

**NASKAH SEMINAR TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN UNIT PENGOLAHAN AIR BERSIH**  
(Studi Kasus: Unires Putri UMY, Tamantirto, Kasihan Bantul)<sup>1</sup>  
Yuyun Widiasmoro<sup>2</sup>, Burhan Barid<sup>3</sup>, Nursetiawan<sup>4</sup>

**ABSTRAK**

*Sumber energi yang terpenting di dunia ini adalah air. Ketersediaan air yang cukup secara kuantitas, kualitas, dan kontinuitas sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia. Air merupakan kebutuhan primer bagi manusia dan makhluk hidup sekitarnya. Oleh manusia air digunakan untuk kehidupan sehari-hari dan kepentingan lainnya, sehingga kebutuhan air bersih sangat diperlukan. Untuk menjaga kebersihan air perlu memperhatikan kualitas dan kuantitas.*

*Pada penelitian ini membahas tentang kajian kualitas air di Unires Putri UMY berdasarkan parameter fisik, kimia, biologi dan menganalisis metode water treatment plant. Metode water treatment plant yang digunakan adalah dengan metode saringan pasir lambat. Analisis pembuatan model water treatment plant yang digunakan berdasarkan hasil kajian pustaka yang sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti.*

*Berdasarkan analisis yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa Hasil uji lab yang dilakukan oleh BBTKLPP Yogyakarta dengan sampel air di UNIRES Putri UMY sebagian besar parameter seperti Besi, TDS, dan Kesadahan telah memenuhi standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, tetapi hasil uji dengan parameter Mangan (Mn) adalah 0,6075 yang melebihi dari kadar maksimum sebesar yaitu 0,4 dan parameter kekeruhan sebesar 6 NTU melebihi kadar maksimum yaitu sebesar 5 NTU. Efektifitas penurunan paling efektif adalah dengan menggunakan media Zeolit dengan efektifitas penurunan Besi sebesar 94,94, Mangan sebesar 86,27, Kesadahan sebesar 86,03, TDS sebesar 45,15 dan Kekeruhan sebesar 21,41. Dimensi saringan pasir lambat dengan panjang 3,91 m, lebar 2 m dan tinggi 2,4 m.*

***Kata Kunci:*** Air, Saringan Pasir Lambat, Water Treatment

<sup>1</sup>Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
NIM: 20130110371. Email : ynwidiasmoro@gmail.com

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing I

<sup>4</sup>Dosen Pembimbing II

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Masyarakat pada umumnya memperoleh sumber air dari air tanah, air permukaan dan air hujan. Seperti yang digunakan di UNIRES putri UMY berasal dari air tanah yang kualitasnya masih belum terjamin. Air tanah diambil menggunakan pompa, kemudian ditampung di bak penampung. Banyak mahasiswa yang mengeluhkan air di UNIRES putri UMY kadang-kadang bau dan sedikit keruh, sehingga kualitas air menjadi kurang baik. Bau dan kekeruhan ini dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik. Berdasarkan pengamatan sebelumnya keadaan air di area UNIRES Putri UMY agak keruh, berwarna kuning kecoklatan dan berbau seperti besi. Kebutuhan air bersih di wilayah kampus UMY cukup besar salah satunya untuk memenuhi kebutuhan di area UNIRES Putri UMY. Penggunaan air di UNIRES Putri UMY dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari mahasiswa yang tinggal di UNIRES Putri UMY, seperti mandi, mencuci, masak dan lain-lain. Oleh karena itu perlu dilakukan uji terhadap kualitas air di UNIRES Putri UMY untuk mengetahui kadar pencemar air.

Kualitas air yang kurang baik perlu diolah agar kualitas air menjadi lebih baik. Untuk memperbaiki kualitas air, dapat menggunakan cara seperti koagulasi dan filtrasi. Dalam penelitian ini diharapkan bisa menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas air di UNIRES putri UMY.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka timbul permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain model alat *water treatment plant* untuk meningkatkan kualitas air di UNIRES putri UMY
2. Bagaimana cara kerja alat *water treatment plant*
3. Berapa anggaran biaya (RAB) untuk pembuatan *water treatment plant*

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efektifitas alat *water treatment plant*

2. Untuk mengetahui cara operasional alat *water treatment plant*
3. Untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat *water treatment plant*

### D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui kualitas air di UNIRES putri UMY.
2. Memberikan masukan pengelola kampus untuk meningkatkan kualitas air dengan alat *Water Treatment Plant*.
3. Sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kualitas air sesuai dengan Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010.

### E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi pada permasalahan dalam melakukan penelitian :

1. Air baku sampel berasal dari di UNIRES putri UMY.
2. Parameter yang diamati yaitu adalah kadar besi (Fe), Mangan (Mn), Kekeruhan, TDS dan Kesadahan

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### A. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses dimana Bergeraknya air dari bumi menuju atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi, yang berlangsung secara terus menerus. (Triatmojdo, 2008). Sumber terjadinya siklus hidrologi adalah sinar matahari. Akibat adanya sinar matahari, air yang berada dipermukaan tanah seperti sungai, danau, dan laut mengalami penguapan ke udara, uap air tersebut kemudian bergerak dan naik menuju atmosfer yang kemudian terjadi proses kondensasi yang pada akhirnya merubah uap air tersebut menjadi partikel-partikel air yang berbentuk es, partikel-partikel air tersebut akan menyatu satu sama lain hingga membentuk awan. Kemudian partikel-partikel air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Air hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan oleh tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian yang lain sampai kepermukaan tanah dan mengalir di permukaan tanah (*surface runoff*) mengisi cekungan-cekungan tanah, danau, dan masuk

ke aliran sungai dan pada akhirnya akan mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) mengisi air tanah dan kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai, dan pada akhirnya aliran air sungai akan sampai ke laut.

Siklus hidrologi memiliki peranan yang teramat penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi. Melalui siklus inilah, kesediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, mengingat teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini.

