

ABSTRAKSI

KARTINI DIAH AYU PALUPI, 0210640040, Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2007, **PERANCANGAN ALAT PENJERNIH AIR RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN MEDIA FILTER ARANG AKTIF, ZEOLIT DAN PASIR SILIKA UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)**. Dosen Pembimbing: Sumiadi,ST,MT.dan Very Dermawan,ST,MT.

Untuk dapat digunakan masyarakat, air harus memenuhi standar kesehatan yang baik. Keberadaan air terutama bagi manusia harus tersedia dalam jumlah (kuantitas) yang cukup serta memenuhi persyaratan fisik, kimia dan biologis (kualitas) yang baik. Penduduk di Kelurahan Summersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, tepatnya di jalan Terusan Sigura-gura V/5C tidak dapat secara langsung mengkonsumsi air dikarenakan kualitas air yang rendah (air keruh, berbau logam dan terdapat endapan berwarna kekuningan). Dari hasil uji laboratorium pada sampel awal air di lokasi studi, dapat diketahui bahwa pada air tersebut terdapat kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) yang melebihi standar baku mutu air terutama ketika musim kemarau. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian sampel awal air didapatkan bahwa kandungan logam besi (Fe) sebesar 0,68 mg/L (musim kemarau) dan 0,25 mg/L (musim hujan) sedangkan untuk mangan (Mn) sebesar 3,56 mg/L (musim hujan). Standar baku mutu air menurut PP No. 907 Tahun 2002 bahwa batas maksimal yang diperbolehkan untuk besi (Fe) adalah 0,3 mg/L dan mangan (Mn) adalah 0,1 mg/L. selain itu, terdapat beberapa parameter standar baku mutu air yang juga tidak memenuhi persyaratan air untuk konsumsi rumah tangga yaitu warna, bau, kekeruhan dan pH. Dengan melihat kondisi kualitas air di lokasi studi maka diperlukan perancangan alat penjernih air rumah tangga yang sederhana dan mudah dioperasikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kualitas air tanah di daerah studi, besar debit yang dapat dihasilkan dari alat penjernih, pemilihan alternatif terbaik dari variasi letak media penyaring antara model I (arang aktif-zeolit-pasir silika) dengan model II (arang aktif-pasir silika-zeolit), mengetahui kemampuan media filter untuk mengurangi nilai besi (Fe) dan mangan (Mn) serta parameter lain seperti derajat keasaman (pH), kekeruhan, *Dissolved Oxygen* (DO), warna dan bau dan mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat penjernih air, pembelian media filter dan pengujian air.

Debit yang dihasilkan oleh alat penjernih air sebesar 38,7 lt/jam (model I) dan 37,8 lt/jam (model II). Perubahan air secara fisik dapat terlihat setelah proses penjernihan, air yang dihasilkan menjadi jernih, tidak berbau dan terjadi peningkatan kualitas pada air. pH menjadi 6,90-6,66 (model I) dan 7,03-6,72 (model II), kekeruhan menjadi 0,80-0 mg/L (model I), *Dissolved Oxygen* (DO) menjadi 7,10-9,82 mg/L (model I) dan 8,07-9,40 mg/L (model II), besi (Fe) menjadi 0,25-0 mg/L (model I) dan 0 mg/L (model II). Sedangkan untuk mangan (Mn) hasil yang diperoleh dari kedua model masih belum memenuhi standar baku mutu air, sehingga perlu ditambahkan proses aerasi untuk memperpanjang waktu kontak air dengan udara. Dari hasil penambahan aerasi nilai mangan pada kedua model adalah 0-1,43 mg/L dengan pengambilan air sebaiknya dilakukan setelah perlakuan aerasi selama 60 menit. Dari hasil uji Laboratorium dan besar debit yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga dalam satu hari maka susunan model II (arang aktif-pasir-silika-zeolit) adalah susunan alternatif terbaik.

Kata Kunci: Alat Penjernih Air, Arang aktif, Zeolit, Pasir silika.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan manusia, yang dalam pemenuhannya berbeda-beda, baik dari segi jumlah, periode maupun mutunya. Untuk dapat digunakan masyarakat, air harus memenuhi standar kesehatan yang baik. Faktor penting yang mempengaruhi standar kualitas air yaitu keadaan lingkungan, keadaan lingkungan yang kurang baik akan mempengaruhi kondisi air yang terkandung di dalam tanah, begitupun sebaliknya.

Keberadaan air terutama bagi manusia harus tersedia dalam jumlah (kuantitas) yang cukup serta memenuhi persyaratan fisik, kimia dan biologis (kualitas) yang baik. Ketersediaan air dapat diperoleh dari air laut, mata air, air tanah, air sungai dan air dari siklus hidrologi yang berupa air hujan dan air limpasan. Permasalahan yang biasanya terjadi di lapangan diantaranya air yang tersedia memiliki kualitas yang baik namun dalam jumlah yang terbatas, namun di sisi lain ada juga keberadaan air dalam jumlah yang melebihi kebutuhan akan tetapi secara kualitas tidak memenuhi persyaratan air yang baik.

Pada permasalahan pertama, yaitu jumlah air yang terbatas dengan kualitas yang baik, maka solusi yang dilakukan dengan penambahan sumber air baru misalnya dengan membuat sumur-sumur artesis atau dengan penyambungan pipa-pipa air dari tempat lain sehingga pemerataan air dengan kualitas dan kuantitas yang baik dapat dirasakan oleh masyarakat. Pada permasalahan kedua, terdapat jumlah air yang relatif banyak akan tetapi kualitasnya rendah, diperlukan suatu penanganan dengan membuat rancangan yang tepat. Untuk itu diperlukan sebuah kajian penerapan suatu instalasi pengolahan air yang dipergunakan untuk meningkatkan kualitas air sehingga layak untuk dikonsumsi.

1.2. Identifikasi Masalah

Penduduk di Kelurahan Sumbersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, tepatnya di jalan Terusan Sigura-gura V/5C tidak dapat secara langsung mengkonsumsi air. Hal ini diakibatkan kualitas dari air yang kemungkinan rendah, yang mana dapat dilihat secara visual kondisi airnya keruh, dan bila didiamkan terjadi endapan berwarna kekuningan pada dasarnya, disertai dengan adanya bau logam.

Melihat permasalahan tersebut maka diperlukan suatu pengolahan (*treatment*) dalam mengatasi permasalahan tersebut. Pembuatan alat penjernih air untuk rumah tangga tersebut diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memperoleh kualitas air yang memenuhi standar kesehatan masyarakat. Penerapan teknologi pada alat penjernih air untuk rumah tangga yang sederhana dan biaya relatif murah diharapkan dapat menghasilkan air yang cukup baik dari segi kuantitas dan kualitasnya, sehingga masyarakat dapat menerapkannya tanpa kesulitan akibat rumitnya teknologi yang digunakan dan biaya yang tinggi.

1.3. Batasan Masalah

Dengan mengacu pada kondisi yang ada, maka batasan masalah yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Contoh air yang akan diuji adalah contoh air yang diambil dari salah satu rumah di Kelurahan Summersari.
2. Alat penjernih air yang digunakan adalah alat penjernih sederhana yang hanya dapat digunakan pada satu rumah tangga.
3. Media penyaring yang digunakan adalah arang tempurung kelapa (arang aktif), pasir zeolit dan pasir silika.
4. Variasi media penyaring (*filter*), yaitu perubahan letak bahan filtrasi (hanya zeolit dan pasir silika).
5. Metode filtrasi yang digunakan adalah filtrasi vertikal (*down flow*).
6. Unit pengolahan air yang dilakukan hanya menggunakan tabung filter penjernih, dimana nantinya aerasi atau koagulasi hanya sebagai tambahan jika masih terdapat parameter yang belum memenuhi standar mutu air.
7. Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah besi (Fe) dan mangan (Mn) serta beberapa parameter yang didapatkan berdasarkan hasil analisa kualitas air di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Kimia MIPA Universitas Brawijaya Malang.
8. Debit yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit untuk kebutuhan air bersih rumah tangga, yang telah disesuaikan dengan dimensi alat penjernih air yang dipakai.

1.4. Rumusan Masalah

Agar pemecahan masalah dapat terarah dan mengacu pada batasan masalah, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air pada sumur air tanah di Kelurahan Sumbersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang?
2. Berapa besar debit air yang dihasilkan oleh alat penjernih, dengan tinggi alat penjernih 100 cm dan diameter alat penjernih 6 inchi (15,24 cm)?
3. Manakah alternatif percobaan yang terbaik dari variasi letak media penyaring antara model I (arang aktif-zeolit-pasir silika) dengan model II (arang aktif-pasir silika-zeolit)?
4. Seberapa besar kemampuan penggunaan media filter dalam proses filtrasi untuk dapat mengurangi nilai besi (Fe) dan mangan (Mn) serta parameter lainnya seperti derajat keasaman (pH), kekeruhan, *Dissolved Oxygen* (DO), warna dan bau?
5. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk penjernihan air rumah tangga?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Mengetahui bagaimana kualitas air tanah yang ada di daerah studi.
2. Mengetahui besar debit yang dihasilkan dari alat penjernih.
3. Memilih alternatif model percobaan yang terbaik dari variasi letak media penyaring antara model I (arang aktif-zeolit-pasir silika) dengan model II (arang aktif-pasir silika-zeolit).
4. Mengetahui kemampuan media filter untuk mengurangi nilai besi (Fe) dan mangan (Mn) serta parameter lainnya seperti derajat keasaman (pH), kekeruhan, *Dissolved Oxygen* (DO), warna dan bau yang ada dalam air.
5. Mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat penjernih air, pembelian media filter dan pengujian air.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah masyarakat dapat menerapkan teknologi sederhana alat penjernih air dari hasil penelitian ini, yang nantinya dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan kualitas air bersih di daerah tersebut. Selanjutnya model alat penjernih ini dapat diterapkan pada daerah yang mengalami permasalahan serupa maupun berbeda dengan variasi perlakuan media filtrasi. Penelitian ini juga dapat menambah wawasan bagi mahasiswa pada khususnya dan masyarakat pada umumnya tentang pembuatan alat penjernih air rumah tangga.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Umum

Air merupakan senyawa oksigen dan hidrogen dengan unsur kimia H_2O yang disebut juga dengan hidrogen oksida. Air memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Fungsi air secara langsung bagi manusia adalah sebagai air minum, mencuci, memasak dan keperluan hidup lainnya (*domestic water*). Fungsi air secara tidak langsung bagi manusia adalah untuk pengairan sawah, perikanan, sebagai air kota atau untuk keperluan di bidang industri dan lain sebagainya.

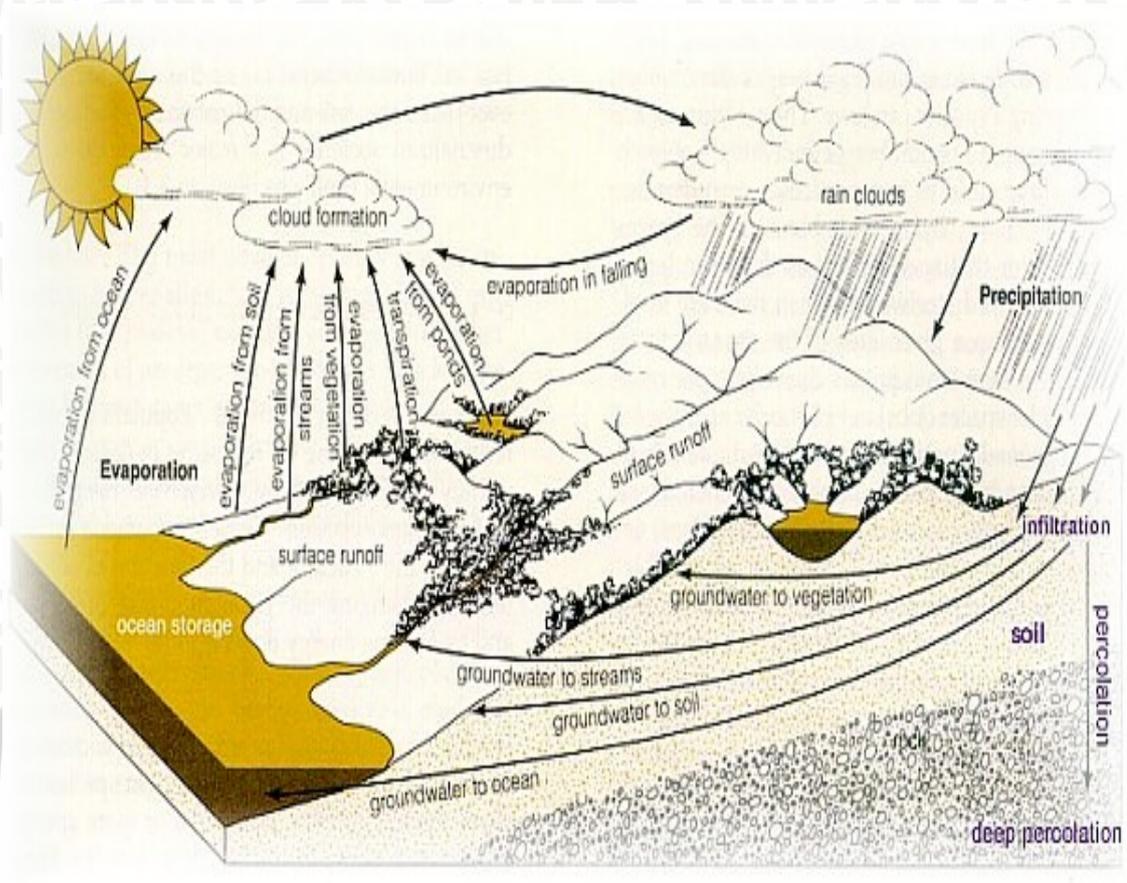
Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan akan tercapainya kesejahteraan masyarakat. Tanpa air bersih maka tidak mungkin terwujud masyarakat sejahtera, masyarakat yang sehat jasmani dan rohani. Namun seiring orang tahu akan pentingnya air bersih, banyak terjadi pencemaran air oleh limbah rumah tangga, industri maupun pertanian.

Akibat dari adanya pencemaran maka tidak semua air dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia. Air yang sudah tercemar membawa berbagai macam bibit penyakit yang apabila tidak diolah terlebih dahulu dapat menimbulkan berbagai macam penyakit. Oleh karena itu peningkatan kualitas air minum dengan jalan mengadakan pengelolaan terhadap air tercemar yang akan digunakan sebagai air minum mutlak diperlukan.

Pengelolaan air yang dimaksud dapat dimulai dari yang sederhana hingga pada pengelolaan yang lengkap, hal ini disesuaikan dengan tingkat tercemarnya air yang ada. Sehingga air yang akan diminum dapat memenuhi persyaratan fisik, kimia dan bakteriologis yang ditentukan oleh Dinas Kesehatan. Selain dari tingkat kualitas, perlu juga dilihat kuantitas dari air yang digunakan. Semakin maju tingkat hidup seseorang maka semakin tinggi pula tingkat kebutuhan air dari masyarakat tersebut.

2.2. Sumber-sumber Air Bersih

Pada dasarnya, jumlah air di alam ini adalah tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi (*Hydrology Cycle*) serta dipengaruhi oleh sinar matahari, seperti tampak pada gambar berikut.



Sumber: Titienberg, 1998

Gambar 2.1. Siklus Hidrologi

Sumber-sumber air dapat dibagi menjadi empat golongan, yaitu: air laut, air atmosfer (air hujan), air permukaan dan air tanah. Masing-masing jenis air tersebut memiliki karakteristik berbeda-beda ditinjau dari segi kuantitas dan kualitasnya.

2.2.1. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung senyawa garam murni (NaCl) yang cukup tinggi. Kadar garam murni air laut berkisar 3% dari jumlah total keseluruhan air laut. Dari keadaan tersebut maka air laut tidak memenuhi syarat sebagai air minum, untuk dapat digunakan sebagai air minum diperlukan sebuah teknologi terapan untuk memfilter sekaligus destilisasi (penyulingan) air untuk menghilangkan kadar garam yang tinggi.

2.2.2. Air Atmosfir (Air Hujan)

Air atmosfer merupakan hasil proses penguapan (evaporasi) air di permukaan bumi akibat pemanasan oleh sinar matahari. Dalam keadaan ideal atau tanpa pencemaran air, air hujan dapat langsung dikonsumsi oleh manusia. Namun ketika proses evaporasi berlangsung, air yang menguap sudah tercemar. Selain bersifat asam,

air hujan cenderung bersifat sadah karena kandungan kalsium dan magnesium yang cukup tinggi. Indikasi kesadahan adalah sabun atau deterjen tidak berbusa walaupun dilarutkan dengan air. Dengan demikian, air sadah dapat memboroskan penggunaan sabun mandi atau sabun cuci. Selain kalsium dan magnesium, air hujan juga mengandung beberapa senyawa dan unsur (mineral), diantaranya SO_4 , Cl , NH_3 , N_2 , C , dan O_2 .

2.2.3. Air Permukaan

Air permukaan adalah semua air yang terdapat di permukaan tanah, antara lain sumur, sungai, rawa, dan danau. Air permukaan berasal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air di gunung atau hutan, kemudian mengalir di permukaan bumi dan membentuk sungai atau mengumpul di tempat cekung yang membentuk danau ataupun rawa. Pada umumnya, air permukaan tampak kotor dan berwarna. Hal ini terjadi akibat kotoran, pasir, dan lumpur yang ikut terbawa oleh aliran air. Agar dapat diminum, air permukaan harus diolah terlebih dahulu. Air permukaan dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Air Sungai

Air sungai berasal dari mata air dan air hujan yang mengalir pada permukaan tanah. Secara fisik, air sungai terlihat berwarna cokelat dengan tingkat kekeruhan yang tinggi karena bercampur dengan pasir, lumpur, kayu dan kotoran lainnya. Kualitas air sungai juga dipengaruhi oleh lingkungan di sekitar aliran sungai. Secara umum, kualitas air sungai di daerah hulu lebih tinggi dibandingkan di daerah hilir. Hal ini akibat limbah industri dan rumah tangga yang dibuang langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu terkumpul di hilir sungai. Akibatnya, secara kualitas fisika, kimia maupun biologi, air di daerah muara sungai sangat rendah dan tidak layak dijadikan bahan baku air minum.

