penyisihan optimum secara artifisial yang mencapai 99,25% untuk kekeruhan dan 89,09% untuk TSS.



## 5. SARAN

Saran yang dapat peneliti berikan adalah:

1. Peneliti lain yang akan meneliti pemurnian air menggunakan sistem *direct filtration* dapat meneliti parameter lain selain kekeruhan dan TSS.
2. Peneliti lain dapat meneliti waktu yang tepat untuk dilakukan *backwash*.
3. Menggunakan media selain perlit, batu apung, dan silika agar lebih bervariasi penggunaan material sebagai media filter.
4. Penggunaan media filter apapun harus dipastikan sudah bersih agar tidak mengganggu atau menghambat ketika analisis.
5. Untuk sistem pengolahan kontinu, pengambilan sampel harus pada sumber (input sebelum *pretreatment*), kemudian output *pretreatment*, dan pada outlet reaktor filtrasi.

### Daftar Pustaka

- Al-Layla, M. Anis, Shamim Ahmad, dan E. Joe Middlebrooks. 1977. *Water Supply Engineering Design*. Michigan: Ann Arbor Science.
- Binnie, Chris, *et al.* 2002. *Basic Water Treatment, Third Edition*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.
- Crittenden, John C. *et al.* 2012. *MWH's Water Treatment: Principles and Design, Third Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Environmental Protection Agency. 1995. *Water Treatment Manuals: Filtration*. Ireland: EPA.
- Gironas, Jorge, Adriasola, Jose M., dan Fernandez, Binofacio. *Experimental Analysis and Modeling of a Stormwater Perlite Filter*. Water Environment Research, Volume 80, Number 6. June 2008.
- Perlite Institute, Inc. *Perlite for Filtration*. [www.perlite.org](http://www.perlite.org). 2012.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Putra, Sugili, Rantjono, Suryo, dan Ningrum Aster Novianti. *Penggunaan Perunut I-131 Untuk Mempelajari Proses Penyaringan Menggunakan Filter Pasir*. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 5 November 2009. ISSN 1978-0176.
- Reynolds, Tom D dan Richards, Paul A. 1996. *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering, 2nd edition*. Boston: PWS Publishing Company.
- Selintung, Mary dan Syahrir, Suryani. 2012. *Studi Pengolahan Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung)*. Prosiding 2012. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Turan, N. Gamze, Mesci, Basak, Ozgonenel, Okan. *The Use of Artificial Neural Networks (ANN) for Modeling of Adsorption of Cu(II) from Industrial Leachate by Pumice*. Chemical Engineering Journal 171 (2011) 1091-1097. Elsevier.