Siklus hidrologi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

1. Siklus hidrologi pendek.
2. Siklus hidrologi sedang.
3. Siklus hidrologi panjang atau besar.

#### **B. Sumber Air**

Jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Siklus hidrologi ialah pergerakan air yang dialami yang terdiri dari berbagai peristiwa yaitu :

1. Penguapan (evaporasi)
2. Pembentukan awan (kondensasi)
3. Peristiwa jatuhnya air ke bumi (presipitasi)
4. Aliran air pada permukaan bumi dan di dalam tanah

Sumber air yang umum digunakan pada masyarakat untuk mendapatkan air bersih yaitu:

1. Air Laut
2. Air Atmosfir, .
3. Air permukaan
4. Air Tanah

Air tanah dibagi menjadi tiga yaitu :

- a. Air Tanah Dangkal
- b. Air Tanah Dalam
- c. Mata Air

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan. Fungsi air tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan salah satu komponen utama dalam bahan dan produk pangan. Air memiliki manfaat yang sangat banyak yang berguna bagi makhluk hidup di bumi, sehingga air mempunyai peranan yang penting dalam melangsungkan kehidupan. Pengotor yang ada dalam air yang akan diolah sebelum digunakan dalam industri

dapat bermacam – macam diantaranya adalah kekeruhan (*turbidity*). Kualitas air yang meliputi karakteristik fisik air diantaranya :

1. Kekeruhan
2. Temperatur
3. Warna
4. Solid (Zat padat)
5. Bau dan rasa

### **3. LANDASAN TEORI**

#### **A. Kriteria Baku Air Bersih**

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air (PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air). Baku mutu air digunakan sebagai tolak ukur terjadinya pencemaran air.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air digolongkan menjadi 4 (empat) kelas dimana pembagian kelas ini berdasarkan pada tingkat baiknya mutu air dan kemungkinan kegunaan bagi suatu peruntukan (*designated beneficial water uses*). Klasifikasi mutu air tersebut yaitu :

1. Kelas Satu : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku, air minum dan atau peruntukan lainya yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas Dua : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan lainya yang sama dengan kegunaan tersebut
3. Kelas Tiga : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan lainya yang sama dengan kegunaan tersebut
4. Kelas Empat : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan lainya yang sama kegunaan tersebut

#### **B. Kualitas Air**

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting, karena air digunakan untuk kehidupan sehari-hari untuk

bertahn hidup. Sehingga untuk memperoleh air bersih memerlukan sumber air bersih dari permukaan dan air tanah. Tidak semua air baku dapat dikonsumsi, hanya air baku yang memenuhi syarat kualitas air bersih yang dapat dimanfaatkan

Kualitas Air adalah Karakteristik mutu yang dibutuhkan untuk pemanfaatan tertentu dari sumber – sumber air. Dengan adanya standard kualitas air, orang dapat mengukur kualitas dari berbagai macam air. Setiap jenis air dapat diukur konsentrasi kandungan unsur yang tercantum didalam standard kualitas, dengan demikian dapat diketahui syarat kualitasnya, dengan kata lain standard kualitas dapat digunakan sebagai tolak ukur. Standard kualitas air bersih dapat diartikan sebagai ketentuan-ketentuan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat dan pengawasan kualitas air,

1. Syarat Fisik
  - a. Suhu
  - b. Bau dan Rasa
  - c. Kekeuhan
  - d. Warna
  - e. TDS (Total Dissolve Solid) yaitu.
2. Syarat Kimia
  - a. Kadar Besi (Fe)
  - b. Mangan
  - c. Kesadahan
  - d. Klorida (Cl)
  - e. Derajat Keasaman (pH)
  - f. Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)
  - g. Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)
  - h. Fluorida (F)
  - i. Seng (Zn)
  - j. Sulfat (SO<sub>4</sub>)
  - k. Zat Organik (KMnO<sub>4</sub>)
3. Faktor Bakteriologis

Dalam parameter bakteriologi digunakan bakteri indikator polusi atau bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang dapat digunakan sebagai petunjuk adanya polusi feses dari manusia maupun dari hewan, karena organisme tersebut merupakan organisme yang terdapat di dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan.

### C. Pengolahan Air

1. Pengolahan Secara Fisika

Pengolahan air secara fisika dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

- a. Filtrasi.
  - b. Pengendapan
  - c. *Absorpsi*.
2. Pengolahan Secara Biologi  
Pengolahan air secara biologi dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu :
    - a. Pemanasan
    - b. Penyinaran dengan sinar *ultraviolet*.
    - c. *Chorinasi*.
  3. Pengolahan secara Kimia  
Pengolahan secara kimia dapat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu :
    - a. Penambahan koagulasi
    - b. Proses *aerasi*

### D. Filtrasi

1. Pengertian Filtrasi

Konsep dasar dari pengolahan air dengan cara penyaringan adalah dengan memisahkan padatan atau koloid dari air dengan menggunakan alat penyaring. Air yang mengandung padatan, dilewatkan pada media saring dengan ukuran pori-pori atau lubang tertentu. Prinsip kerja filtrasi tergantung dari besar butiran dan tebal media filtrasi.

Terdapat dua jenis proses penyaringan yang terjadi pada saat melakukan penyaringan, yaitu secara fisika dan biologi. Partikel-partikel yang ada dalam air yang keruh secara fisik akan tertahan oleh lapisan pasir pada saringan. Disisi lain bakteri-bakteri dari genus *pseudomonas* dan *trichoderma* akan tumbuh dan berkembang baik, pada saat proses filtrasi pathogen yang tertahan oleh saringan akan dimusnahkan oleh bakteri-bakteri tersebut. Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh dalam filtrasi yaitu:

- a. Besar kecilnya ukuran filter
- b. Ketebalan filter
- c. Kecepatan filtrasi
- d. Temperatur
- e. Waktu kontak

2. Media filtrasi

- a. Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Mineral utama yang terdapat di dalam Zeolit ialah *clinoptilolite* yang merupakan silikat kalsium, potassium, magnesium dan alumino dan memiliki kadar penukaran cation (CEC) +120 meq./100g.

b. Kerikil

Kerikil berfungsi sebagai media penyangga dalam proses filtrasi, agar media pasir tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari. Diameter kerikil yang digunakan biasanya antara 1 – 2,5 cm. Batuan kerikil mempunyai bentuk yang tidak beraturan namun ukurannya dapat disamakan melalui proses pengayakan analisa krikil. Di Indonesia pembagian fradasi krikil sesuai dengan lubang ayakan yang terdiri dari 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 40 mm.

c. Pasir aktif

Pasir aktif dalam istilah globalnya *activated sand*, mempunyai fungsi sebagai pengikat unsur besi/ ferrum (Fe), mangan(Mn), serta sulfida dalam air. Pasir aktif berbentuk padat, tahan terhadap tekanan air yang dikeluarkan oleh pompa atau *pressure pump*.

d. Karbon Aktif

Karbon aktif terbuat dari batok atau tempurung kelapa yang dibakar sampai menjadi karbon. Karbon aktif berfungsi penyerap bau, menghilangkan warna kuning dan unsur yang merugikan di dalam kandungan air.