2. Air Danau atau Rawa

Air danau atau rawa merupakan air permukaan yang mengumpul pada cekungan permukaan tanah. Permukaan air danau biasanya berwarna hijau kebiruan. Warna ini disebabkan oleh banyaknya lumut yang tumbuh di permukaan air maupun di dasar danau atau rawa. Selain lumut, warna pada danau juga dipengaruhi oleh bahan organik (kayu, daun dan bahan organik lainnya) yang membusuk akibat proses dekomposisi oleh mikroorganisme di dalam air. Akibat proses pembusukan tersebut, air danau memiliki kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang relatif tinggi. Kebanyakan, air danau memiliki kualitas yang lebih baik daripada air sungai. Hal

tersebut disebabkan tingkat pencemaran di danau relatif lebih kecil dibandingkan di sungai.

2.2.4. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah. Dalam proses peresapan tersebut, air tanah mengalami filtrasi oleh lapisan-lapisan tanah. Air tanah memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. Sifat dan kandungan mineral air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilaluinya. Kandungan mineral air tanah antara lain Na, Mg, Ca, Fe dan O₂. Berdasarkan tingkat kualitas, kuantitas dan mineral yang terkandung, air tanah dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter di bawah permukaan tanah. Jumlah air yang terkandung pada kedalaman ini cukup terbatas. Biasanya hanya digunakan untuk keperluan rumah tangga, seperti minum, mandi, dan mencuci. Secara fisik, air tanah terlihat jernih dan tidak berwarna karena mengalami proses filtrasi oleh lapisan tanah. Kualitas air tanah dangkal cukup baik dan layak digunakan sebagai bahan baku air minum. Kuantitas air tanah dangkal dipengaruhi oleh musim. Pada saat musim hujan, jumlah air tanah dangkal berlimpah, tetapi jumlahnya terbatas saat musim kemarau.

2. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat pada kedalaman 100-300 meter di bawah permukaan tanah. Air tanah dalam berwarna jernih dan sangat baik digunakan sebagai air minum karena telah mengalami proses penyaringan berulang-ulang oleh lapisan tanah. Air tanah dalam memiliki kualitas yang lebih baik daripada air tanah dangkal. Kuantitas air tanah dalam cukup besar dan tidak terlalu dipengaruhi oleh musim, sehingga air tanah dalam dapat digunakan untuk kepentingan industri dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama.

3. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar langsung dari permukaan tanah. Mata air biasanya terdapat pada lereng gunung, dapat berupa rembesan (mata air rembesan) dan ada juga yang keluar di daerah dataran rendah (mata air 'umbul'). Mata air memiliki kualitas air yang hampir sama dengan kualitas air minum, mata air dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Kuantitas air yang dihasilkan oleh mata air

cukup banyak dan tidak dipengaruhi oleh musim, sehingga dapat digunakan untuk kepentingan umum dalam jangka waktu lama.

2.3. Analisa Sifat-sifat Air di Lapangan

Air yang diambil di lapangan sebelum diuji pada tingkat lebih lanjut di laboratorium, perlu diamati terlebih dahulu sebagai acuan awal identifikasi permasalahan. Tentunya hal ini terkait dengan pengamatan secara fisik dari kondisi air tersebut. Secara garis besar yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kekeruhan (Turbiditas)

Secara visual, semakin jernih air kemungkinan sifat air tersebut adalah semakin baik, sebaliknya semakin keruh air tersebut maka bisa dipastikan air tersebut mengandung zat-zat atau partikel yang berpengaruh terhadap kualitas air tersebut. Namun belumlah cukup bila kita hanya berpedoman sepenuhnya pada pengamatan terhadap kekeruhan air, diperlukan adanya pengamatan yang lebih lanjut sehingga akan diketahui permasalahan yang sesungguhnya terhadap air tersebut.

2. Bau

Air yang baik adalah tidak berbau. Adanya bau yang timbul menunjukkan indikasi air tersebut mengandung sesuatu yang menyebabkan bau. Umumnya air tanah yang dialirkan melalui sumur cenderung berbau seperti besi (Fe) terutama pada daerah yang berdekatan dengan lahan sawah. Terkadang juga berbau seperti sabun atau deterjen dan hal tersebut bisa diakibatkan oleh adanya rembesan dari saluran resapan limbah atau selokan dari lingkungan sekitarnya.

3. Warna

Air yang baik tidak berwarna (jernih). Semakin berwarna air tersebut menunjukkan bahwa kadar polutan yang terkandung di dalam air tersebut semakin besar, terutama apabila air tersebut terkontaminasi zat-zat buangan seperti pewarna sintesis.

4. Derajat Keasaman (pH)

Air yang baik mempunyai kadar pH netral (7) dimana air tersebut tidak bersifat asam maupun basa. Untuk mengetahui berapa nilai pH dapat diketahui dengan menggunakan pH meter atau dengan alat yang lebih sederhana yaitu kertas lakmus merah dan biru. Jika terdapat perubahan warna pada kertas lakmus merah maka berarti air tersebut cenderung asam dan jika terjadi perubahan warna pada kertas lakmus biru maka air tersebut cenderung basa. Dengan menggunakan pH meter akan diketahui

berapa angka spesifik dari kadar pH yang dikandung air tersebut dan untuk selanjutnya dilakukan analisa yang lebih mendalam.

5. Suhu

Suhu pada air tergantung dari suhu daerah setempat. Semakin baik air tersebut maka suhu air tersebut mempunyai suhu yang sama atau tidak terlalu signifikan perbedaannya dengan suhu daerah setempat. Untuk lebih spesifiknya kita dapat menggunakan alat thermometer atau pH meter yang umumnya dilengkapi dengan thermometer pula.

Dari beberapa analisa awal yang dilakukan di lapangan tentunya bisa menjadi lebih spesifik apabila dilakukan analisa lebih lanjut di laboratorium. Parameter yang bisa digunakan meliputi parameter fisik, kimia, dan biologi. Dari pengujian yang lebih spesifik nantinya dapat diambil kesimpulan mengenai kualitas air tersebut dan perlakuan (*treatment*) apa yang paling optimal dalam memperbaiki kualitas air tersebut.

2.4. Syarat Kualitas Air

Untuk mengetahui lebih luas mengenai kualitas air, maka perlu diketahui secara detail kandungan yang ada di dalam air dan syarat-syaratnya. Hal ini agar pemenuhan kebutuhan akan air dalam kehidupan manusia tidak mengganggu kesehatan. Syarat kualitas air dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Syarat fisik air.
2. Syarat kimia air.
3. Syarat biologis air.

2.4.1. Syarat Fisik Air

Penentuan kualitas atau derajat kekotoran air sangat dipengaruhi oleh adanya sifat-sifat yang mudah terlarut. Dalam standar persyaratan fisik air minum, air yang berkualitas harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Kekeruhan

Kekeruhan air yang baik adalah jernih (bening) dan tidak keruh. Batas maksimal kekeruhan pada air layak minum menurut PERMENKES RI 1990 adalah 5 skala NTU. Kekeruhan air disebabkan oleh partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air yang menyebabkan air terlihat keruh, kotor bahkan berlumpur. Bahan-bahan yang dapat menyebabkan air keruh diantaranya tanah liat, pasir, lumpur dan bahan-bahan organik yang tersebar. Air yang keruh bukan berarti tidak layak minum atau

berbahaya bagi kesehatan. Namun dari segi estetika, air keruh tidak layak atau tidak wajar untuk diminum.

2. Bau dan Rasa

Air yang baik adalah tidak berbau dan memiliki rasa tawar. Bau dan rasa air merupakan dua hal yang mempengaruhi kualitas air. Bau dan rasa biasanya terjadi bersama-sama dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk, juga disebabkan oleh organisme mikroskopik serta persenyawaan kimia (senyawa fenol). Air yang berbau busuk memiliki rasa kurang enak dan dilihat dari segi estetika, air berbau busuk tidak layak dikonsumsi.

3. Suhu

Air yang baik mempunyai temperatur normal, kurang lebih 3°C dari suhu kamar (27°C). Besar kecilnya temperatur air dipengaruhi oleh iklim setempat, kedalaman pipa saluran air dan sumber-sumber air. Suhu yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar, misalnya fenol atau belerang. Selain itu sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme.

4. Warna

Warna pada air disebabkan adanya bahan kimia atau mikroorganik (plankton) yang terlarut di dalam air. Warna yang disebabkan bahan-bahan kimia disebut *apparent color* yang berbahaya bagi tubuh manusia. Warna yang disebabkan oleh mikroorganik disebut dengan *true color* yang tidak berbahaya bagi kesehatan. Air yang layak minum harus jernih dan tidak berwarna. PERMENKES RI 1990 menyatakan bahwa batas maksimal warna air yang layak minum adalah 15 skala TCU.

5. Kandungan Zat Padat

Air yang baik dan layak minum tidak mengandung padatan terapan dalam jumlah yang melebihi batas maksimal yang diperbolehkan (1.000 mg/l). Padatan yang terlarut di dalam air berupa bahan-bahan kimia anorganik dan gas-gas yang terlarut. Air yang mengandung jumlah padatan melebihi batas menyebabkan rasa yang tidak enak dan dapat menyebabkan mual bila diminum.

2.4.2. Syarat Kimia Air

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air dapat merugikan kehidupan melalui berbagai cara. Maka kualitas air tergolong baik bila memenuhi persyaratan kimia sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)

pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral (pH=7). Air dengan pH kurang dari 7 dikatakan air bersifat asam, sedangkan air dengan pH di atas 7 bersifat basa. Menurut PERMENKES RI 1990, batas pH minimum dan maksimum air layak minum berkisar 6,5-9,0. Khusus untuk air hujan, pH minimumnya adalah 5,5. Tinggi rendahnya pH air dapat mempengaruhi rasa air. Maksudnya, air dengan pH kurang dari 7 akan terasa asam di lidah dan terasa pahit apabila pH melebihi 7.

2. Kandungan Bahan Kimia Organik

Air yang mengandung bahan kimia organik dalam jumlah yang tidak melebihi batas yang ditetapkan merupakan air yang baik. Dalam jumlah tertentu, tubuh membutuhkan air yang mengandung bahan kimia organik. Namun, apabila jumlah bahan kimia organik yang terkandung melebihi batas dapat menimbulkan gangguan pada tubuh. Hal ini terjadi karena bahan kimia organik yang melebihi batas ambang dapat terurai menjadi racun berbahaya. Bahan kimia organik tersebut antara lain NH_4 , H_2S , SO_4^{2-} , dan NO_3^- .

3. Kandungan Bahan Kimia Anorganik

Kandungan bahan kimia anorganik pada air layak minum tidak melebihi jumlah yang telah ditentukan. Bahan-bahan kimia yang termasuk bahan kimia anorganik antara lain garam dan ion-ion logam (Fe, Al, Cr, Mg, Ca, Cl, K, Pb, Hg, Zn).

4. Tingkat Kesadahan Rendah

Kesadahan air disebabkan adanya kation (ion positif) logam dengan valensi dua, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} dan Mg^{2+} . Secara umum, kation yang sering menyebabkan air sadah adalah kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Kation ini dapat membentuk kerak apabila bereaksi dengan air sabun. Sebenarnya, tidak ada pengaruh derajat kesadahan bagi kesehatan tubuh. Namun, kesadahan air dapat menyebabkan sabun atau detergen tidak berbusa.

2.4.3. Syarat Biologis Air

Air minum harus memenuhi beberapa syarat biologi sebagai berikut :

1. Tidak Mengandung Mikroorganisme Patogen

Organisme patogen berbahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa mikroorganisme patogen yang terdapat pada air berasal dari golongan bakteri, protozoa dan virus penyebab penyakit. Golongan bakteri diantaranya bakteri *Salmonella typhi*, *Sigheilla dysentria*, *Salmonella paratyphi* dan *Leptospira*. Golongan protozoa seperti

Entoniseba histolyca dan *Amebic dysentery*. Untuk golongan virus yaitu virus *Infectus hepatitis* yang merupakan virus penyebab penyakit hepatitis.

2. Tidak Mengandung Mikroorganisme Nonpatogen

Mikroorganisme nonpatogen merupakan jenis mikroorganisme yang tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh. Namun, dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak, lendir dan kerak pada pipa. Beberapa mikroorganisme nonpatogen yang berada di dalam air diantaranya adalah jenis bakteri (bakteri coli dan bakteri besi), ganggang atau *algae* (yang hidup di air kotor menimbulkan bau dan rasa tidak enak pada air) dan cacing yang hidup bebas di dalam air (*free living worms*).

Persyaratan air secara biologis adalah menyangkut mikroorganisme atau jasad renik yang terdapat dalam air minum. Persyaratan yang dimaksud antara lain (Widarto, 2004 :12):

1. Jumlah kuman yang terdapat dalam 1 cc air minum harus kurang dari 100 kuman
2. Dalam 100 cc air minum tidak boleh mengandung bakteri coli. Bakteri coli dapat dipakai untuk mengetahui tingkat pencemaran feses.
3. Bakteri-bakteri patogen yang menyebabkan penyakit *cholera*, *typhus*, *dysentri* dan lain-lain tidak boleh ada dalam air minum.

2.5. Standar dan Kriteria Kualitas Air

Ketentuan mengenai standar kualitas air minum di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 20 tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Berdasarkan keputusan pemerintah tersebut air menurut peruntukannya digolongkan menjadi (Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur tentang Penetapan Baku Mutu Air di Jawa Timur Nomor 413 Tahun 1987):

1. Golongan A, yaitu air pada sumber air yang digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan lebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air yang dapat dipergunakan sebagai air baku untuk diolah menjadi air minum dan keperluan rumah tangga lainnya.
3. Golongan C, yaitu air yang dapat dipergunakan untuk perikanan dan peternakan
4. Golongan D, yaitu air yang dapat dipergunakan untuk keperluan pertanian, industri, listrik tenaga air dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan.
5. Golongan E, yaitu air yang tidak dapat dipergunakan untuk keperluan tersebut pada peruntukkan air golongan A, B, C dan D.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kriteria mutu air didasarkan pada kelas-kelas menurut kandungan parameter yang terkandung di dalamnya. Dalam peraturan tersebut terbagi dalam empat kelas dan parameter yang ditentukan dibedakan yaitu secara fisika, bahan kimia anorganik, mikrobiologi, radioaktifitas dan bahan kimia organik. Secara lebih jelas ketentuan ini ada pada lampiran.

2.6. Pengolahan Air

Pengolahan air minum merupakan usaha teknis yang dilakukan untuk menghasilkan produk air minum yang dilakukan untuk menghasilkan produk air minum sesuai dengan standar kualitas air layak minum. Standar kualitas air yang digunakan meliputi standar fisika, kimia, dan biologi. Untuk memenuhi standar tersebut, air tersebut perlu melewati tiga pengolahan, yaitu pengolahan secara fisik, kimiawi dan biologis. Adapun tujuan dari kegiatan pengolahan air adalah :

1. Menurunkan kekeruhan
2. Mengurangi bau, rasa, dan warna
3. Menurunkan dan mematikan mikroorganisme
4. Mengurangi kadar bahan-bahan yang terlarut dalam air
5. Menurunkan kesadahan
6. Memperbaiki derajat keasaman

Teknik pengolahan dapat disesuaikan dengan sumber air yang digunakan sebagai air baku. Penentuan cara pengolahan air harus memperhatikan baik atau buruknya kualitas air baku. Proses pengolahan tersebut dibedakan menjadi dua cara yaitu pengolahan lengkap dan pengolahan sebagian. Pengolahan lengkap (*complete treatment process*) adalah proses pengolahan air secara lengkap baik fisik, kimia dan biologi. Pengolahan lengkap dilakukan apabila sumber air yang didapat memiliki kualitas yang kurang baik atau terdapat kemungkinan adanya pencemaran pada sumber tersebut. Pengolahan lengkap, dibagi dalam tiga tingkatan pengolahan yaitu :

1. Pengolahan fisik
yaitu suatu tingkat pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran yang kasar, penyisihan lumpur dan pasir, serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah.

2. Pengolahan kimia
yaitu suatu tingkat pengolahan dengan menggunakan bahan-bahan kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya.
3. Pengolahan biologi
yaitu suatu tingkatan pengolahan untuk membunuh atau memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam air minum dengan pemberian zat desinfektan.

Sedangkan untuk sumber air dengan kualitas air yang masih cukup baik, seperti air sumur dan air pegunungan cukup menggunakan pengolahan sebagian (*partial treatment process*). Dimana pengolahan airnya dilakukan dengan pengolahan kimia atau pengolahan biologi saja.