## E. Teknologi Penjernih Air

### 1. Kombinasi Karbon Aktif dan Ozonasi pada Proses Pengolahan Air Minum

Proses penjernihan air untuk mendapatkan air yang berkualitas telah dilakukan oleh manusia beberapa abad yang lalu. Pada tahun 1771, di dalam edisi pertama *Encyclopedia Britanica* telah dibicarakan fungsi filter (filtrasi) sebagai sistem penyaring untuk mendapatkan air yang lebih jernih. Perkembangan selanjutnya dari proses pengolahan air minum, telah menghasilkan bahwa pembubuhan zat pengendap atau penggumpal (koagulan) dapat ditambahkan sebelum proses penyaringan (filtrasi). Selanjutnya proses penggumpalan yang ditambahkan dengan proses pengendapan (sedimentasi) dan penyaringan (filtrasi) serta menggunakan zat-zat organik dan anorganik adalah merupakan awal dari cara pengolahan air. Kini ilmu pengetahuan telah berkembang dengan cepatnya, telah diciptakan /didesain sarana pengolahan air minum dengan berbagai sistem.

### 2. Penggunaan teknologi membran

Dalam pengolahan air banjir dilakukan setelah air banjir melewati proses penyaringan kasar terlebih dahulu, yaitu menyaring sampah-sampah dan kotoran kasar lainnya, salah satunya adalah dengan sand filter (filter pasir). Setelah melewati beberapa proses baru dapat di proses dengan menggunakan teknologi

membran. Teknologi membran yang digunakan untuk mengolah air banjir ini adalah Filtrasi Ultra atau Ultra Filtration (UF). Ukuran pori-pori pada membran Ultra Filtration adalah 0,01  $\mu\text{m}$  - 0,001  $\mu\text{m}$ , air kotor yang melewati membran Ultra Filtration (UF) ini akan sangat jernih. Protein, pati, antibiotik, silika koloid, gelatin, organik, pewarna, lemak hingga bakteri dapat tersaring oleh membran Ultra Filtration (UF) atau Filtrasi Ultra, air yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk masak, mencuci, mandi dan lain sebagainya.

### 3. Saringan pasir lambat

Saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis. Saringan pasir lambat lebih cocok mengolah air baku, yang mempunyai kekeruhan sedang sampai rendah, dan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) sedang sampai tinggi. Kandungan oksigen terlarut tersebut dimaksudkan untuk memperoleh proses biokimia dan biologis yang optimal. Apabila air baku mempunyai kandungan kekeruhan tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut rendah, maka sistem saringan pasir lambat membutuhkan pengolahan pendahuluan.

Jenis saringan pasir lambat (SPL) ada 2 macam yaitu:

#### 1. Saringan pasir lambat “Down Flow” atau konvensional.

Saringan pasir lambat yang menggunakan sistem penyaringan air dari atas ke bawah, yang pencucian media saringan dan filternya dilakukan secara manual yakni dengan mengeruk lapisan pasir bagian atas, kemudian dicuci dengan air bersih.

#### 2. Saringan pasir lambat “Up Flow”

Saringan pasir lambat dengan menggunakan sistem penyaringan dari bawah keatas, yang mempunyai keunggulan dalam hal pencucian media saring yang lebih mudah dibanding dengan model saringan pasir lambat konvensional. Jika saringan telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka kran penguras. Dengan adanya

pengurasan ini, air bersih yang berada diatas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring (*back wash*). Dengan demikian pencucian media penyaringan pada saringan pasir lambat Up Flow tersebut dilakukan tanpa mengeluarkan atau mengeruk media penyaringan, dan dapat dilakukan kapan saja.

#### F. Perhitungan Kadar dan Efisiensi

Dalam parameter kualitas air tersebut terdapat perhitungan kadar dan efisiensinya, disini akan dijelaskan bagaimana cara perhitungannya.

##### 1. Efisiensi Penurunan

$$E_p = \frac{X_{out} - X_{in}}{X_{in}} \times 100\%$$

$X_{out}$  = Nilai dari parameter sebelum proses pengolahan

$X_{in}$  = Nilai dari parameter setelah proses pengolahan

##### 2) Perhitungan hasil analisis

Hasil analisis : *hasil uji – (efisiensi penurunan x hasil uji)*

#### G. Perencanaan Saringan Pasir Up Flow

1. Dalam perencanaan SPL Up Flow beberapa kriteria perencanaan yang harus dipenuhi antara lain:

- a. Kekeruhan air baku lebih kecil 10 NTU. Jika lebih besar dari 10 NTU perlu dilengkapi dengan bak pengendap dengan atau tanpa bahan kimia.
  - b. Kecepatan penyaringan antara 5 – 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/Hari.
  - c. Tinggi lapisan pasir 0,60 – 1,0 m.
  - d. Tinggi lapisan kerikil 0,15 – 0,30 m.
  - e. Tinggi muka air di atas media pasir 1,0 – 1,50 m.
  - f. Tinggi ruang bebas antara 0,20 – 0,30 m.
  - g. Diameter pasir yang digunakan 0,002 - 0,004 m.
  - h. Jumlah bak penyaring minimal dua buah.
2. Secara umum, proses pengolahan air bersih dengan SPL terdiri atas:
- a. Bangunan penyadap.
  - b. Bak penampung/ bak penenang.
  - c. Saringan awal.
  - d. Saringan pasir utama.
  - e. Bak air bersih.
  - f. Perpipaian, keran, sambungan dll.
3. Menentukan dimensi bak SPL: (SNI 3981:2008)
- a. Luas permukaan bak SPL

$$A = \frac{Q}{v}$$

Dengan:

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

V = Kecepatan penyaringan (m<sup>3</sup>/jam)

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

Dimana luas permukaan bak

$$A = P \times L$$

Dengan :

P = Panjang bak

L = Lebar bak

Perbandingan panjang bak dengan lebar bak sebesar 2:1

b. Kedalaman bak SPL, seperti tabel berikut :

Tabel 3.1 Kedalaman saringan pasir lambat

No	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1	Tinggi bebas (freebord)	0,20 s.d 0,30
2	Tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
	Jumlah	2,05 s.d 3,30

Sumber : SNI 3981 : 2008

c. Media penyaring SPL, dengan kriteria sebagai berikut :

1. Jenis pasir yang mengandung kadar SiO<sub>2</sub> lebih dari 90 %;
2. Diameter efektif 0,2 mm sampai dengan 0,4 mm;
3. Koefisien keseragaman butiran 2 sampai dengan 3

d. Media penahan, jenis kerikil tersusun dengan lapisan teratas butiran kecil dan berurutan ke butiran kasar pada lapisan paling bawah, gradasi butir media kerikil dapat dilihat pada table 3.2 berikut:

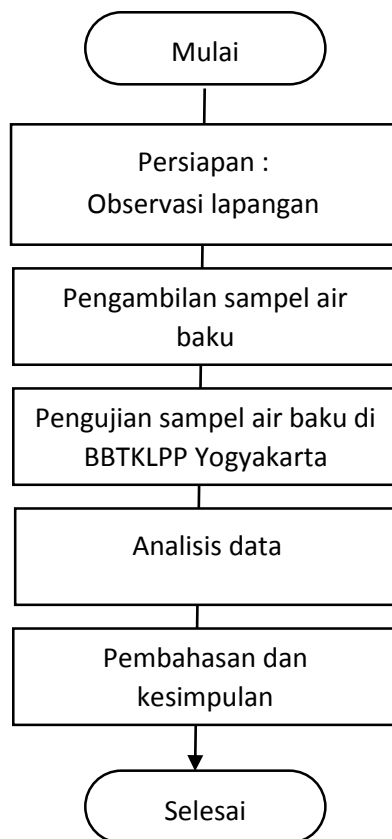
#### 4. METODE PENELITIAN

##### A. Tahapan Penelitian

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini dimulai dari studi pustaka yaitu mencari data serta informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Selanjutnya melakukan survey lapangan dengan melakukan pengamatan fisik di lokasi penelitian yang nantinya akan dipilih sebagai air sampel pada penelitian.

Setelah itu maka langkah selanjutnya adalah mengambil sampel air di lokasi

penelitian yaitu di Unires Putri UMY. Lalu sampel air hasil pengambilan di lokasi penelitian dikirim dan diujikan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta (BBTKLPP Yogyakarta) dengan parameter lengkap standar air baku. Urutan tahapan penelitian seperti tergambar pada Flow Chart dibawah ini.



Gambar 4.1. Flow Chart Tahap Penelitian

#### H. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel air di Unires Putri UMY yang berlokasi di Desa Tamantirto, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Pemilihan air Unires Putri UMY sebagai sampel air yang digunakan pada penelitian ini yaitu berdasarkan hasil survey lapangan yang penulis lakukan banyak keluhan dari pengelola dan penghuni Unires Putri UMY tentang kondisi air tersebut. Jumlah sampel air yang yang dipajai sebanyak 2 jerigen air yang masing-masing diisi sebanyak 2,5 liter. Sampel air tersebut diambil di penampungan air dibawan dan penampungan air di tandon atas. Sampel air hasil pengambilan ini kemudian

diujikan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta (BBTKLPP Yogyakarta).

#### I. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2017 dimulai dari studi pustaka, serta persiapan alat dan bahan untuk pengambilan sampel air di UNIRES Putri UMY. Pengambilan sampel air pada waktu pagi yang dilaksanakan bulan Mei 2017, Pengujian sampel air dilakukan di BBTKLPP Yogyakarta pada bulan Mei 2017 dan data hasil pengujian dikeluarkan pada bulan Juni 2017

#### J. Sumber Data

Sumber-sumber data diperoleh dari :

##### 1. Data Primer

Data primer didapatkan langsung dari hasil pengujian yang dilakukan oleh BBTKLPP Yogyakarta

##### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan secara tidak langsung. Pada penelitian ini sumber data sekunder yang digunakan adalah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

#### K. Metode Pengujian

Pada penelitian ini pengujian hasil sampel dilakukan di BBTKLPP Yogyakarta. Metode yang digunakan BBTKLPP Yogyakarta untuk pengujian kekeruhan yaitu dengan menggunakan alat netelometer metode uji SNI 06- 6989.25-2005. Pengujian DO menggunakan alat DO meter hach model 16046 dengan metode APHA 2012, Section 4500-OG. Pengujian pH menggunakan metode uji SNI 06-6989.11-2004.

### 5. ANALISIS PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian

Hasil pengujian sampel air yang berasal dari UNIRES Putri UMY yang dilakukan oleh BBTKLPP Yogyakarta dengan menggunakan standar berdasarkan peraturan menteri kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Uji Lab BBTKLPP Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Kadar Maksimum
1	Besi (Fe)	mg/L	0,0889	SNI 6989.4-2009	0,3
2	Mangan (Mn)	mg/L	0,6075	SNI 6989.5-2009	0,4
3	Kekeruhan	NTU	6	SNI 06-6989.25-2005	5
4	TDS	mg/L	231	In House Methode	500
5	Kesadahan	mg/L	139	SNI 06-6989.12-2004	500

Sumber : Hasil Pengujian dari BBTCLPP Yogyakarta, 2017.

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa sampel air yang diuji oleh BBTCLPP yogyakarta didapatkan hasil tersebut, sebagian besar telah memenuhi standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, tetapi hasil uji dengan parameter Mangan (Mn) adalah 0,6075 yang melebihi dari kadar maksimum sebesar yaitu 0,4 dan parameter kekeruhan sebesar 6 NTU melebihi kadar maksimum yaitu sebesar 5 NTU

Tingginya kandungan Mn di sumur bor itu terjadi karena daerah tersebut merupakan pesawahan sebelum dibangun perumahan dahulunya. Disamping itu secara fisik apabila dicium dan dirasakan air sumur itu berbau amis, berasa dan berwarna agak kuning.