2.6.1. Pengolahan Secara Fisik

Ditujukan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran kasar, penyisihan lumpur dan pasir serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air baku. Metode pengolahan secara fisik terdiri dari :

1. Penyaringan (Filtrasi)
Penyaringan atau filtrasi merupakan proses pemisahan padatan atau koloid dengan cairan. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan pada sub bab tersendiri.
2. Flokulasi
Flokulasi adalah usaha untuk mengumpulkan partikel-partikel halus dengan pengadukan cepat yang diikuti pengadukan lambat selama 20-30 menit, sehingga partikel-partikel halus tersebut menumpuk menjadi partikel-partikel besar untuk dibuang dengan pengendapan gaya berat.
3. Pengendapan (Sedimentasi)
Pemurnian air dengan cara pengendapan dimaksudkan untuk menciptakan suatu kondisi yang dapat mengendapkan partikel-partikel terapung dalam air dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Laju pengendapan partikel di dalam air tergantung dari kekentalan air, kerapatan air, ukuran partikel, bentuk partikel dan berat jenis partikel. Partikel-partikel lebih cepat mengendap di dalam air hangat dari pada dalam air dingin. Proses pengendapan dilakukan dengan dua cara. Cara pertama dengan mendinginkan air di dalam bak pengendapan selama 5 hari sampai partikel-partikel tersebut mengendap. Cara kedua dengan menambahkan bahan kimia ke dalam air yang ditampung di bak pengendapan, cara ini dilakukan apabila partikel padatan sukar mengendap walaupun telah didiamkan di bak penampungan. Dari kedua teknik pengendapan, cara pertama memiliki kelemahan, yaitu waktu yang

dibutuhkan relatif lama dibandingkan dengan cara yang kedua. Bahan kimia yang digunakan untuk mengendapkan partikel padatan adalah *koagulan*. *Koagulan* merupakan bahan untuk mempercepat terjadinya proses koagulasi. Koagulasi merupakan reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya penggumpalan dan endapan partikel di dasar bak penampungan. Bahan-bahan koagulan yang sering digunakan untuk menjernihkan air diantaranya kapur, tawas dan kaporit.

4. Absorpsi

Absorpsi merupakan proses penyerapan bahan-bahan tertentu, sehingga air menjadi jernih karena zat-zat di dalamnya diikat oleh adsorben (karbon aktif). Adsorben dapat berbentuk serbuk karbon aktif ataupun berbentuk granular sehingga dapat digunakan sebagai media filtrasi, misalnya seperti arang tempurung kelapa atau arang kayu. Dalam proses absorpsi, karbon aktif dapat menyerap fenol, racun dan mikroorganisme.

5. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penangkapan atau pengikatan ion-ion bebas di dalam air oleh adsorben. Contoh zat yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah zeolit dan resin yang merupakan polimerisasi dari polihidrik fenol dengan formadehid. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin besar pula adsorben yang diperlukan untuk menjernihkan air.

2.6.2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan secara kimia dilakukan dengan cara penambahan bahan-bahan kimia dan perlakuan kimia tertentu sehingga air yang diolah memenuhi standar baku sifat kimia air layak minum. Pengolahan secara kimia dapat dilakukan melalui proses :

1. Koagulasi

Koagulasi merupakan penggumpalan melalui reaksi kimia. Reaksi koagulasi dapat berjalan dengan membubuhkan zat pereaksi (koagulan) sesuai dengan zat yang terlarut. Bahan yang digunakan sebagai koagulan diantaranya kapur, tawas dan kaporit. Tawas (aluminium sulfat) merupakan bahan kimia yang efektif untuk menurunkan kadar karbonat dalam air.

2. Aerasi

Aerasi merupakan proses penangkapan O_2 di udara oleh air yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O_2 di udara bereaksi dengan kation-kation yang ada dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap.

2.6.3. Pengolahan Secara Biologi

Pengolahan secara biologi bertujuan untuk membunuh bakteri-bakteri yang terkandung di dalam air. Desinfektan air minum adalah membunuh bakteri pathogen yang ada di dalam air tersebut. Pengolahan secara biologi dapat dilakukan melalui :

1. Pemanasan

Pemanasan merupakan cara sederhana untuk membunuh bakteri. Secara umum, bakteri dan kuman akan mati pada suhu 100°C atau setara dengan air mendidih. Pemanasan hanya dilakukan untuk skala rumah tangga. Untuk skala industri, cara ini kurang efektif karena dibutuhkan peralatan, tempat dan energi yang sangat besar untuk menaikkan suhu air.

2. Penyinaran, anatar alin dengan sinar ultraviolet.

3. Ion-ion logam antara lain *copper* dan *silver*.

4. Dengan asam atau basa.

5. Senyawa-senyawa kimia.

6. Chlorinasi

Senyawa-senyawa chlor yang digunakan antara lain gas chlor, kaporit, kapur, proses kapur soda untuk menghilangkan kesadahan (Ca(OH)_2 dan Na_2CO_3) dan senyawa sodium chlorite (NaClO_2).

2.7. Penyaringan (Filtrasi)

Filtrasi atau penyaringan merupakan proses pengolahan air dengan cara mengalirkan air melalui filter dengan media dari bahan-bahan butiran dengan diameter butir dan ketebalan tertentu. Bahan yang umum digunakan sebagai media filter adalah pasir, sehingga filtrasi yang umum digunakan dalam pengolahan air disebut sebagai saringan pasir (*sand filter*).

Proses penyaringan bertujuan untuk memisahkan bahan-bahan terlarut dan tak terlarut yang terdapat dalam air seperti partikel-partikel tersuspensi, bahan-bahan organik penyebab bau, warna dan rasa, serta mikroorganisme seperti ganggang dan jamur.

2.7.1. Mekanisme Proses Filtrasi

Dalam proses penyaringan air yang melewati media filtrasi akan mengalami proses pembersihan atau pemisahan partikel-partikel dan bahan-bahan yang terdapat di dalam air, dengan mekanisme sebagai berikut (Kamulyan, 1996 : 44):

1. Penahanan

Partikel-partikel dan bahan-bahan dengan ukuran butir yang lebih besar dari rongga antara butir-butir yang akan tertahan dan melekat pada butir-butir pasir. Melekatnya partikel-partikel dan bahan-bahan ini akan memperkecil ukuran rongga yang dapat mempertinggi daya penyaringannya.

2. Pengendapan

Rongga antar butir-butir pasir akan berlaku sebagai ruang sedimentasi bagi partikel tersuspensi yang sampai ke tempat tersebut dan akan tetap melekat pada butiran pasir karena adanya gaya adhesi.

3. Proses biologis

Bahan organik seperti ganggang dan plankton yang terdapat dalam air memungkinkan adanya kehidupan mikroorganisme dalam media filter. Bahan organik ini akan membentuk suatu lapisan biologis (*biological film*) pada permukaan atas media saringan. Mikroorganisme yang hidup pada lapisan ini bertindak sebagai mediafiltrasi biologis.

4. Proses Elektrolisa

Proses ini berlangsung sebagai akibat tertahannya partikel ionik setelah dinetralkan muatan listriknya oleh muatan listrik yang dikandung oleh butir-butir pasir.

2.7.2. Parameter Operasi

Parameter operasi dipengaruhi oleh gradasi butiran serta tebal media filter. Penentuan gradasi butiran media penyaring mempengaruhi fungsi filter sendiri. Pemilihan ukuran gradasi yang halus menyebabkan sulitnya proses perkolasi air di dalam filter dan menurunkan produktifitas serta menyulitkan dalam proses pemeliharaan. Sedangkan untuk ukuran butiran yang terlalu kasar akan menyebabkan bakteri ataupun kotoran halus lolos dari penyaringan.

Koefisien keragaman (*uniformity coefficient*) dan diameter efektif (*effective size*) dari suatu media pasir merupakan faktor dominan yang menentukan efektifitas suatu filter. Yang dimaksud derajat sama rata adalah perbandingan ukuran diameter butiran yang lolos dari suatu ayakan atau saringan dengan ukuran tertentu atau disingkat d_{60} atau d_{10} . Adapun d_{60} adalah ukuran diameter media filter yang mana 60% dari sampel lolos saringan atau ayakan dengan ukuran tertentu, dengan d_{10} hanya 10% dari sampel yang lolos ayakan.

Syarat diameter butir lapisan atas terhadap lapisan dibawahnya agar butir pasir tidak lolos (Kamulyan, 1996 : 40) :

$$\frac{1}{4} \pi d^2 > 1/80 \pi D^2$$

Yang berarti bahwa : $D < 4,5 d$

Dengan :

D = diameter butir besar

d = diameter butir kecil

Syarat analisa ayakan :

1. Saringan pasir cepat :

Diameter efektif d_{10} = 0,50 – 0,70 mm

Koefisien keragaman d_{60}/d_{10} = 1,50 – 2,00

2. Saringan pasir lambat :

Diameter efektif d_{10} = 0,15 – 0,35 mm

Koefisien keragaman d_{60}/d_{10} = 2,00

Selain derajat sama rata dan derajat kerja diperlukan suatu lapisan filter dengan ketebalan tertentu. Ketebalan lapisan filter yang umum digunakan bervariasi antara 0,75 – 0,90 m atau 0,90 – 1,10 m.

2.7.3. Bahan-bahan Filtrasi

Bahan-bahan yang digunakan dalam alat filtrasi terdiri dari dua macam media yaitu media penyaring (filter) dan media penyangga.

A. Media Penyaring (Filter)

Media penyaring yang banyak digunakan adalah pasir. Menurut kecepatan alirannya, saringan pasir dapat diklasifikasikan sebagai (Sugiharto, 1987:121):

a. Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*).

- Saringan pasir lambat sangat praktis untuk menyaring air yang mempunyai kekeruhan lebih rendah dari 50 mg/l.
- Saringan ini dioperasikan dengan laju penyaringan antara 100-250 lt/m²/jam.
- Pasir yang digunakan sebaiknya seragam dengan koefisien keragaman sekitar 2 dengan ukuran butiran 0,15-0,35 mm.
- Sangat efektif dalam menahan bakteri dan partikel-partikel suspensi dalam air, dapat mengurangi warna, rasa, dan bau namun kapasitas penyaringannya kecil.
- Lebih banyak menjalankan prinsip biologis artinya memerlukan oksigen, jadi air yang akan disaring harus sudah agak jernih.

- Lapisan pasir dapat bekerja secara efektif setelah 1-4 bulan yaitu lapisan pasir tersebut timbul lapisan hidup mikroorganismenya pada permukaan butir-butir pasir yang berfungsi sebagai penyaring.
 - Setelah melewati filter, air ditampung sambil diberi senyawa klor untuk membunuh kuman-kuman.
 - Apabila suatu SSF tersumbat, akibatnya daya saring menurun. Untuk pencegahannya lapisan pasir teratas diambil dan dicuci dengan air cucian pasir yang diambil dari *reservoir* melalui kran sampai nampak jernih.
 - Pencucian pasir dilakukan setiap
 - 2-3 hari sekali pada musim hujan
 - 1 minggu sekali pada musim kemarau
 - Pasir yang digunakan tidak boleh mengandung lebih dari 2% ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$).
 - SFF memiliki kapasitas menyaring $2,4-3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$.
 - Kapasitas kerikil berfungsi untuk mendukung lapisan pasir dan mengalirkan air sebanyak mungkin.
- b. Saringan Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*).
- Digunakan untuk menyaring air yang keruh dengan laju penyaringan yang lebih tinggi dibanding saringan pasir lambat.
 - Saringan pasir cepat umumnya dalam laju penyaringan $100-200 \text{ lt}/\text{m}^2/\text{menit}$, dan ukuran butir $0,50-0,70 \text{ mm}$ dengan koefisien keragaman $1,50-2,00$.
 - Apabila air sangat keruh, sebelum air disaring umumnya dilakukan proses pengendapan yang diawali dengan penambahan koagulan.
 - Keuntungannya dapat menyediakan air bersih dalam waktu yang relatif cepat, namun tidak dapat menahan bakteri sehingga harus ditambah bahan pembunuh kuman.
 - Membersihkan lapisan media saringan pasir cepat tidak perlu mengupas lapisan atas media saringan. Membersihkan media saringan pasir cepat dilakukan dengan aliran balik (*back washing*). Hal ini dilakukan dengan mengalirkan aliran air dengan kecepatan yang tinggi ke media penyaring dengan arah yang berlawanan dengan arah saat dilakukan penyaringan yang akan mengakibatkan lapisan pasir bersih. Air aliran balik (*back washing*) membawa bahan-bahan yang tertahan di media saringan keluar dari saringan. Waktu pembersihannya tidak lebih dari $\frac{1}{2}$ jam dan akan dilakukan secara normal setiap 24-48 jam sekali.

- Pada sistem RSF lebih banyak menggunakan sistem mekanis.
- Banyaknya koagulan yang dibutuhkan tergantung dengan derajat kekeruhan dan kualitas airnya.
- RSF merupakan proses pengawetan air meliputi prinsip:
 - a. Pemisahan hidrolis.
 - b. Koagulasi dan flokulasi.
 - c. Reaksi fisika dan kimia.
 - d. Desinfeksi.
 - e. Reaksi biologis.
- Pada filter bekerja prinsip mekanisme yang menghasilkan air jernih dan bersih sehingga perlu diadakan penyediaan peralatan. Dengan demikian air masuk sebelum RSF, kekeruhannya tidak boleh lebih dari 10 mg/l.
- Pasir yang digunakan harus bebas dari segala jenis kotoran keras dan tajam (kwarsa dan kwarsit).
- Standar derajat filtrasi 0,008-0,012 lt/cm²/menit dengan diameter 0,35-0,45 mm
- Kerikil untuk menyangga pasir tebal seluruhnya 40-60 cm dengan diameter yang kecil terletak di atas dan harus memiliki ketajaman kekerasan, berat konstan dan tidak mengandung tanah liat atau bahan-bahan lain yang mengotori kerikil.
- Lapisan kerikil yang digunakan umumnya :

Tabel 2.1. Diameter dan tebal lapisan pasir

Diameter	Tebal Lapis
2,5-1,5 inci	5-8 inci
1,5-¾ inci	3-5 inci
¾-½ inci	3-5 inci
½-3/16 inci	3-2 inci
3/16-9/32 inci	2-3 inci

Sumber : Kamulyan, 1996: 43

- Perbedaan pokok antara SFF dan RSF:

Tabel 2.2. Perbedaan *Slow Sand Filter* dan *Rapid Sand Filter*

No.	SFF	RSF
1.	Sumber air tidak mengalami kontaminasi berat.	Sumber air umumnya keruh.
2.	Kapasitas menyaring 2,4-3	Kapasitas menyaring 5-10 m ³ /m ² / hari

	m^3/m^2 / hari luas saringan.	luas saringan.
3.	Kecepatan aliran 0,1-0,2 m/jam.	Kecepatan aliran 4-5 m/jam.
4.	Menggunakan prinsip biologis dan desinfeksi.	Menggunakan prinsip biologis dan desinfeksi.
5.	Pasir dengan ϕ 0,2-0,5 mm.	Pasir dengan ϕ 0,1 mm.
6.	Pasir tidak harus keras dan tajam.	Pasir harus keras dan tajam.
7.	Waktu pembersihan 2 kali setahun.	Waktu pembersihan 2 kali seminggu. Dengan tekanan
8.	Tanpa tekanan	

Sumber : Kamulyan, 1996: 43

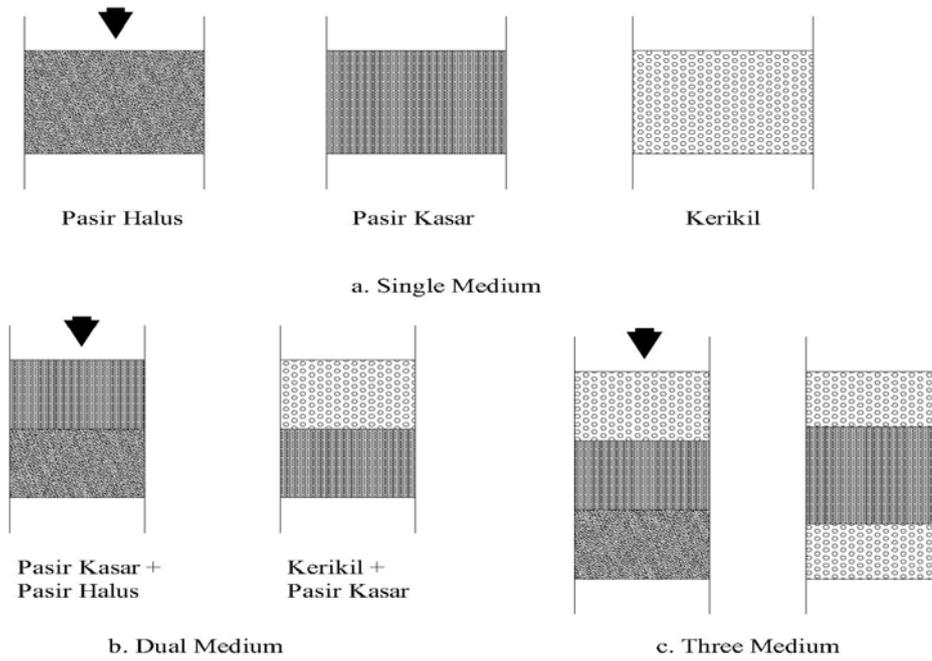
Air kotor yang disaring oleh pasir umumnya mengandung bahan padat dan endapan lumpur. Karena itu ukuran pasir yang digunakan tidak terlalu besar. Ukuran yang lazim digunakan 0,2-0,8 mm. Saringan pasir hanya mampu menahan bahan padat terapung, tidak dapat menyaring virus dan bakteri pembawa bibit penyakit. Itulah sebabnya air yang sudah melewati saringan pasir harus disaring lagi oleh media lain.

Menurut tipenya, saringan dibedakan menjadi tiga yaitu (Kusnaedi, 2004: 15):

1. *Single Medium*. Saringan ini untuk menyaring air yang mengandung padatan dengan ukuran seragam.
2. *Dual Medium*. Saringan ini untuk menyaring limbah yang didominasi oleh dua ukuran padatan.
3. *Three Medium*. Saringan ini untuk menyaring air limbah yang mengandung padatan dengan ukuran beragam.