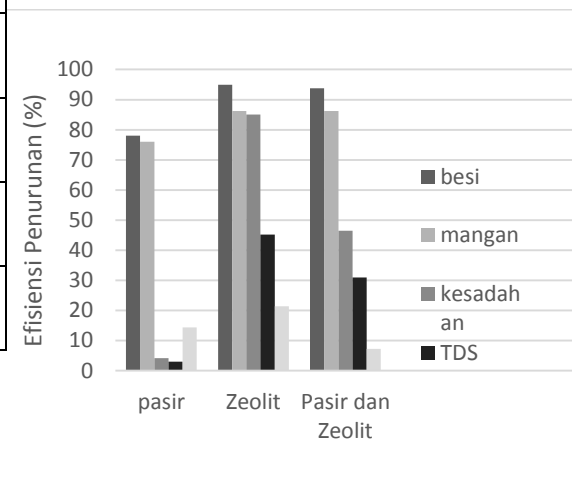
## B. Menaikan Kualitas Air

Zaenal Abidin dkk. (2010) Pengaruh media pasir terhadap konsentrasi parameter". untuk menaikan kualitas air dapat menggunakan beberapa cara. Berikut adalah hasilnya:

Tabel 5.2 Hasil perhitungan efektifitas penurunan

No	Parameter	Efektifitas Penurunan (%)		
		Pasir	Zeolit	Pasir dan Zeolit
1	Besi	78	94,94	93,82
2	Mangan	76	86,27	86,27

3	Kesadahan	4,16	86,03	46,49
4	TDS	3,02	45,15	30,95
5	Kekeruhan	14,35	21,41	7,28



Gambar 5.1 Perbandingan efektifitas penurunan semua parameter

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa efisiensi pengolahan besi dan mangan tertinggi terjadi pada penyaringan dengan media zeolit (resin), yaitu 94,95 % dan 86,27 %, diikuti oleh media mangan zeolit (resin) ditambah pasir, yaitu 93,64 % dan 86,27 %, efisiensi terendah terjadi pada media pasir, yaitu 78,32 % dan 77,12 %. Efektifitas penurunan yang paling tinggi adalah dengan menggunakan media zeolit ,sehingga untuk meningkatkan kualitas air dapat menggunakan media zeolit

## C. Penggunaan Zeolit untuk Meningkatkan Kualitas Air

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh BBTCLPP yogyakarta yang telah disajikan pada tabel 5.1, ada beberapa parameter yang belum memenuhi syarat Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum sehingga untuk meningkatkan kualitas air diperlukan media zeolit. Untuk menentukan hasil analisis peningkatan dengan media zeolit dapat dihitung menggunakan rumus:

Hasil analisis :  $hasil\ uji - (efisiensi\ penurunan \times hasil\ uji)$

Sehingga dapat dihitung hasil dari beberapa parameter :

Tabel 5.3 Hasil analisis peningkatan kualitas air menggunakan media zeolit



No	Parameter	Hasil Uji Lab	Hasil Analisis	Penurunan (%)	Kadar Maksimum
1	Besi (Fe)	0,0889	0,004498	94,94	0,3
2	Mangan (Mn)	0,6075	0,3183	86,27	0,4
3	Kekeruhan	6	4,7154	21,43	5
4	TDS	231	126,7035	45,15	500
5	Kesadahan	139,30	19,4183	86,03	500

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa parameter besi dengan efektifitas penurunan sebesar 94,94 % dapat menurunkan kadar dari 0,0889 menjadi 0,004498. Parameter mangan dengan efektifitas penurunan sebesar 86,27 % dapat menurunkan kadar dari 0,6075 menjadi 0,3183. Parameter kekeruhan dengan efektifitas penurunan sebesar 21,43 % dapat menurunkan kadar dari 6 menjadi 4,7154. Parameter TDS dengan efektifitas penurunan sebesar 45,15 % dapat menurunkan kadar dari 231 menjadi 126,7035. Parameter kesadahan dengan efektifitas penurunan sebesar 86,03 % dapat menurunkan kadar dari 139,30 menjadi 86,03. Dengan menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum tidak melebihi kadar maksimum yang telah ditentukan.

#### D. Desain alat

Untuk menentukan desain alat dapat dilakukan dengan langkah berikut

##### 1. Kebutuhan harian maksimum

Jumlah penghuni dan karyawan yang terdapat di UNIRES Putri UMY adalah berjumlah 272 orang. Pemakaian air rata-rata untuk satu orang adalah 120 liter/hari. Maka untuk memenuhi kebutuhan air sebanyak 272 orang setiap hari adalah :

$272 \times 120 = 32640$  liter/hari =  $32,64 \text{ m}^3/\text{hari}$   
Sedangkan jam penggunaan efektif adalah 16 jam, jadi total kebutuhan air setiap jam adalah :

$$\frac{32,64 \text{ m}^3}{1 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{16 \text{ jam}} = 2,04 \text{ m}^3/\text{jam}$$

##### 2. Menentukan debit sumber air baku

Jumlah air yang disadap dari sumber air baku = konsumsi harian maksimum x 1,1 sampai 1,5 (Sularso dkk hal 15). Untuk keamanan distribusi pemakaian air di UNIRES Putri UMY diambil 1,5, maka debit air baku :

$$2,04 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,5 = 3,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 3. Perhitungan Instalasi Saringan Pasir Lambat

#### a. Luas Permukaan bak SPL

Luas permukaan bak SPL dihitung dengan rumus

$$A = \frac{Q}{V}$$

Dengan :

Q = Debit air baku

V = kecepatan penyaringan ( 0,1 m/jam – 0,4 m/jam)

A = Luas permukaan bak SPL

Maka :

$$A = \frac{3,06 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,4 \text{ m}/\text{jam}} = 7,65 \text{ m}^2$$

#### b. Panjang dan lebar bak SPL

Panjang dan lebar bak SPL dapat dihitung dengan rumus :

$$A = P \times L$$

Dengan :

A = Luas permukaan bak SPL

P = Panjang bak SPL

L = Lebar bak SPL

Untuk perbandingan panjang dan lebar bak adalah 2 : 1

Maka :

$$P = 2 \times L$$

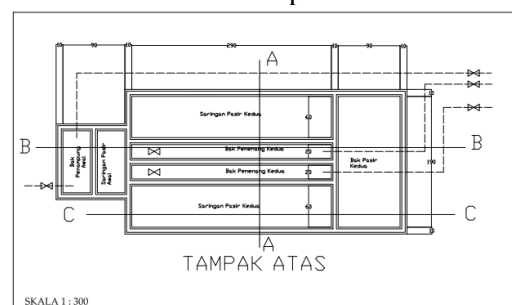
Jadi :

$$A = 2 \times L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot A} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 7,65 \text{ m}^2} = 1,955 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

$$P = 2 \cdot L = 2 \times 1,955 = 3,91 \text{ m}$$

Gambar 5.1 Dimensi bak Saringan Pasir Lambat tampak atas



#### c. Tinggi bak SPL

Untuk menentukan tinggi bak SPL maka terlebih dahulu ditentukan tinggi kedalaman air. Tinggi bak disesuaikan dengan standar yang ada. Seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 5.3 Standar tinggi bak saringan pasir lambat

No	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
----	---------------	------------

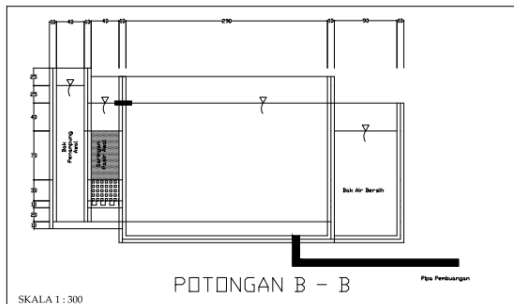
1	Tinggi bebas (freebord)	0,20 s.d 0,30
2	Tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
Jumlah		2,05 s.d 3,30

Sumber : SNI 3981:2008

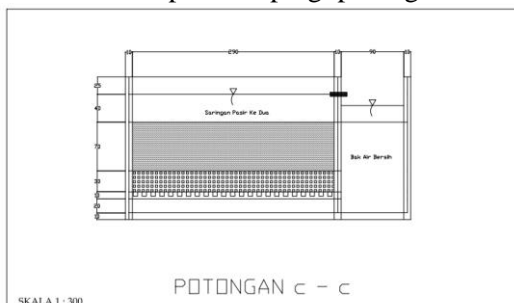
Dari tabel diatas dapat ditentukan tinggi kedalaman bak SPL seperti pada tabel diatas sebagai berikut:

No	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1	Tinggi bebas (freebord)	0,25
2	Tinggi air di atas media pasir	1,00
3	Tebal pasir penyaring	0,70
4	Tebal kerikil penahan	0,30
5	Saluran pengumpul bawah	0,15
Jumlah		2,40

Gambar 5.2 Dimensi bak Saringan Pasir Lambat Tampak Samping potongan B - B



Gambar 5.3 Dimensi bak Saringan Pasir Lambat Tampak Samping potongan C - C



Dimensi saringan pasir lambat yang akan digunakan di UNIRES Putri UMY adalah dimensi dengan ukuran panjang 3,91 m, lebar 2

m dan tinggi adalah 2,4 m. Untuk pemasangan saringan pasir lambat ini diletakan di sebelah barat UNIRES Putri karena terdapat lahan yang cukup dan dekat dengan bangunan pompa sehingga mudah untuk dipasangi saringan pasir lambat tersebut.

### E. Sistem Operasional Prosedur

#### 1. Sistem kerja saringan pasir lambat

Teknologi saringan pasir lambat yang banyak diterapkan di Indonesia biasanya adalah saringan pasir lambat konvensional dengan arah aliran dari atas ke bawah (down flow), sehingga jika kekeruhan air baku naik, terutama pada waktu hujan, maka sering terjadi penyumbatan pada saringan pasir, sehingga perlu dilakukan pencucian secara manual dengan cara mengeruk media pasirnya dan dicuci, setelah bersih dipasang lagi seperti semula, sehingga memerlukan tenaga yang cukup banyak. Ditambah lagi dengan faktor iklim di Indonesia yakni ada musim hujan air baku yang ada mempunyai kekeruhan yang sangat tinggi. Hal inilah yang sering menyebabkan saringan pasir lambat yang telah dibangun kurang berfungsi dengan baik, terutama pada musim hujan.

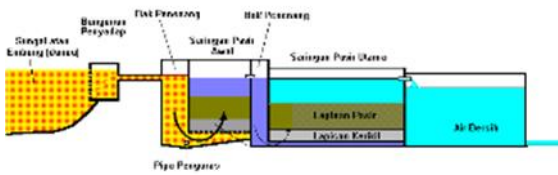
Jika tingkat kekeruhan air bakunya cukup tinggi misalnya pada waktu musim hujan, maka agar supaya beban saringan pasir lambat tidak terlalu besar, maka perlu dilengkapi dengan peralatan pengolahan pendahuluan misalnya bak pengendapan awal atau saringan "Up Flow" dengan media berikil atau batu pecah, dan pasir kwarsa / silika.

Secara umum, proses pengolahan air bersih dengan saringan pasir lambat Up Flow sama dengan saringan pasir lambat Up Flow terdiri dari atas unit proses yaitu :

- Bangunan penyadap
- Bak Penampung / bak Penenang
- Saringan Awal dengan sistem "Up Flow"
- Saringan Pasir Lambat Utama "Up Flow"
- Bak Air Bersih
- Perpipaan, kran, sambungan dll.

Kemudian bak saringan awal, air dialirkan ke bak saringan utama dengan arah aliran dari bawah ke atas (Up Flow). Air yang keluar dari bak saringan pasir Up Flow tersebut merupakan air olahan dan di alirkan ke bak penampung air bersih, selanjutnya didistribusikan ke konsumen dengan cara gravitasi atau dengan memakai pompa.