Ukuran pasir menurut USDA (1938) dibagi menjadi :

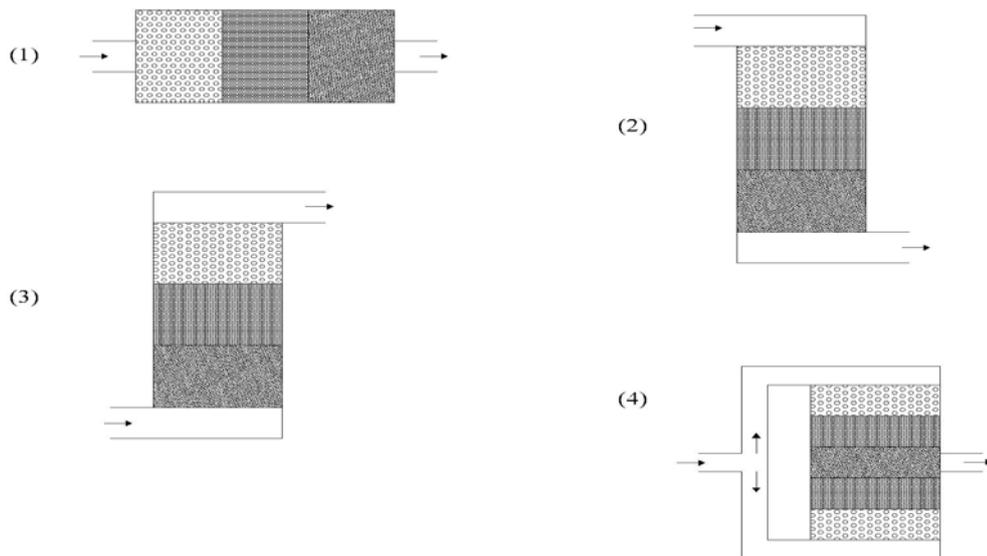
1. Pasir sangat kasar (*Very coarse sand*) : ϕ 2,0-1,0 mm
2. Pasir kasar (*Coarse sand*) : ϕ 1,0-0,5 mm
3. Pasir sedang (*Medium sand*) : ϕ 0,5-0,25 mm
4. Pasir halus (*Fine sand*) : ϕ 0,25-0,1 mm
5. Pasir sangat halus (*Very fine sand*) : ϕ 0,1-0,05 mm



Gambar 2.2. Tipe Penyaringan Pasir

Sistem aliran air olahan dalam sistem filtrasi terdiri dari empat yaitu (Kusnaedi, 2004: 16):

1. Aliran horisontal (*horizontal filtration*).
2. Aliran gravitasi (*gravitation filtration*).
3. Aliran dari bawah ke atas (*up-flow filtration*).
4. Aliran ganda (*biflow filtration*).



Gambar 2.3. Model Aliran Air pada Sistem Filtrasi

B. Media Penyangga

Ada beberapa media penyangga yang biasa digunakan dalam proses penyaringan, antara lain :

1. Ijuk

Ijuk yang umumnya digunakan berasal dari pohon aren berwarna hitam dan berserat kuat. Sebelum digunakan ijuk harus dicuci bersih dan kemudian dikeringkan. Fungsi ijuk adalah untuk menyaring partikel-partikel koloid air yang tercemar.

2. Arang

Arang yang digunakan dalam proses penyaringan dapat terbuat dari kayu maupun dari tempurung kelapa. Fungsi dari arang adalah sebagai media penyerap.

3. Pecahan Genteng

Fungsi dari pecahan genteng dalam proses penyaringan adalah untuk mengadsorpsi partikel-partikel koloid dan zat melayang ke dalam pori-pori pada permukaannya dengan gaya adhesi.

4. Kerikil

Kerikil merupakan batuan yang berukuran lebih dari 2 mm. penggunaan kerikil selain untuk media penyangga juga untuk penyerapan bahan-bahan buangan air yang tercemar dengan melewati pori-pori permukaan dengan gaya adhesi.

2.8. Media Filtrasi

2.8.1. Karbon Aktif (Arang Aktif)

Karbon aktif atau sebagai arang aktif merupakan senyawa karbon, yang dihasilkan dari bahan-bahan mengandung karbon atau arang dengan perlakuan khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif hanya mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu, hal ini tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar berkisar antara 25-1000% terhadap berat arang aktif.

A. Jenis-jenis Karbon Aktif (Arang Aktif)

1. Arang aktif sebagai pemucat

Arang aktif ini berbentuk bubuk yang sangat halus, berdiameter pori hingga 1000A, digunakan dalam fase cair. Fungsi dari arang aktif ini untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna serta bau yang tidak diharapkan,

membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan biasanya digunakan pada industri kimia. Arang aktif ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan struktur yang lemah.

2. Arang aktif sebagai penyerap uap

Arang aktif jenis ini berbentuk granular atau *pellet* yang sangat keras berdiameter pori berkisar antara 100-200A, tipe pori lebih halus dan digunakan dalam fase gas. Fungsi dari arang aktif jenis ini adalah memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Arang aktif ini diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan yang mempunyai bahan baku yang memiliki struktur keras.

B. Proses Pembuatan Karbon Aktif (Arang Aktif)

Proses pembuatan arang aktif meliputi dua macam cara, yaitu :

1. Proses Kimia

Bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat padat. Selanjutnya padatan tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktifasi dilakukan pada temperatur 100°C. Arang aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 300°C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia.

2. Proses Fisika

Bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Selanjutnya arang tersebut digiling, diayak untuk diaktifasi dengan cara pemanasan pada temperatur 1000°C yang disertai pengaliran uap. Proses fisika banyak digunakan dalam aktifasi arang antara lain:

a. Proses Briket

Bahan baku atau arang terlebih dahulu dibuat briket, dengan cara mencampurkan bahan baku atau arang halus dengan ter. Kemudian, briket yang dihasilkan dikeringkan pada 550°C untuk selanjutnya diaktifasi dengan uap.

b. Destilasi kering

Merupakan suatu proses penguraian suatu bahan akibat adanya pemanasan pada temperatur tinggi dalam keadaan sedikit mau tanpa udara. Dengan cara destilasi kering, diharapkan daya serap arang aktif yang menghasilkan dapat menyerupai atau lebih baik daripada daya serap arang aktif yang diaktifkan dengan menyertakan bahan-bahan kimia. Juga dengan cara ini, pencemaran lingkungan

sebagai akibat adanya penguraian senyawa-lenyawa kimia dari bahan-bahan pada saat proses pengarangan dapat dihindari. Selain itu, dapat dihasilkan asap cair sebagai hasil pengembunan uap hasil penguraian senyawa-senyawa organik dari bahan baku.

Cheremisinoff dan AC. Moressi, mengemukakan bahwa proses pembuatan arang aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Dehidrasi, proses penghilangan air. Dimana bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170°C .
2. Karbonisasi, proses pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Temperatur yang digunakan diatas 170°C akan menghasilkan CO , CO_2 dan asam asetat. Pada temperatur 275°C , dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$
3. Aktifasi, dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan uap atau CO_2 sebagai aktifator.

C. Adsorpsi Karbon aktif (Arang Aktif)

Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

1. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah arang aktif yang digunakan, juga harus diperhatikan.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama.

3. Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk mengecek temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas suhu senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Apabila terjadi perubahan warna ketika adanya pemanasan maka perlakuan dilakukan pada suhu kamar atau lebih rendah dari suhu kamar.

4. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Singgung

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Hal ini ditentukan oleh dosis arang aktif dan pengadukan. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.8.2. Zeolit

Zeolit atau yang dikenal juga dengan batu api merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Mineral alam zeolit biasanya tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lingkungan lokasi kejadiannya. Hal ini yang menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama namun berbeda komposisi kimianya.

A. Jenis-jenis Zeolit

Berdasarkan proses pembentukannya, zeolit dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Zeolit Alam

Zeolit alam banyak dikandung pada daerah yang mempunyai kegiatan vulkanik yang berlangsung lama dan terus-menerus. Zeolit ini banyak terdapat di dalam lubang batuan lava dan pada batuan sedimen terutama sedimen piroklastik berbutir halus. Zeolit alam dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

- a. Zeolit yang terdapat di antara celah-celah batuan atau di antara lapisan batuan. Biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, fluorit, sulfida dan lain-lain.
- b. Zeolit yang berupa batuan, jenis ini hanya sedikit diantaranya adalah klinoptilonit, filipsit, eriorit, kabsit dan heulandit.

2. Zeolit Sintetik

Zeolit sintetik ini merupakan hasil rekayasa yang menghasilkan zeolit buatan dengan karakteristik yang sama dengan zeolit alam. Sifat zeolit sintetik sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si, sehingga ada tiga kelompok zeolit sintetik, yaitu :

- a. zeolit sintetik dengan kadar Si rendah.
- b. zeolit sintetik dengan kadar Si sedang.
- c. zeolit sintetik dengan kadar Si tinggi.

A. Adsorpsi Zeolit

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat oleh zat lain dimana proses ini hanya terjadi pada permukaan zat tersebut. Proses adsorpsi ini terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya pada fase antar muka. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada zeolit yaitu :

1. Luas permukaan, semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak jumlah adsorbat yang terserap.
2. Jenis dan sifat adsorben, jenis adsorben menyangkut sifat khas dari suatu adsorben untuk menyerap adsorbat yang polar. Sedangkan untuk sifat adsorben, yang berpengaruh adalah kemurnian adsorben dan luas permukaannya.
3. Sifat adsorbat, kelarutan zat terlarut yang terlalu besar mengakibatkan ikatan zat terlarut dengan pelarut lebih kuat sehingga dapat menyebabkan jumlah yang terserap kecil.

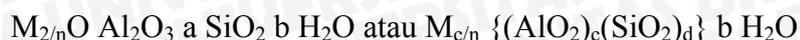
4. pH larutan, pH larutan dapat mempengaruhi jumlah adsorpsi, sebab pH menentukan derajat disosiasi adsorbat. pH juga mempengaruhi muatan pada permukaan adsorben sehingga mengubah kemampuannya menyerap organik dalam bentuk ion.
5. Suhu, reaksi adsorpsi pada umumnya eksotermis, sehingga jumlah adsorpsi bertambah dengan berkurangnya suhu.
6. Konsentrasi adsorbat, pada umumnya adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan adsorbat.
7. Waktu singgung, waktu singgung cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika fase cairan yang berisi adsorben diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat dan merupakan tahap penentu kecepatan adsorpsi. Sehingga perlu pengocokan untuk mempercepat proses adsorpsi.

B. Sifat Zeolit

Sifat-sifat zeolit yang paling penting adalah memiliki daya serap yang tinggi dimana dapat memisahkan molekul berdasarkan ukuran dan kepolarannya. Namun secara umum sifat-sifat zeolit meliputi :

1. Dehidrasi, dimana zeolit mampu melepaskan molekul air dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif jika berinteraksi dengan molekul yang di adsorpsi.
2. Adsorpsi, dimana zeolit mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran kepolarannya.
3. Penyaringan dan pemisahan, dimana zeolit memiliki ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam untuk dapat memisahkan berdasarkan ukuran bentuk dan polaritas dibandingkan media pori lain.
4. Penukaran ion, ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion antara lain tergantung dari sifat kation, suhu dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.
5. Katalis, zeolit yang merupakan katalisator yang baik mampu mendifusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal, dengan demikian dimensi serta lokasi saluran sangat penting.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida tau berdasarkan satuan sel kristal sebagai berikut :



Dimana :

- n : valensi logam
- a dan b : molekul silikat dan air
- c dan d : jumlah tetrahedra alumina dan silika
- rasio d/c atau SiO_2/Al_2O_3 dari 1-5

Selain menggunakan analisa komposisi kimia untuk mengetahui identifikasi dari zeolit, perlu dianalisa strukturnya juga. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedra (TO_4) disebut Unit Bangun Primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4. Tetrahedra Alumina dan Silika (TO_4) pada Struktur Zeolit

2.8.3. Pasir Silika

Pada penelitian ini digunakan pasir silika yang termasuk dalam saringan pasir lambat. Pasir silika adalah bahan galian yang terdiri dari kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir silika yang dikenal juga dengan nama pasir putih 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 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 dari senyawa pengotornya. Kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis $2,65 \text{ t/m}^3$, titik lebur 1715°C , bentuk kristal hexagonal, panas spesifik 0,185 dan konduktivitas panas $12 - 100^\circ\text{C}$.

2.9. Kebutuhan dan Pemanfaatan Air Bersih

Penggunaan air pada masing-masing daerah tentu saja berbeda hal ini tergantung pada kondisi cuaca, ciri-ciri lingkungan hidup, penduduk dan faktor-faktor lainnya.

Umumnya kebutuhan air untuk rumah tangga berubah-ubah sehingga sulit untuk diketahui secara pasti air yang dibutuhkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi air oleh masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya:

1. Luas dan besarnya kota.

Luas suatu kota berpengaruh terhadap besarnya kebutuhan air yang dalam kenyataan jumlahnya sangat terbatas. Luas dan besarnya kota tidak mutlak dipakai sebagai ukuran besarnya kebutuhan air, hal lain yang harus diperhatikan:

- a. Jumlah penduduk.
- b. Sistem pembuangan kotoran.
- c. Banyaknya bangunan yang membutuhkan air.

2. Karakteristik penduduk

Penggunaan air tiap penduduk di suatu daerah akan bervariasi. Pemakaian air tergantung pada karakteristik penduduk, yaitu:

- a. Tingkat kebudayaan.
- b. Sikap hidup.
- c. Tingkat kehidupan atau status ekonomi.

3. Kepadatan penduduk

Kepadatan penduduk pada suatu daerah sangat berpengaruh terhadap kebutuhan penyediaan air bersih.

4. Letak daerah

Kebutuhan air bersih tiap daerah berbeda, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan daerah pemanfaatan.

5. Keadaan iklim

Iklim suatu daerah mempengaruhi kebutuhan air bersih penduduknya. Pada musim hujan kebutuhan air bersih lebih sedikit dibandingkan musim kemarau.

Menurut fungsi dan kebutuhan, air dapat dibedakan dalam beberapa golongan yaitu:

1. Air untuk perumahan

Air untuk perumahan terdiri dari air untuk rumah tangga, hotel, penginapan dan sejenisnya. Banyaknya air yang dibutuhkan juga berbeda antara rumah tangga dengan lainnya tergantung pada jam dan hari.

2. Air untuk industri

Kebutuhan air untuk industri tergantung dari besar kecilnya industri yang ada di kawasan industri tersebut. Penggunaan air untuk industri dalam sebuah kota rata-rata mencapai 15-65% dari rata-rata kebutuhan suatu kota.

3. Air untuk keperluan umum

Sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit, terminal dan lain-lain memerlukan suplai air bersih di suatu daerah. Selain itu prasarana penunjang lain seperti pemadam kebakaran dan air untuk operasi PLTA yang memerlukan air dalam jumlah besar.

4. Kehilangan air pada sistem distribusi

Jumlah kehilangan air pada suatu kawasan sangat tergantung pada sistem distribusi dan pemeliharaan dari pendistribusian air di kawasan itu. Apabila pemeliharannya kurang baik, maka seiring dengan bertambahnya waktu maka akan meningkatkan jumlah kehilangan air.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perencanaan Model dan Peralatan Penelitian

3.1.1. Perencanaan Model Instalasi

Penelitian ini menggunakan alat yang didesain sendiri berdasarkan literatur dengan ukuran dapat memenuhi kebutuhan air bersih untuk kapasitas satu rumah tangga. Model alat yang digunakan dalam penelitian instalasi pengolahan air bersih ini berupa tabung filtrasi dibuat dari pipa PVC dengan diameter 6 inci (15,24cm), panjang pipa keseluruhan 100 cm, tampak pada gambar 3.1. Media penyaring yang digunakan dalam penelitian model filtrasi ini menggunakan arang aktif, pasir zeolit dan pasir silika. Perlakuan terhadap media penyaring yaitu variasi penempatan dua media penyaring yaitu pasir silika dan zeolit. Antar media penyaring digunakan saringan yang terbuat dari kassa yang berfungsi untuk mencegah tercampurnya media penyaring.

3.1.2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini dilakukan langsung pada daerah studi, yaitu di jalan Sigura-gura V/5C Kelurahan Sumbersari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kran air yang terhubung langsung dengan tabung filtrasi.
2. Tabung filtrasi dan noksel.
3. Bak penampung hasil pengolahan.
4. Botol air mineral, sebagai tempat sampel air yang diteliti.
5. Pipa penyalur dari bahan PVC.
6. Selang air.
7. Kain kassa.
8. *Stop watch* dan gelas ukur.
9. Bahan-bahan penyaring, yang terdiri dari:
 - a. Pasir Zeolit

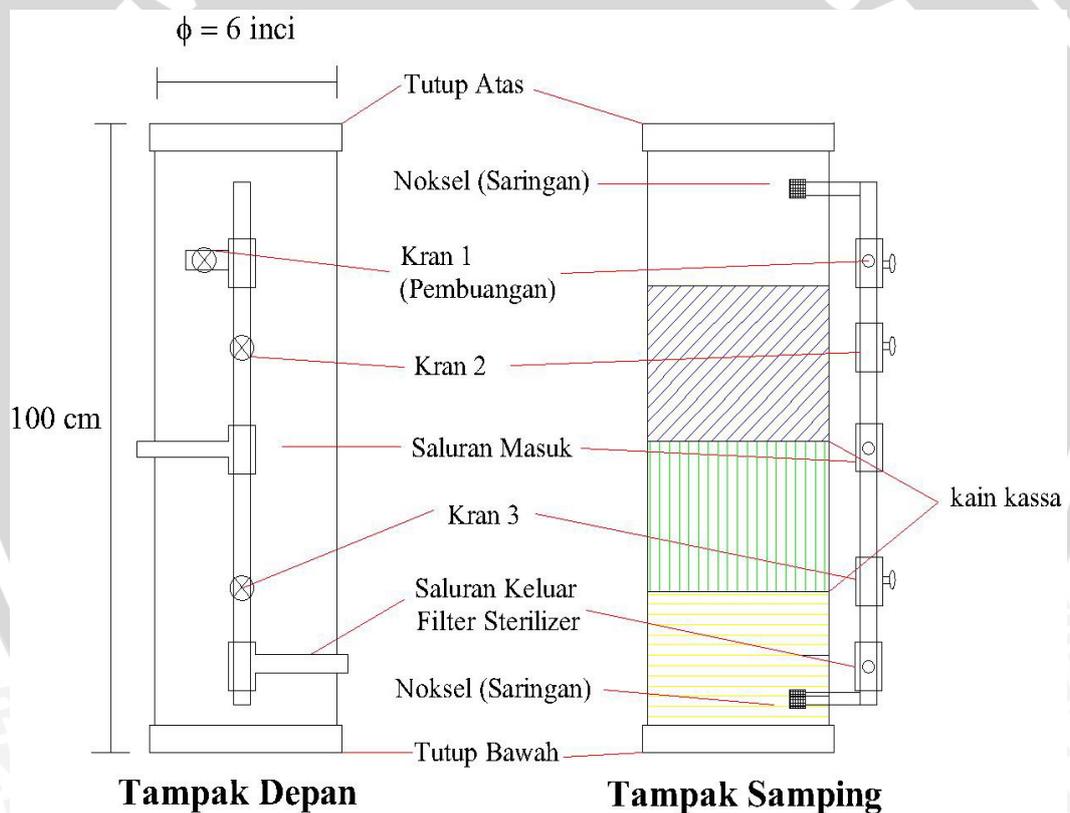
Dalam penelitian ini pasir zeolit yang dibutuhkan 2,7 kg dengan ukuran butiran tertahan ayakan no. 20 ($\phi = 0,85$ mm) – 60 ($\phi = 0,25$ mm). Termasuk ke dalam saringan pasir cepat dan lambat. Fungsi dari pasir zeolit adalah untuk mengurangi kadar besi dan mangan dalam air.

b. Pasir Silika

Dalam penelitian ini pasir silika yang dibutuhkan 2,7 kg dengan ukuran butiran tertahan ayakan no. 20 ($\phi = 0,85 \text{ mm}$) – 100 ($\phi = 0,15 \text{ mm}$). Termasuk ke dalam saringan pasir cepat dan lambat. Fungsi dari pasir silika adalah mengurangi bahan-bahan kimia pencemar air, membantu mengurangi warna yang disebabkan oleh arang aktif ataupun air tercemar dan menghilangkan bau

c. Arang Aktif

Dalam penelitian ini arang aktif yang dibutuhkan 4 kg dengan ukuran butiran tertahan ayakan 20 ($\phi = 0,85 \text{ mm}$) – ($\phi = 0,42 \text{ mm}$). termasuk ke dalam saringan pasir cepat. Fungsi dari arang aktif ini adalah menyerap partikel-partikel halus dan menjebaknya di dalam air, mengurangi warna dan bau pada air yang tercemar.