Gambar 5.4 Cara kerja saringan pasir lambat



Sumber : [www.kelair.bppt.go.id](http://www.kelair.bppt.go.id)

Dengan sistem penyaringan dari arah bawah ke atas (Up Flow), jika saringan telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka kran penguras. Dengan adanya pengurasan ini, air bersih yang berada di atas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring (back wash). Dengan demikian pencucian media penyaring pada saringan pasir lambat Up Flow tersebut dilakukan tanpa pengeluran atau pengerukan media penyaringnya, dan dapat dilakukan kapan saja.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan unit pengolahan air bersih dengan proses saringan pasir lambat Up Flow antara lain :

- Bak penenang manupun bak penyaring dibuat dengan konstruksi beton cor.
- Perpipaan menggunakan pipa PVC (poly vinyl chloride) diameter 1,5".
- Media filter yang digunakan yakni batu pecah (split) ukuran 2-3 cm untuk lapisan penahan, dan pasir zeolit untuk lapisan penyaring.

Untuk memperjelas sistem kerja saringan pasir lambat dapat dilihat pada gambar flowchart berikut

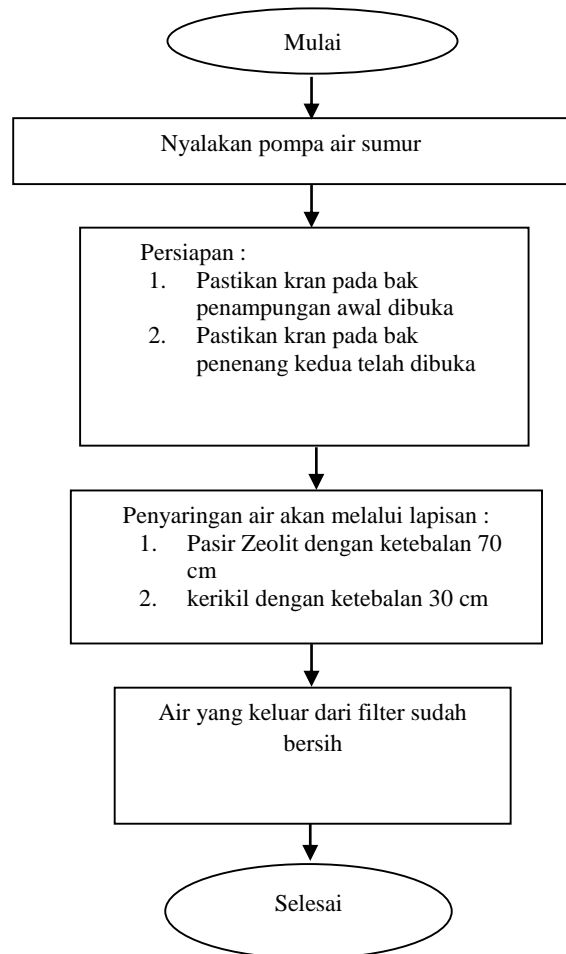
Gambar 5.5 Flowchart sistem kerja alat

## 2. Operasional Perawatan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam hal pengoperasian saringan pasir lambat dengan arah aliran dari atas ke bawah antara lain yakni :

- Kecepatan penyaringan harus diatur sesuai dengan kriteria perencanaan.
- Jika kekeruhan air baku cukup tinggi sebaiknya kecepatan diatur sesuai dengan kecepatan disain minimum ( $5 \text{ M}^3/\text{M}^2.\text{Hari}$ ).
- Pencucian media penyaring (pasir) pada saringan awal (pertama) sebaiknya dilakukan minimal setelah 1 minggu operasi, sedangkan pencucian pasir pada saringan ke dua dilakukan minimal setelah 3 - 4 minggu operasi.

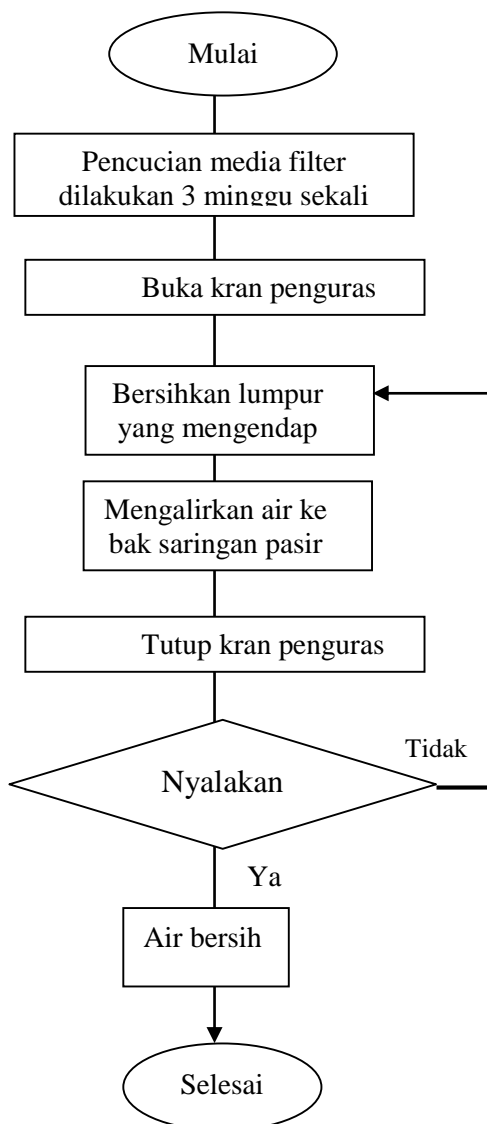
d. Pencucian media pasir dilakukan dengan cara membuka kran penguras pada tiap-tiap bak saringan, kemudian lumpur



yang ada pada dasar bak dapat dibersihkan dengan cara mengalirkan air baku sambil dibersihkan dengan sapu sehingga lumpur yang mengendap dapat dikelurakan. Jika lumpur yang ada di dalam lapisan pasir belum bersih secara sempurna, maka pencucian dapat dilakukan dengan mengalirkan air baku ke bak saringan pasir tersebut dari bawah ke atas dengan kecepatan yang cukup besar sampai lapisan pasir terangkat (terfluidisasi), sehingga kotoran yang ada di dalam lapisan pasir terangkat ke atas. Selanjutnya air yang bercampur lumpur yang ada di atas lapisan pasir dipompa keluar sampai air yang keluar dari lapisan pasir cukup bersih.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar flowchart berikut :

Gambar 5.6 Flowchart operasional alat



3. Keuntungan dan kerugian saringan pasir lambat

a. Keuntungan

Pengolahan air bersih menggunakan sistem saringan pasir lambat dengan arah aliran dari bawah ke atas mempunyai keuntungan antara lain

- 1) Tidak memerlukan bahan kimia, sehingga biaya operasinya sangat murah.
- 2) Dapat menghilangkan zat besi, mangan, dan warna serta kekeruhan.
- 3) Dapat menghilangkan ammonia dan polutan organik, karena proses penyaringan berjalan secara fisika dan biokimia.