Gambar 3.1. Sketsa Alat Penjernih Air untuk Rumah Tangga

3.1.3. Variabel yang diteliti

Variabel yang diteliti pada penelitian kali ini adalah:

1. Variabel bebas, diantaranya:
 - a. Letak bahan filtrasi (zeolit dan pasir silika).

2. Variabel tergantung, diantaranya:
 - a. Kedua alat penjernih air dengan dimensi dan komponen yang sama.
 - b. Pengambilan sampel dan waktu percobaan pada hari dan jam yang sama.
 - c. Tebal bahan filtrasi pada alat penjernih A dan B tidak diubah.
 - d. Letak arang aktif tidak diubah.
 - e. Debit air yang melewati bak penyaring (Q) dalam lt/mnt.
 - f. Waktu pengoperasian alat dalam satu hari untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.
 - g. Kandungan air di dalamnya, meliputi:
 - Warna, yaitu penampakan warna air yang diteliti secara manual.
 - Bau, yaitu bau dari air yang diteliti secara manual.
 - Kekeruhan, yaitu warna dan rupa pada air yang disebabkan banyaknya partikel bahan yang tersuspensi, dalam NTU.
 - Fe, yaitu kandungan logam besi di dalam air dalam mg/l.
 - Mn, yaitu kandungan mangan di dalam air dalam mg/l.
 - pH, yaitu derajat keasaman dalam air.
 - *Dissolved Oxygen* (DO) yaitu banyaknya oksigen dalam air sebagai derajat pengotoran limbah yang ada semakin besar oksigen yang terlarut menunjukkan derajat pengotoran yang lebih kecil.

Dimana nilai dari parameter-parameter tersebut dibandingkan dengan baku mutu atau persyaratan yang tercantum dalam standar baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 (untuk DO) dan Peraturan Pemerintah Nomor 907 Tahun 2002.

3.2. Langkah Penelitian

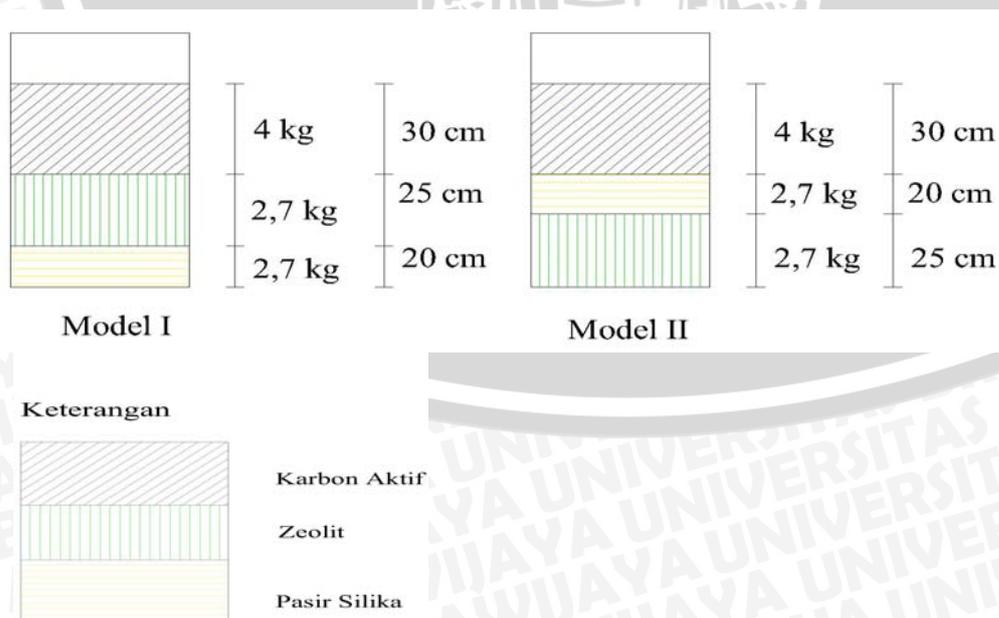
Pada penelitian ini, air dialirkan dengan debit yang konstan ke dalam tabung pengolahan air, dengan variasi letak media filter zeolit dan pasir silika. Proses ini diharapkan agar kandungan unsur-unsur di dalam air yang melebihi batas standar baku mutu air dapat diturunkan, sehingga dapat diperoleh air yang berkualitas. Maka rancangan percobaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan survei lapangan untuk mendapatkan data daerah yang mengalami permasalahan air.

2. Mengambil sampel di daerah lokasi studi kemudian diujikan di laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur di dalamnya.
3. Dari kandungan unsur yang ada di dalam air, maka dibuat alat penjernih air dengan teknik yang sederhana untuk menurunkan kandungan unsur yang berlebih sampai batas baku mutu air yang diijinkan.
4. Uji pendahuluan yaitu mengukur berapa besar kemampuan alat penjernih air tersebut untuk melewatkan air.
5. Dari pengujian variasi letak media filter pada alat penjernih air tersebut didapatkan sampel untuk masing-masing perlakuan, kemudian diuji ke laboratorium untuk diketahui kandungan unsur-unsurnya.
6. Dari data laboratorium dapat disimpulkan variasi letak media filter pada alat penjernih air yang paling baik, yang mana kandungan unsur di dalam air sesuai dengan standar baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 dan Peraturan Pemerintah Nomor 907 Tahun 2002.

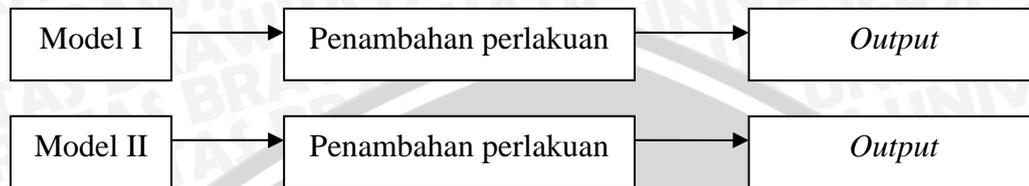
3.3. Rencana Perlakuan

Prinsip dari penelitian ini adalah untuk mengolah air yang tercemar oleh polutan menjadi air baku yang sesuai dengan standar kesehatan dengan menggunakan variasi model filtrasi. Variasi model filtrasi yang direncanakan yaitu dengan mengganti letak media filter zeolit dan pasir silika. Letak zeolit dan silika dari masing-masing alat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 3.2. Variasi Letak Media Filtrasi

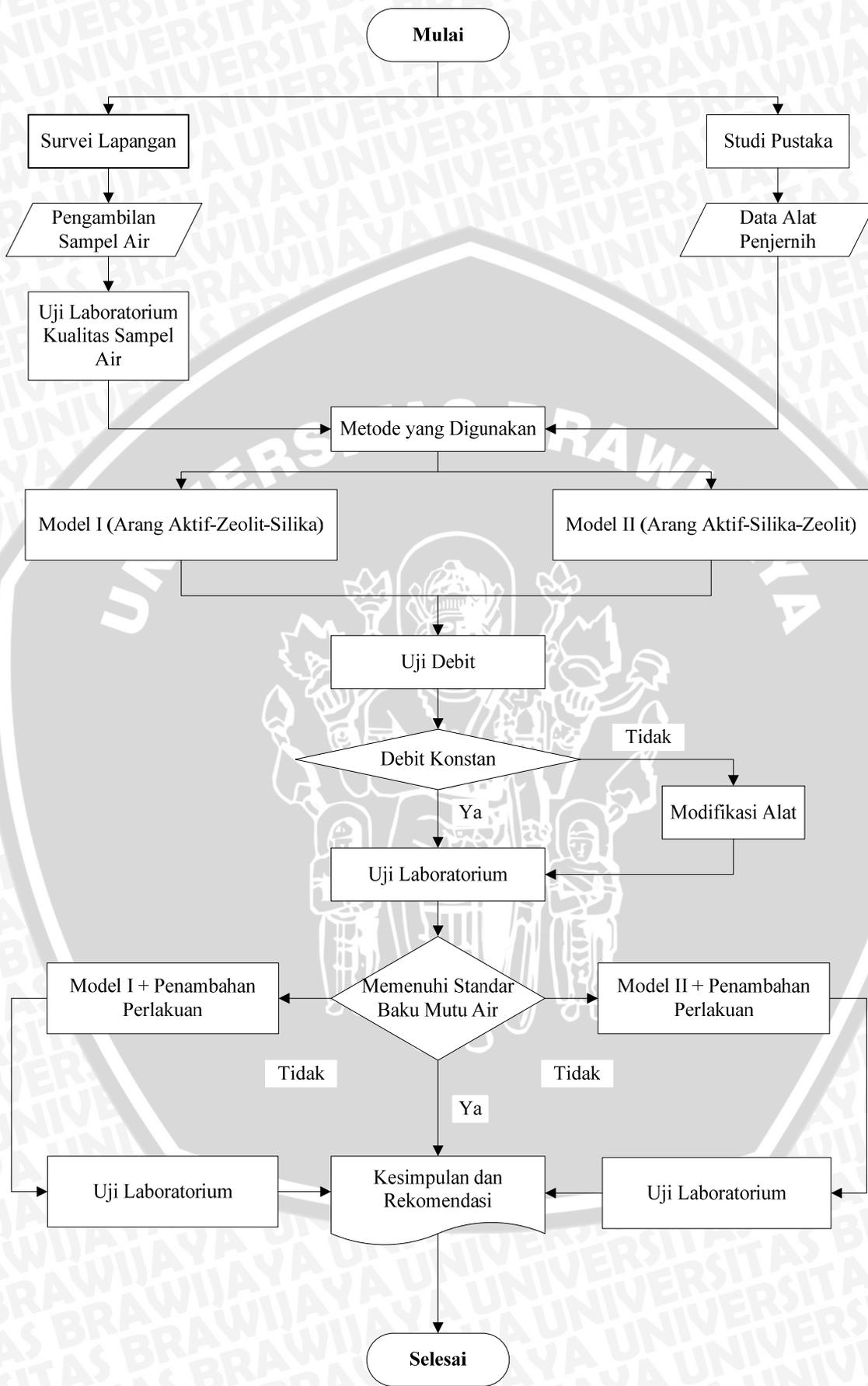
Penambahan perlakuan pada penelitian dilakukan jika masih terdapat parameter yang belum memenuhi standar baku mutu air, walaupun sudah melalui proses filtrasi (model I dan model II). Hanya parameter yang belum memenuhi standar baku mutu air yang akan dilakukan pengujian laboratorium. Berikut adalah ilustrasi dari susunan tabung filtrasi dan penambahan perlakuan:



Gambar 3.3. Susunan pengolahan air

Dari kedua variasi yang direncanakan tersebut, nantinya dipilih mana yang paling efektif untuk digunakan pada kondisi daerah studi.





Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari tiga aspek pembahasan. Yang pertama yaitu membahas dimensi alat dan penggunaan media penyaring, serta debit pada alat penjernih air dan yang kedua membahas kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan, sedangkan yang ketiga membahas mengenai rekapitulasi biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat serta biaya yang dibutuhkan untuk pengujian sampel air.

4.2. Analisa Kualitas Air

Dari pengamatan awal seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya terlihat jelas bahwa air tanah yang dihasilkan berbau dan berwarna kekuningan serta meninggalkan sedimen atau endapan yang melekat pada tandon ataupun bak kamar mandi sehingga terindikasi mengandung logam besi dan mangan. Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengujian sampel awal dengan tujuh parameter uji, pengambilan ini diambil pada musim kemarau (belum terjadi banyaknya hujan) dan musim penghujan. Hal ini terjadi dikarenakan jarak pengambilan sampel awal (pertama) dengan percobaan alat filtrasi di lapangan cukup lama dan sudah terjadi perubahan kondisi cuaca (musim kemarau ke musim hujan). Adapun tujuh parameter uji yang dilakukan meliputi, dua parameter yang diuji secara langsung (manual) yaitu warna dan bau, dan lima parameter lainnya diujikan ke laboratorium, diantaranya kekeruhan, derajat keasaman (pH), Besi (Fe), Mangan (Mn) dan *Dissolved Oxygen* (DO). Dari hasil uji laboratorium dengan mengambil sampel air di lokasi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil uji laboratorium sampel awal air (musim kemarau)

No.	Parameter Uji	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	Warna	-	Kekuningan	Tidak Berwarna	X
2	Bau	-	Bau Logam	Tidak Berbau	X
3	Kekeruhan	NTU	15,8	5	X
4	Besi (Fe)	Mg/L	0,68	0,3	X
5	Mangan (Mn)	Mg/L	-	0,1	-
6	pH	-	6,42	6,5-8,5	X
7	DO	Mg/L	15,69	6 (min)	V

Sumber : Hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Tabel 4.2. Hasil uji laboratorium sampel awal air (musim penghujan)

No.	Parameter Uji	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	Warna	-	Kekuningan	Tidak Berwarna	X
2	Bau	-	Bau Logam	Tidak Berbau	X
3	Kekeruhan	NTU	40,1	5	X
4	Besi (Fe)	Mg/L	0,25	0,3	V
5	Mangan (Mn)	Mg/L	3,56	0,1	X
6	pH	-	6,43	6,5-8,5	X
7	DO	Mg/L	8,49	6 (min)	V

Sumber : Hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas Kimia Universitas Brawijaya Malang

Keterangan:

X = tidak memenuhi

V = memenuhi

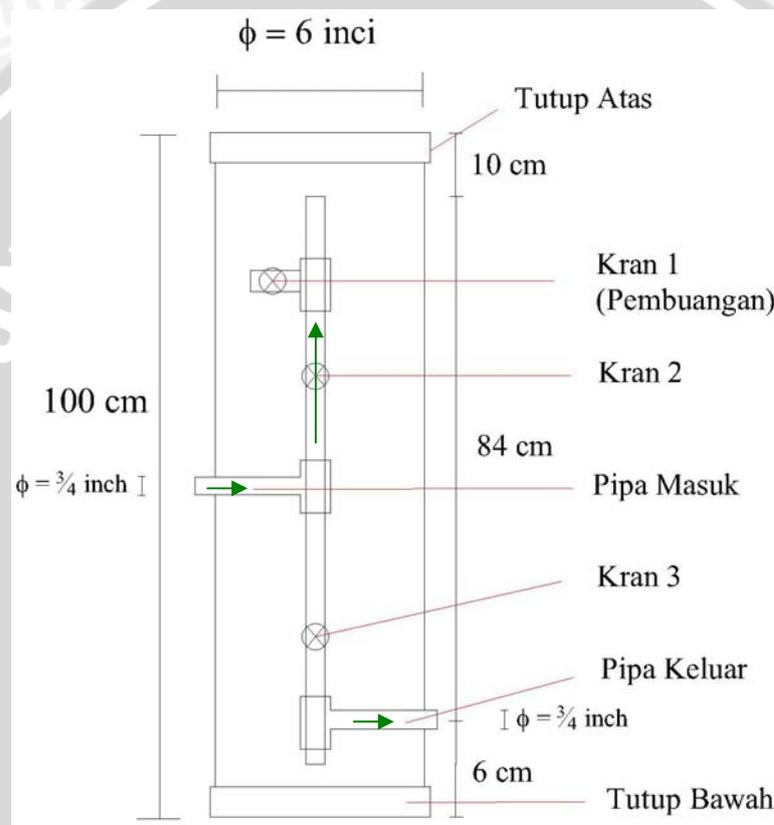
Dari hasil uji laboratorium di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas air tanah di daerah studi tidak memenuhi standar baku mutu air kelas I yaitu untuk air konsumsi rumah tangga. Air yang layak dan baik dikonsumsi adalah air yang tidak berwarna, tidak berbau dan unsur-unsur dalam air terutama unsur logam tidak melebihi batas yang telah ditetapkan. Dari tujuh parameter uji sampel awal air dapat dilihat bahwa enam diantaranya tidak memenuhi standar baku mutu, yaitu warna, bau, kekeruhan, mangan, besi dan pH. Sedangkan untuk DO memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan. Dengan melihat hal tersebut maka diperlukan peningkatan kualitas air tanah di lokasi studi dengan mengurangi unsur-unsur yang berlebihan pada air tersebut.

4.3. Perancangan Alat Penjernih Air

Dengan mengetahui kondisi kualitas air pada lokasi studi baik dari faktor fisika, kimia, maupun biologis, maka dapat dilakukan perancangan alat penjernih air bersih mikro (sederhana). Mengacu pada kondisi kualitas air pada lokasi studi, maka alat penjernih air terdiri atas tabung filtrasi. Penelitian ini memfokuskan pada modifikasi letak filter pada tabung filtrasi dan proses filtrasi, bila air yang dihasilkan oleh alat penjernih ini belum memenuhi standar baku mutu air maka akan dilakukan penambahan perlakuan seperti aerasi atau koagulasi.

Metode filtrasi yang digunakan adalah filtrasi vertikal (*down flow*) dengan komposisi bahan filtrasi arang aktif, zeolit dan pasir silika. Yang mana letak antara zeolit dan pasir silika dirubah. Berikut adalah dimensi dari tabung filtrasi yang digunakan dalam pengolahan air:

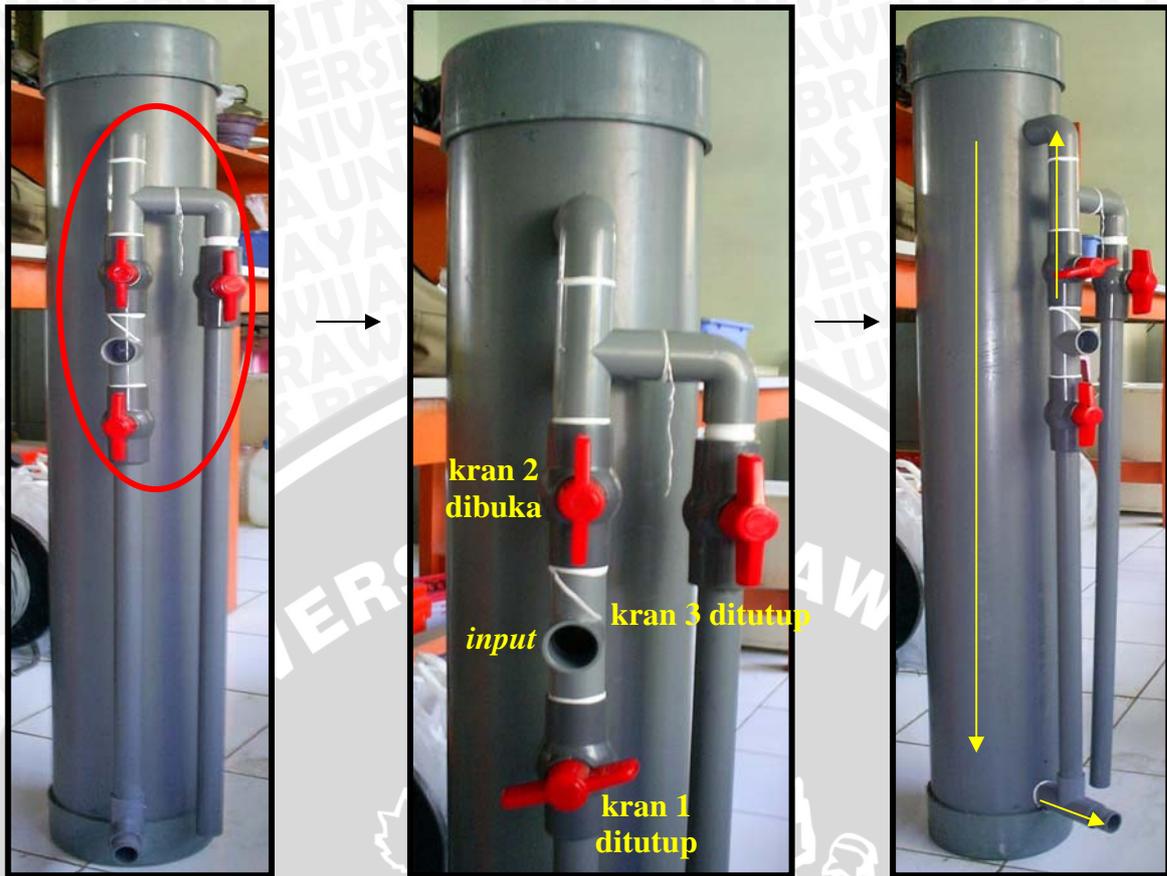
- Ukuran tabung filtrasi ($\pi \times r^2 \times t$) = $\pi \times 15,24 \text{ cm (6 inci)} \times 100 \text{ cm}$
- Jarak lubang *outlet* dari dasar tabung bak filtrasi) = 6cm (berada tepat di atas penutup bawah)
- Jarak lubang *inlet* dari atas tabung = 10 cm
- Diameter pipa inlet dan outlet = $\frac{3}{4}$ inchi = 1,905 cm
- Ketebalan tabung filtrasi = 0,5 cm
- Diameter stop kran = $\frac{3}{4}$ inchi = 1,905 cm



Gambar 4.1. Sketsa alat penjernih air (tabung filtrasi)

4.3.1. Pengaturan Air pada Alat Penjernih Air

Pengaturan air pada alat penjernih air dilakukan dengan mengatur bukaan stop kran dengan tujuan agar debit air yang masuk pada alat sesuai dengan kebutuhan dan menjaga agar tidak terjadi luapan air pada tabung. Luapan yang terjadi pada tabung dapat menyebabkan terangkatnya media penyaring terutama lapisan paling atas yaitu arang aktif dan menyebabkan kinerja alat penjernih tersebut tidak optimal.



Gambar 4.2. Proses pemasukan air

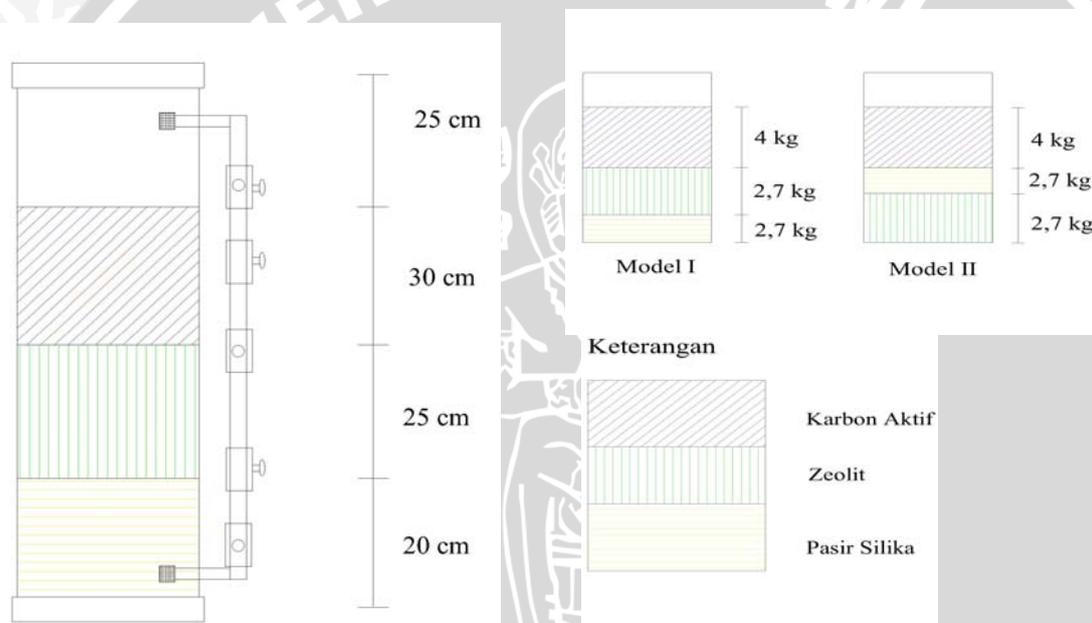
Proses pemasukan air :

1. kran nomor 2 dibuka, sedangkan untuk kran nomor 1 dan nomor 3 dibiarkan pada posisi tertutup, sehingga air mengalir dari saluran masuk menuju bagian atas tabung penyaring
2. kran nomor 3 dapat dibuka untuk pengaturan air apabila air pada tabung penyaring akan meluap. Untuk membantu pengaturan debit *inlet* agar stabil (terjadi genangan tetapi tidak meluap)
3. air yang mengalir dari saluran masuk menuju kran nomor 2, masuk ke dalam tabung penyaring, kemudian air mengalir ke saluran keluar menuju bak penampung hasil filtrasi.

4.3.2. Komposisi Media Penyaring

Dalam penelitian ini komposisi media penyaring terdiri dari arang aktif, zeolit dan pasir silika. Hanya letak dari zeolit dan pasir silika yang dirubah, sedangkan letak untuk arang aktif tetap (berada di atas). Berdasarkan penelitian sebelumnya, arang aktif tidak dilakukan pergantian letak, dikarenakan sifat dari arang aktif memiliki pengotor yang dapat merubah warna air menjadi kehitaman. Perbandingan banyaknya media

penyaring antara arang aktif-zeolit-pasir silika yaitu 1,5 : 1 : 1 dengan berat 4 kg : 2,7 kg : 2,7 kg. Perbandingan tersebut diambil dari perbandingan media penyaring pada literatur yang dipakai sebagai acuan pada penelitian ini. Adapun pengaturan letak masing-masing media dibagi menjadi dua model yaitu model I yang terdiri atas arang aktif-zeolit-silika dan model II yang terdiri atas arang aktif-silika-zeolit. Diharapkan dengan perbedaan komposisi peletakan susunan media penyaring ini akan didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui susunan mana yang menghasilkan nilai keluaran (*output*) paling optimal dalam proses penjernihan air. Nilai dari berat filter diambil dari perbandingan filter, yang mana masih diperhitungkan dengan besarnya tempat untuk air sebelum terinfiltrasi (untuk air dapat tergenang). Komposisi media penyaring dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Komposisi media penyaring

4.4. Perhitungan Debit Alat Penjernih Air

Dari hasil uji sampel didapatkan sebuah kesimpulan bahwa perlunya peningkatan kualitas air di lokasi studi dengan membuat alat penjernihan air. Maka perlu dihitung berapa debit yang dapat dihasilkan alat penjernih air untuk memenuhi jumlah kebutuhan air bersih penduduk dalam hal ini jumlah anggota keluarga dalam satu rumah. Rata-rata kebutuhan air setiap orang dalam satu hari adalah 80-100 liter (L.Widarto, 2004 : 12). Dalam penelitian ini dengan rata-rata jumlah anggota dalam setiap rumah adalah empat orang maka kebutuhan air bersih rumah tangga dalam satu hari adalah 400 liter. Dengan mendapatkan nilai kebutuhan air bersih penduduk dan

debit alat penjernih air yang dihasilkan di lapangan maka dapat dihitung berapa waktu operasi alat pengolahan.

Untuk mendapatkan debit yang tepat dan sesuai dengan dimensi alat dalam memenuhi kebutuhan air rumah tangga dalam satu hari maka dilakukan percobaan awal dengan mengatur debit alat penjernih air yang dihasilkan serta menghitung waktu operasi alat untuk setiap model alat yang telah dirancang. Dengan catatan bahwa debit yang dihasilkan konstan dan optimal pada proses penyaringannya (terdapat genangan pada proses filtrasi) dan menghasilkan waktu operasi yang terbaik. Berikut perhitungan dari debit alat yang dihasilkan.

Tabel 4.3. Perhitungan debit alat penjernih air

No	Debit Alat (<i>Input</i>)		Debit Alat (<i>Output</i>)		Kebutuhan air satu rumah tangga*) (lt/hari)	Waktu Operasi dlm 1 hari (jam)	Prosentase Kehilangan Debit (%)
	(lt/mnt)	(lt/jam)	(lt/mnt)	(lt/jam)			
Model I	0,72	43,2	0,65	38,7	400	10	10,42
Model II	0,72	43,2	0,63	37,8	400	11	12,50

Sumber : Hasil analisa di lapangan

Keterangan:

*) = dianggap bahwa kebutuhan air satu orang per hari adalah 100 lt/hari

dari hasil tabel di atas dapat dilihat bahwa model I memiliki debit 38,7 lt/jam dengan waktu operasi 10 jam dan prosentase kehilangan 10,42%. Waktu operasi ini lebih singkat daripada model II yang memiliki debit sebesar 37,8 lt/jam dengan waktu operasi 11 jam dan prosentase kehilangan 12,50%. Perbedaan keluaran debit (*output*) ini bisa diakibatkan oleh karena karakteristik dari media filter yang berada di bagian bawah yang dipengaruhi oleh adanya tekanan air.

4.5. Analisa Hasil Proses Penjernihan Air

Dari pengaturan komposisi media penyaring pada alat penjernih, didapatkan hasil keluaran (*output*) yang bervariasi. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, penulis membagi menjadi dua model yaitu model I yang terdiri atas susunan arang aktif-zeolit-silika dan model II yang terdiri atas susunan arang aktif-silika-zeolit. Dengan perbedaan susunan tersebut didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui susunan mana yang dapat menghasilkan nilai keluaran (*output*) yang paling optimal. Interval waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 menit dengan total waktu pengujian alat selama 90 menit. Dengan interval waktu tersebut diharapkan dapat diketahui keluaran (*output*) air dari waktu ke waktu dan dapat diketahui pula kemampuan media filter dalam melakukan penjernihan air.

4.5.1. Warna dan Bau

Warna pada sumber air adalah pengaruh dari kekeruhan pada sumber air itu sendiri. Sedangkan bau pada air yang juga menimbulkan rasa pada air disebabkan oleh adanya bahan organik yang membusuk, adanya mikroorganisme, serta adanya persenyawaan kimia. Bahan yang dapat menyebabkan bau berasal dari berbagai sumber namun dalam penelitian ini bau dan warna kekuningan yang terjadi pada air kemungkinan besar adalah pengaruh kandungan kimia anorganik yaitu pengaruh dari adanya kandungan logam yang cukup tinggi pada air. Yang mana setelah diteliti kandungan air yang ada, didapatkan kandungan logam besi dan mangan yang cukup tinggi (diatas standar baku mutu). Seiring dengan hilangnya kandungan logam besi dan mangan pada air akibat proses filtrasi maka warna air hasil pengolahan menjadi jernih (tidak berwarna) dan air menjadi tidak berbau, seperti tampak pada gambar 4.4. serta tabel 4.4. dan 4.5.



Gambar 4.4. Sampel sebelum dan sesudah dilakukan penjernihan air





Dari keterangan gambar dan tabel di atas dapat diketahui perbandingan sampel air sebelum dan sesudah dilakukan penjernihan cukup signifikan. Pada gambar, sebelum adanya proses penjernihan, air yang ada berwarna kekuningan dengan endapan berwarna kehitaman setelah adanya proses penjernihan, air yang dihasilkan berwarna jernih dan tidak didapatkan adanya endapan. Hal ini diakibatkan dari bahan filtrasi arang aktif yang efektif untuk menghilangkan warna, bau dan rasa pada air.

4.5.2. pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. pH perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi aktivitas kimia dalam air maupun pertumbuhan mikroorganisme. Hasil uji laboratorium didapatkan sampel air cenderung bersifat asam. Setelah adanya percobaan alat penjernih air, pH dapat dinaikkan sesuai dengan standar baku mutu air seperti tampak pada tabel 4.6, gambar 4.5. dan gambar 4.6. Ini disebabkan karena adanya bahan-bahan yang dapat mengurangi kadar keasaman air sehingga pH dapat naik, seperti penggunaan zeolit yang mengandung *alumino silikat* yang dapat menaikkan kadar basa dalam air.