- 4) Sangat cocok untuk daerah pedesaan dan proses pengolahan sangat sederhana.
  - 5) Perawatan mudah karena pencucian media penyaring (pasir) dilakukan dengan cara membuka kran penguras, sehingga air hasil saringan yang berada di atas lapisan pasir berfungsi sebagai air pencuci. Dengan demikian pencucian pasir dapat dilakukan tanpa pengerukan media pasirnya.
- b. Kekurangan
- 1) Jika air bakunya mempunyai kekeruhan yang tinggi, beban filter menjadi besar, sehingga sering terjadi kebutuhan. Akibatnya selang waktu pencucian filter menjadi pendek.
  - 2) Kecepatan penyaringan rendah sehingga memerlukan ruangan yang cukup luas.
  - 3) Pencucian filter dilakukan secara manual, yakni dengan cara mengeruk lapisan pasir bagian atas dan dicuci dengan air bersih, dan setelah bersih dimasukkan lagi ke dalam bak saringan seperti semula.

#### F. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pembuatan Instalasi Saringan Pasir Lambat

Rencana anggaran biaya Pembuatan Instalasi Air Bersih di Universitas Pasir Pengaraian meliputi pembuatan kolam air baku dan pembuatan bak penyaring air dengan saringan pasir lambat (SPL) Up Flow. Adapun rincian biaya yang diperlukan terlihat pada table 5.4

Tabel 5.4 RAB Pembuatan Instalasi Saringan Pasir Lambat

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Meratakan tanah	10 m <sup>2</sup>	1000	100.000
2	Cor lantai	8 m <sup>2</sup>	80.000	640.000
3	Dinding	9,6 m <sup>2</sup>	70.000	672.000
4	Batu split	3 m <sup>3</sup>	120.000	360.000
5	Zeolit	10 kg	10.000	100.000
6	Pompa air	1 unit	1.500.000	1.500.000
7	Pipa PVC 4"	10 batang	40.000	400.000
8	Stop kran	4 buah	30.000	300.000
9	soket	10 buah	4.000	40.000

10	Lem pvc	3 buah	12.000	36.000
11	Isolatip	2 buah	5.000	10.000
<b>TOTAL</b>				<b>4.158.000</b>
<i>Empat juta seratus lima puluh delapan ribu rupiah</i>				

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, maka peneliti dapat mengambil beberapa kesimpulan :

1. Hasil uji lab yang dilakukan oleh BBTCLPP Yogyakarta dengan sampel air di UNIRES Putri UMY sebagian besar parameter seperti Besi, TDS, dan Kesadahan telah memenuhi standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, tetapi hasil uji dengan parameter Mangan (Mn) adalah 0,6075 yang melebihi dari kadar maksimum sebesar yaitu 0,4 dan parameter kekeruhan sebesar 6 NTU melebihi kadar maksimum yaitu sebesar 5 NTU
2. Efektifitas penurunan paling efektif adalah dengan menggunakan media Zeolit dengan efektifitas penurunan Besi sebesar 94,94, Mangan sebesar 86,27, Kesadahan sebesar 86,03, TDS sebesar 45,15 dan Kekeruhan sebesar 21,41
3. Dimensi saringan pasir lambat dengan panjang 3,91 m, lebar 2 m dan tinggi 2,4 m
4. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat Instalasi Saringan Pasir Lambat adalah sebesar 4.158.000 (Empat juta seratus lima puluh delapan ribu rupiah)

### B. SARAN

Pada penelitian ini tentu masih memiliki beberapa kekurangan yang sekiranya dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Maka dari itu peneliti menyarankan :

1. Pemilihan media untuk meningkatkan kualitas air diperbanyak lagi, supaya kualitas air yang dihasilkan semakin baik
2. Perlu diperhatikan dalam pengambilan sampel yang baik. Wadah harus dibersihkan terlebih terdahulu agar tidak terkontaminasi sehingga tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan di uji.

3. Pada penelitian selanjutnya dapat membuat variasi lainnya agar hasil pengujian dapat dibandingkan efektifitasnya dengan penelitian ini

## Daftar Pustaka

- Sularso. 1998. “Kombinasi yang paling efektif untuk menurunkan kadar Fe dan Mn adalah dengan proses aerasi dan saringan pasir cepat dengan merubah susunan tinggi tray dan ketebalan saringan” Semarang.
- Zaenal Abidin. 2010 ‘Pengaruh kombinasi resin (mangan zeolit) dengan pasir dalam menurunkan kadar Fe (besi) pada air Minum” Malang.
- Sugito dan pungut. 2012 “aplikasi Teknologi Filtrasi Menuju Dasa Mandiri Air Bersih di Sumberwudi Karanggeneng Kabupaten Magelang”.
- Albert Sonbay. 2012. “DESAIN SARINGAN PASIR LAMBAT PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH (IPAB) KOLHUA KOTA KUPANG “ NTT.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius( Anggota IKAPI ), Jakarta.
- SNI 03-3981-2008, Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat
- Kelair bppt. (2016, Juli). Saringan Pasir Lambat. Diperoleh 20 Juli 20 Juli, Kelair.bppt.go.id/spl
- Triatmodjo. Bambang. 2003 Pelabuhan. Cetakan ketiga. Penerbit Beta offset. Yogyakarta
- Teknologi Pengolahan Air minum ( Maret 2009 ) Pengolahan Air Minum.

Diperoleh 25 Juli 2017,  
<https://bulekbasandiang.wordpress.com/2009/03/26/teknologi-pengolahan-air-minum/>