Tabel 4.6. Hasil pengujian kadar pH (derajat keasaman) pada air

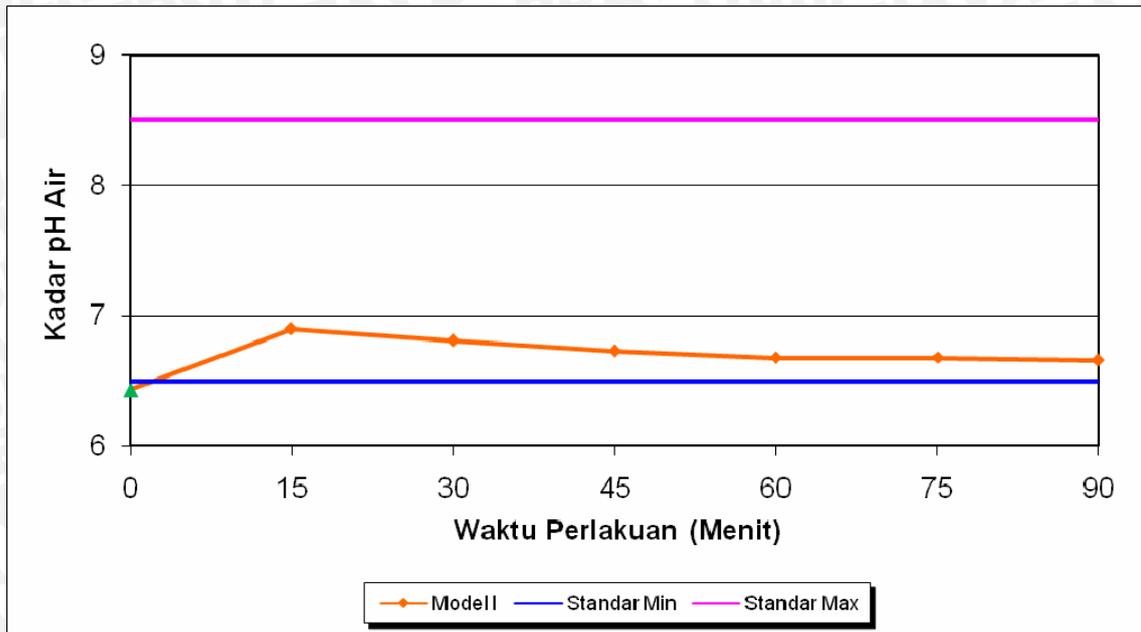
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
pH	Sampel Awal	-	6,44	6,5-8,5	Tidak Memenuhi
	15	-	6,90		Memenuhi
	30	-	6,81		Memenuhi
	45	-	6,73		Memenuhi
	60	-	6,68		Memenuhi
	75	-	6,68		Memenuhi
	90	-	6,66		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
pH	15	-	7,03	6,5-8,5	Memenuhi
	30	-	6,90		Memenuhi
	45	-	6,79		Memenuhi
	60	-	6,74		Memenuhi
	75	-	6,77		Memenuhi
	90	-	6,72		Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Pengairan Universitas Brawijaya Malang

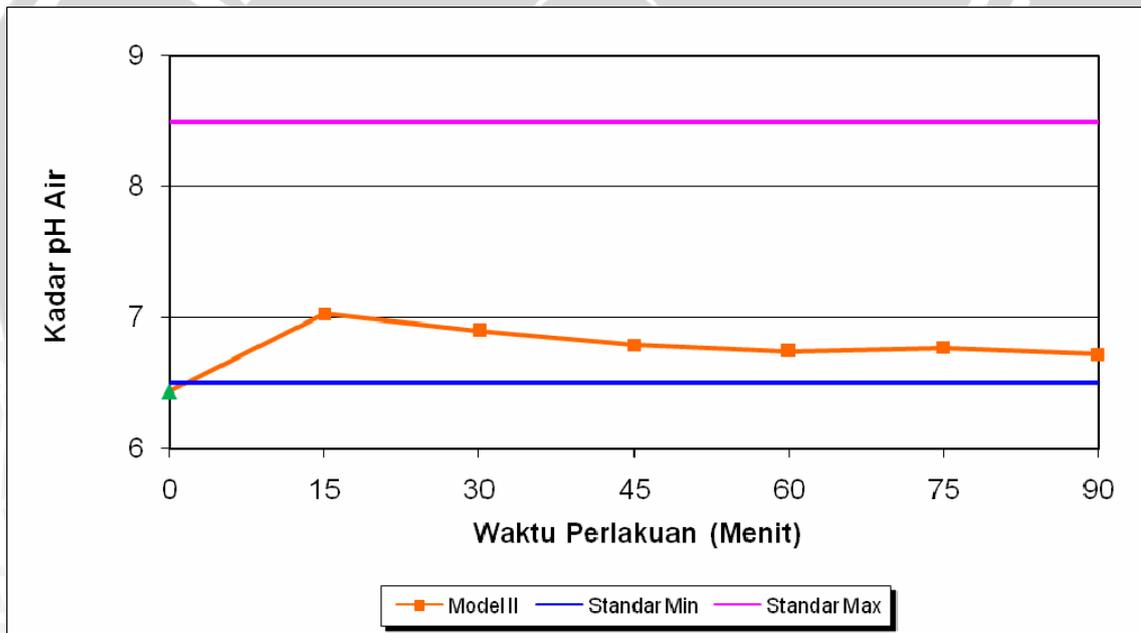
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



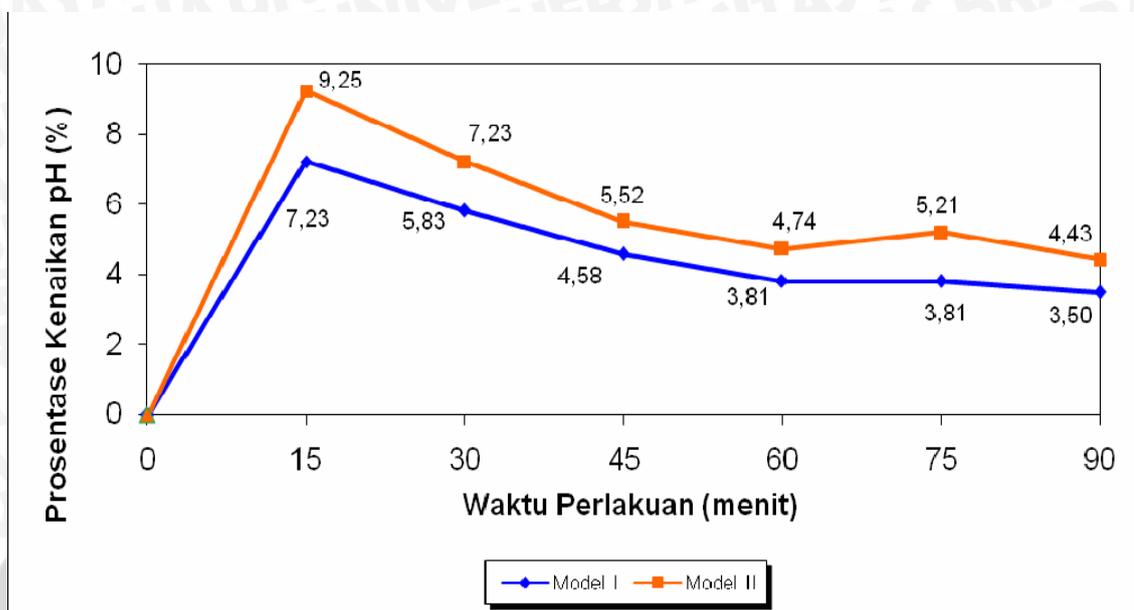
Gambar 4.5. Grafik nilai pH (derajat keasaman) air pada model I



Gambar 4.6. Grafik nilai pH (derajat keasaman) air pada model II

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.6. hasil yang diperoleh dari model I lebih rendah daripada model II. Namun secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Untuk baku mutu air yang ditentukan adalah 6,5 hingga 8,5. Untuk model I memiliki nilai pH terendah 6,66 dan untuk model II memiliki nilai pH terendah 6,72. Hasil yang diperoleh dari kedua model, terdapat kecenderungan nilai pH yang semakin menurun. Nilai pH mengalami peningkatan pada menit ke 75 dan kemudian kembali menurun pada menit ke 90, dapat disebabkan oleh kemampuan dari media filter yang mulai berkurang untuk

memfiltrasi polutan dan kualitas air yang masuk pada tabung filter saat percobaan alat sehingga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Adapun prosentase kenaikan nilai pH dari kedua model dapat dilihat pada gambar 4.7. sebagai berikut.



Gambar 4.7. Grafik prosentase kenaikan nilai pH (derajat keasaman) air terhadap sampel awal

Dari gambar di atas model I memiliki prosentase kenaikan tertinggi sebesar 7,23% dan prosentase kenaikan terendah sebesar 3,8%. Pada model II prosentase kenaikan tertinggi mencapai 9,25% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 4,43%. Berdasarkan hasil uji air yang diperoleh dan prosentase yang terjadi dapat disimpulkan bahwa nilai pH terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang-pasir silika-zeolit.

4.5.3. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur ataupun butiran-butiran koloid dalam air. Jika semakin banyak kandungan koloid maka semakin keruh airnya. Dari segi estetika maupun dari segi kualitas, air yang keruh tidak baik untuk dikonsumsi. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa sampel air memiliki nilai kekeruhan yang tinggi. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari kekeruhan dapat berkurang secara signifikan seperti tampak pada tabel 4.7 dan gambar 4.8. ini disebabkan karena partikel koloid, bahan organik dan bahan anorganik dapat tersaring dan terserap oleh arang aktif ke dalam pori-porinya yang kemudian terserap pula oleh zeolit yang kemudian tertahan oleh pasir silika.

Tabel 4.7. Hasil pengujian kadar kekeruhan pada air

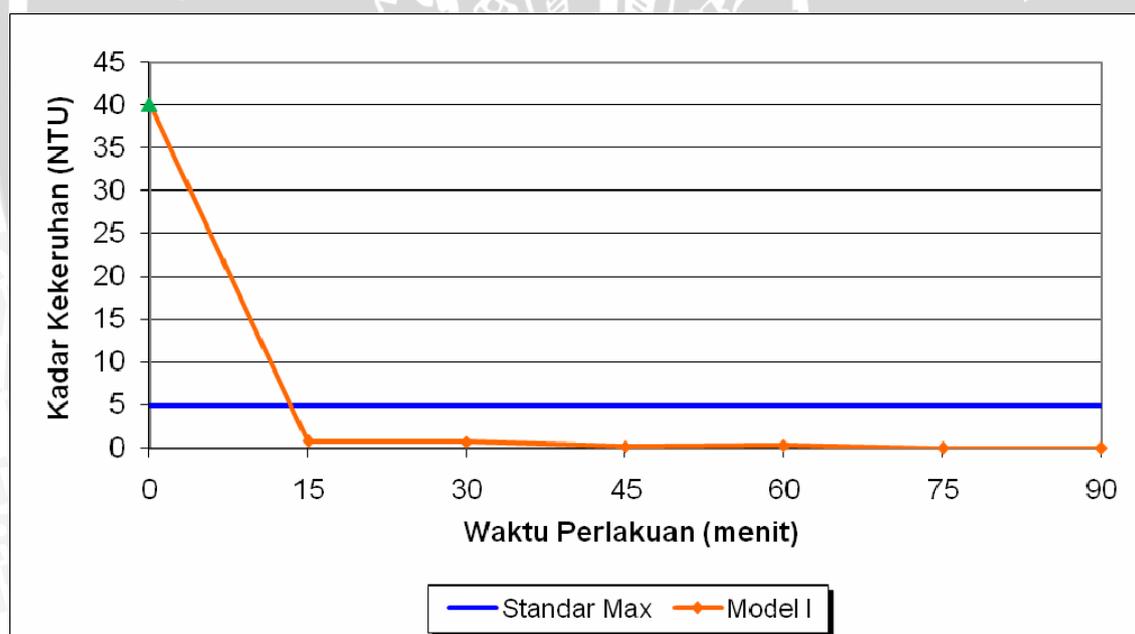
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Kekeruhan	Sampel Awal	NTU	40,10	5	Tidak Memenuhi
	0	NTU	0,80		Memenuhi
	15	NTU	0,70		Memenuhi
	30	NTU	0,20		Memenuhi
	45	NTU	0,30		Memenuhi
	60	NTU	0,00		Memenuhi
	75	NTU	-		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Kekeruhan	0-75	NTU	-	5	-

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

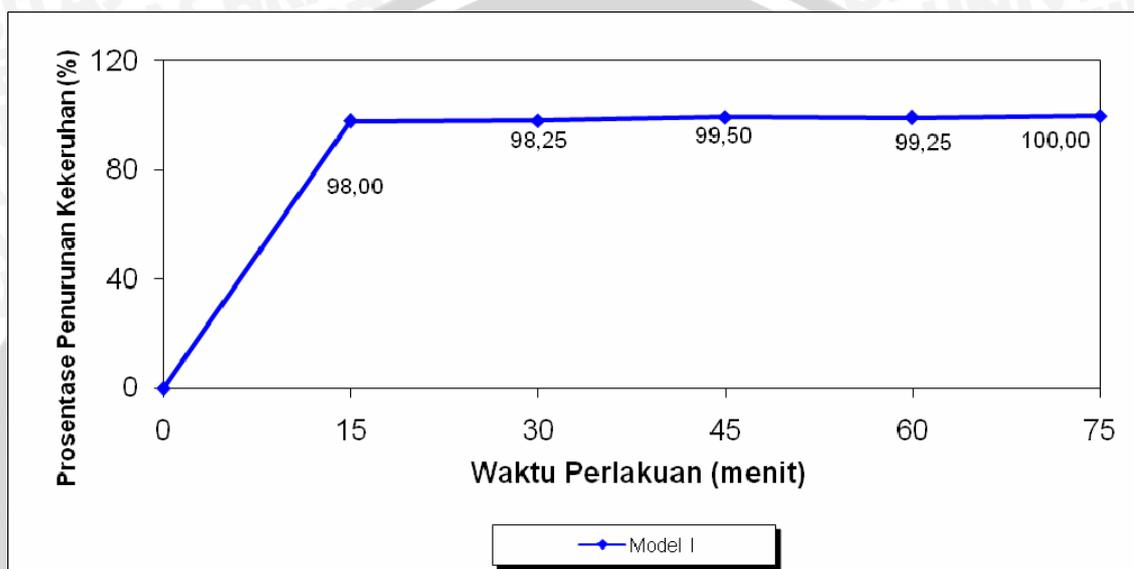
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.8. Grafik nilai kekeruhan air pada model I

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.7. hasil yang diperoleh hanya dari model I, disebabkan karena adanya kesalahan pembacaan pada uji laboratorium untuk model II. Nilai yang dihasilkan pada model II bernilai negatif, sehingga pada tabel 4.7. hanya hasil pada model I yang dicantumkan. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Model I memiliki nilai kekeruhan antara 1 NTU hingga 0 NTU. Hasil yang diperoleh dari model I, terdapat

kecenderungan nilai kekeruhan yang semakin membaik dari waktu ke waktu. Model I nilai kekeruhan mengalami peningkatan pada menit ke 60 dan kemudian kembali menurun pada menit ke 75, ini dapat disebabkan oleh kemampuan dari media filter yang mulai berkurang untuk memfiltrasi butiran-butiran koloid serta dari kualitas air yang masuk pada tabung filter saat percobaan alat sehingga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari model I terhadap sampel awal dapat dilihat pada gambar 4.9. sebagai berikut.



Gambar 4.9. Grafik prosentase penurunan nilai kekeruhan air terhadap sampel awal

Dari gambar 4.9 dapat diketahui pada model I prosentase penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 100% dan prosentase penurunan terendah sebesar 98%. Prosentase penurunan yang terjadi menunjukkan bahwa nilai kekeruhan mendekati batas maksimum standar baku mutu air.

4.5.4. DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved Oxygen merupakan banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L). Jika semakin banyak kandungan oksigen yang terlarut maka menunjukkan derajat pengotor yang relatif kecil. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa sampel air memiliki nilai *Dissolved Oxygen* 8,49 mg/L yang mana standar baku mutu nilai *Dissolved Oxygen* minimum untuk air adalah 6 mg/L, sehingga nilai untuk *Dissolved Oxygen* tersebut sudah baik. Pengujian terhadap parameter *Dissolved Oxygen* tetap dilakukan untuk dapat mengetahui hasil yang diperoleh setelah filtrasi. Dengan adanya percobaan alat penjernih air nilai dari *Dissolved Oxygen* dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.8, gambar 4.10. dan gambar 4.11.

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.8. hasil yang diperoleh dari model II lebih baik daripada model I. Pada model I nilai *Dissolved Oxygen* mengalami kenaikan dan penurunan beberapa kali, begitupun pada model II. Namun secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Model I memiliki nilai *Dissolved Oxygen* antara 7,10 hingga 9,82 dan untuk model II memiliki nilai *Dissolved Oxygen* antara 8,07 hingga 9,76. Kenaikkan dan penurunan yang terjadi dapat disebabkan dari kualitas *input* air yang berubah-ubah dan kemampuan dari media filter yang ada. Adapun prosentase hasil *Dissolved Oxygen* air dari kedua model dapat dilihat pada gambar 4.12.

Dari gambar 4.12. dapat diketahui pada model I prosentase kenaikan tertinggi mencapai 16,37% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 5,89%. Untuk model II prosentase kenaikan tertinggi mencapai 14,96% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 4,95%. Nilai dari *Dissolved Oxygen* paling stabil terdapat pada model II, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *Dissolved Oxygen* terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang aktif-pasir silika-zeolit.

Tabel 4.8. Hasil pengujian kadar DO (*Dissolved Oxygen*) pada air

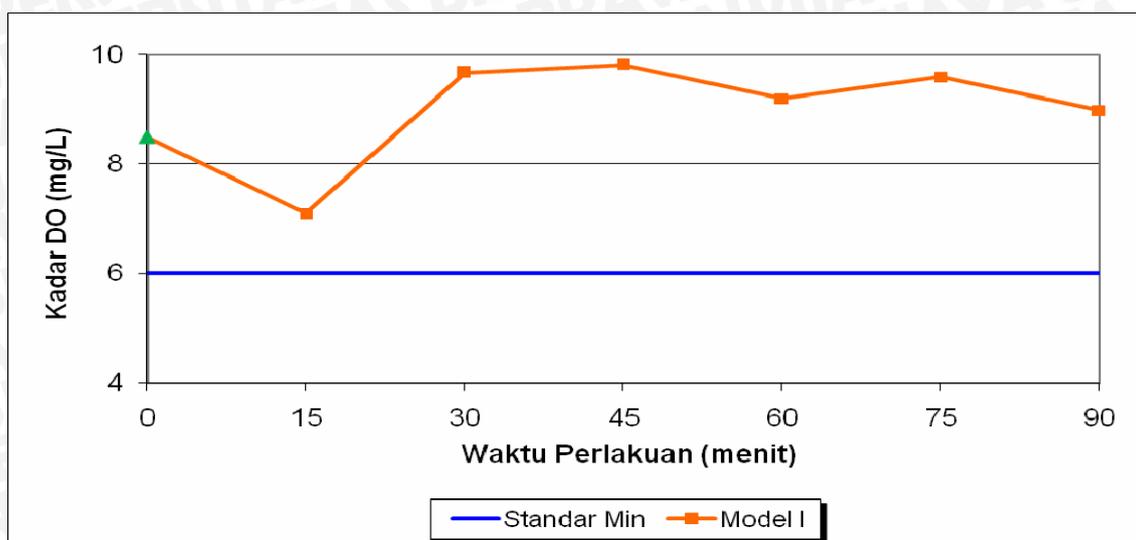
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 87 Tahun 2001)	Keterangan
			(A-Z-S)		
DO	Sampel Awal	mg/L	8,49	6 (min)	Memenuhi
	15	mg/L	7,10		Memenuhi
	30	mg/L	9,68		Memenuhi
	45	mg/L	9,82		Memenuhi
	60	mg/L	9,20		Memenuhi
	75	mg/L	9,60		Memenuhi
	90	mg/L	8,99		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 87 Tahun 2001)	Keterangan
			(A-S-Z)		
DO	15	mg/L	9,76	6 (min)	Memenuhi
	30	mg/L	9,22		Memenuhi
	45	mg/L	8,07		Memenuhi
	60	mg/L	9,14		Memenuhi
	75	mg/L	9,02		Memenuhi
	90	mg/L	9,4		Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

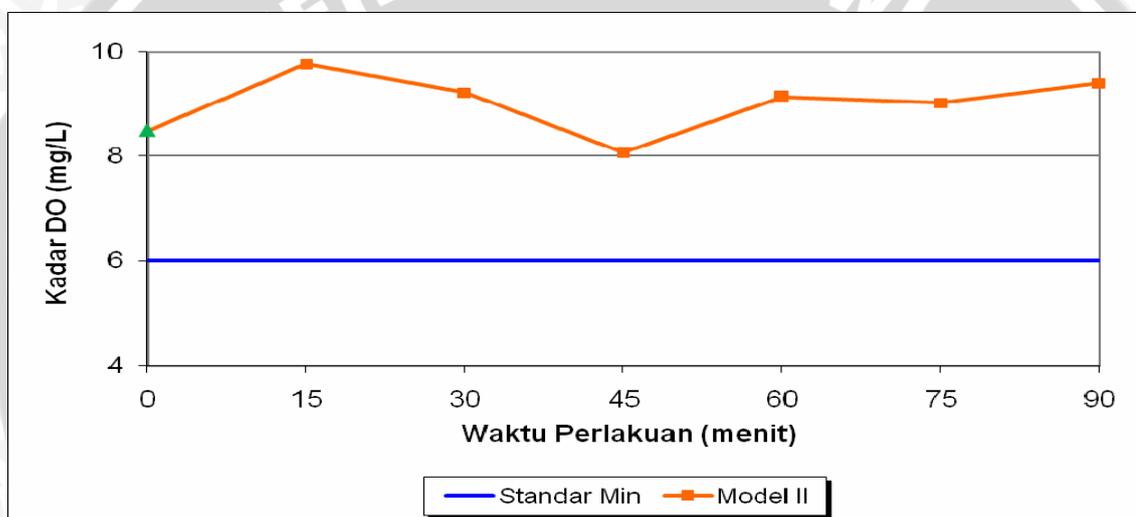
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

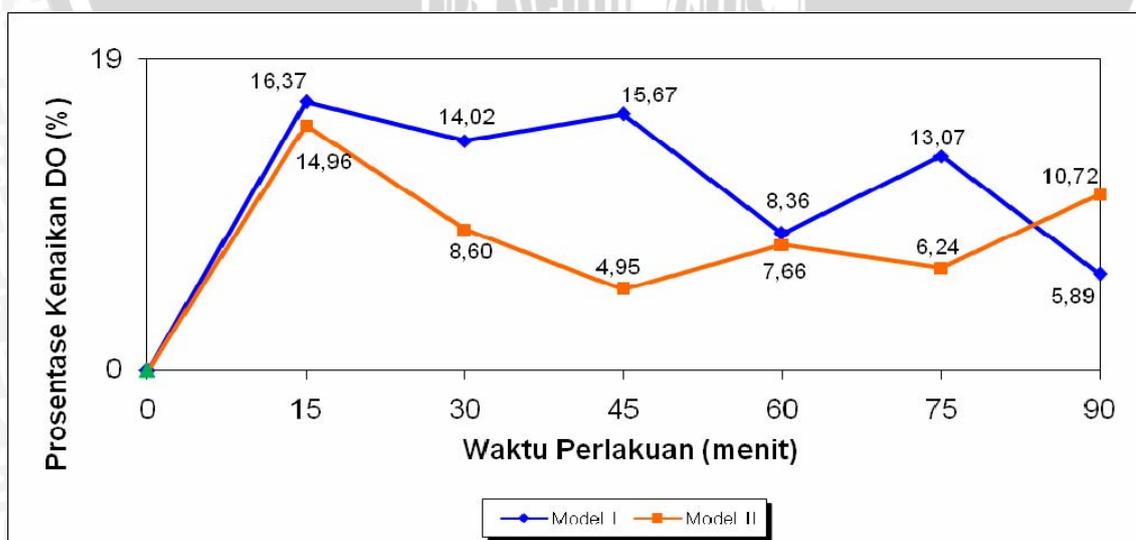
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.10. Grafik nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air pada model I



Gambar 4.11. Grafik nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air pada model II



Gambar 4.12. Grafik prosentase nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air terhadap sampel awal

4.5.5. Fe (Besi)

Besi merupakan jenis dari logam berat, keberadaan dari besi ini perlu diawasi jumlahnya di dalam air. Semakin banyak kandungan dari besi terdapat dalam air, maka kualitas air akan semakin buruk. Hal ini ditandai dengan adanya kualitas kejernihan air yang menurun, yaitu warna air berubah dari jernih menjadi kekuningan serta bau logam yang tercium dari air. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa kandungan besi yang ada pada air di lokasi studi sudah berada dibawah standar, ini dikarenakan ketika pengambilan sampel, sudah terjadi intensitas hujan yang cukup besar sehingga mempengaruhi kondisi air tanah yang pada akhirnya mempengaruhi nilai atau kandungan besi yang ada. Dengan kondisi tanah yang mengandung banyak air, maka air tanah yang terpompa ke atas lebih sedikit kandungan unsur logamnya, karena logam yang ada terendap di bagian bawah, dan hanya sebagian yang ikut terpompa ke atas. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari besi dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.9, gambar 4.13. dan gambar 4.14.

Tabel 4.9. Hasil pengujian kadar Fe (besi) pada air

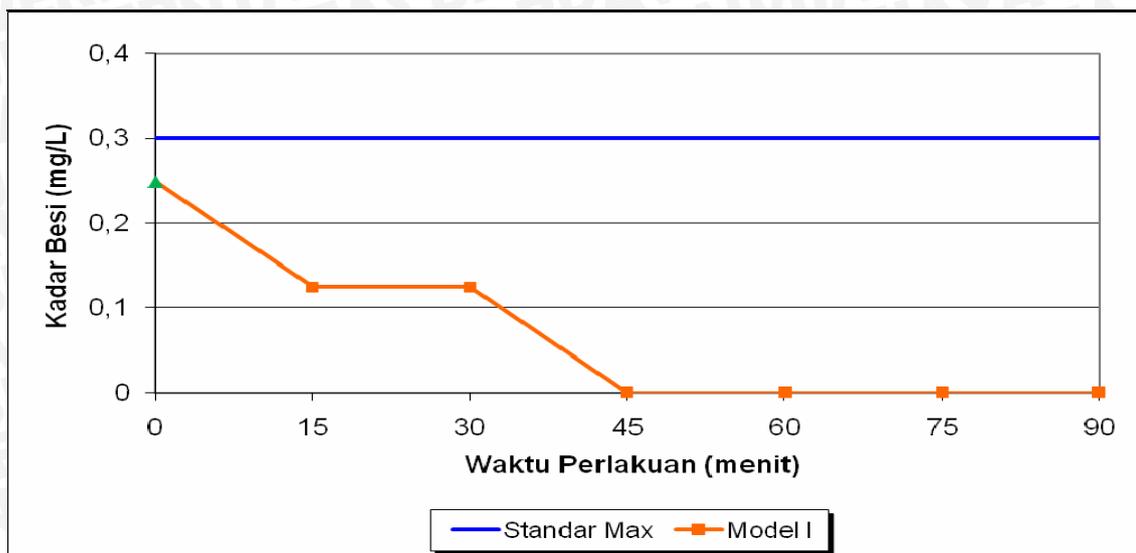
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Besi (Fe)	Sampel Awal	mg/L	0,25	0,3	Memenuhi
	15	mg/L	0,125		Memenuhi
	30	mg/L	0,125		Memenuhi
	45	mg/L	0		Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Besi (Fe)	15	mg/L	0	0,3	Memenuhi
	30	mg/L	0		Memenuhi
	45	mg/L	0		Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0		Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Pengairan Universitas Brawijaya Malang

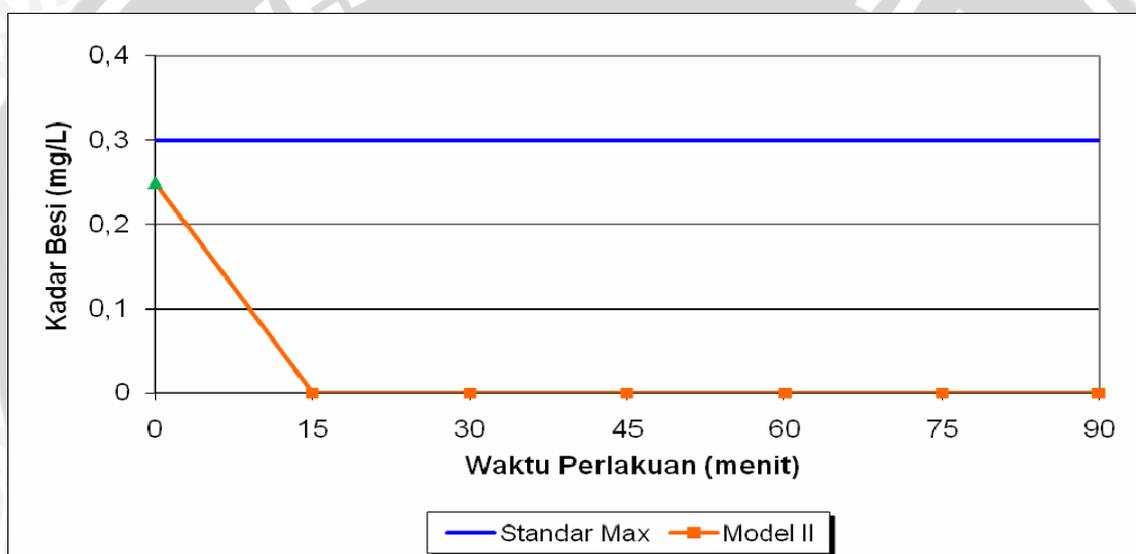
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

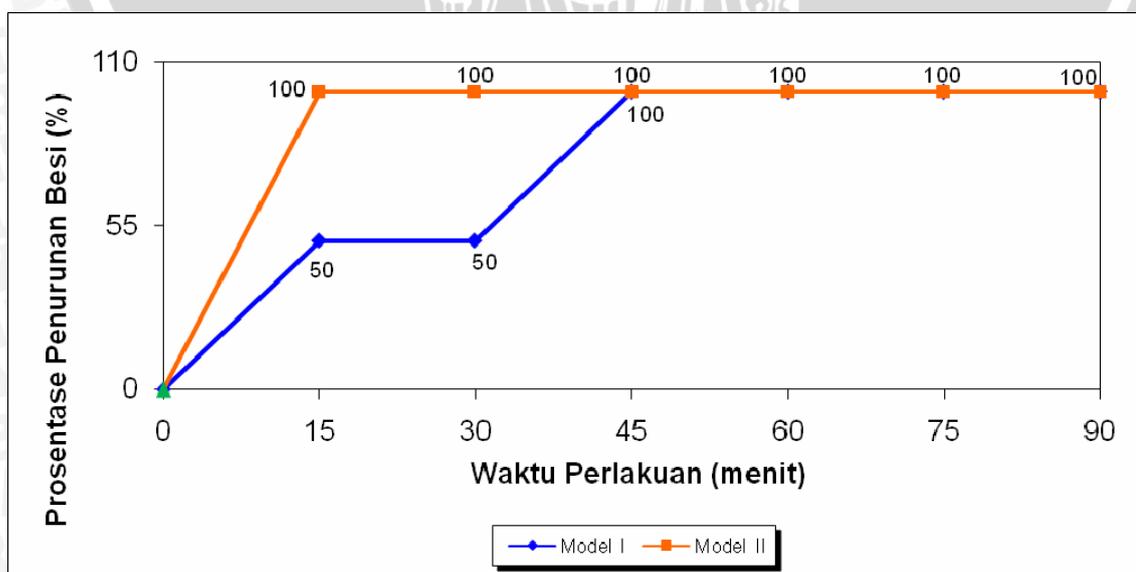
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.13. Grafik nilai Fe (besi) air pada model I



Gambar 4.14. Grafik nilai Fe (besi) air pada model II



Gambar 4.15. Grafik prosentase nilai Fe (besi) air terhadap sampel awal

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.9. hasil yang diperoleh dari model II lebih baik daripada model I. Pada model I nilai besi adalah antara 0 mg/L hingga 0,125 mg/L, sedangkan pada model II nilai besi 0 mg/L. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh oleh kedua model sudah sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan sebesar 0,3 mg/L. Dengan adanya proses penjernihan air nilai dari besi berkurang, baik pada model I ataupun model II. Hal ini disebabkan karena besi dalam air berbentuk ion Fe^{2+} yang sangat mudah teroksidasi oleh oksigen, sehingga membentuk senyawa $Fe(OH)_3$ yang berupa padatan tidak terlarut yang dapat disaring oleh ketiga filter.

Dari gambar 4.15. dapat diketahui pada model I dan model II prosentase penurunan nilai besi tertinggi mencapai 100%. Pada model II prosentase penurunan kadar besi pada air sudah terjadi pada menit ke 15 dan model I baru terjadi pada menit ke 45. Prosentase penurunan menunjukkan bahwa nilai Fe (besi) yang terjadi menjauhi batas maksimum standar baku mutu air. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai besi terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang aktif-pasir silika-zeolit.

4.5.5. Mn (Mangan)

Mangan merupakan jenis dari logam walaupun bukan termasuk dari logam berat namun keberadaan dari mangan perlu diawasi jumlahnya di dalam air. Semakin banyak kandungan dari mangan terdapat dalam air, maka kualitas air akan semakin buruk. Hal ini ditandai dengan adanya kualitas kejernihan air yang menurun, yaitu warna air berubah menjadi kekuningan serta bau logam yang tercium dari air. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa kandungan mangan yang ada pada air sebesar 3,57 mg/L, sedangkan untuk standar baku mutu nilai mangan maksimal untuk air adalah 0,1 mg/L. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari mangan dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.10, gambar 4.16. dan gambar 4.17.

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.10. hasil yang diperoleh dari model I dan model II berkisar antara 0,48 mg/L hingga 3,33 mg/L. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari kedua model terhadap sampel awal dapat dilihat pada gambar 4.18. Hasil prosentase pada model I dan model II adalah sama yaitu penurunan tertinggi mencapai 86,54% dan prosentase penurunan terendah mencapai 6,59%. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II belum sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan sebesar 0,1 mg/L, hal ini bisa dikarenakan mangan dalam air masih berupa padatan tersuspensi yang tidak mudah

mengendap langsung sehingga perlu adanya pengolahan air lebih lanjut untuk mengurangi nilai dari mangan tersebut.

Tabel 4.10. Hasil pengujian kadar Mn (mangan) pada air

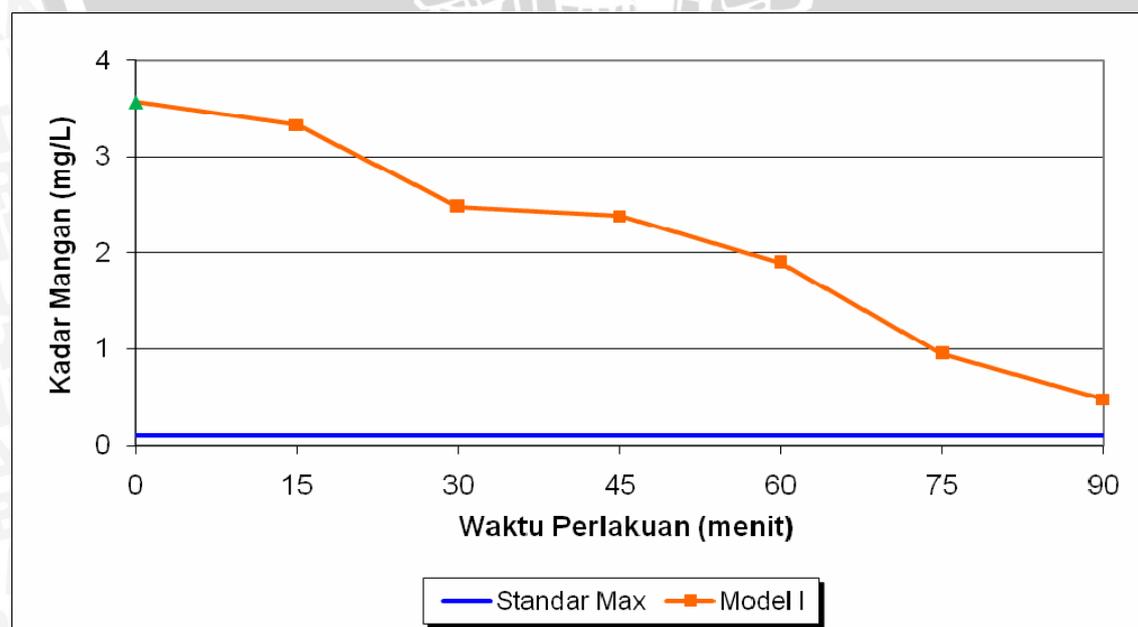
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Mangan (Mn)	Sampel Awal	mg/L	3,57	0,1	Tidak Memenuhi
	15	mg/L	3,33		Tidak Memenuhi
	30	mg/L	2,48		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	1,90		Tidak Memenuhi
	75	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Mangan (Mn)	15	mg/L	3,33	0,1	Tidak Memenuhi
	30	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	75	mg/L	1,42		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

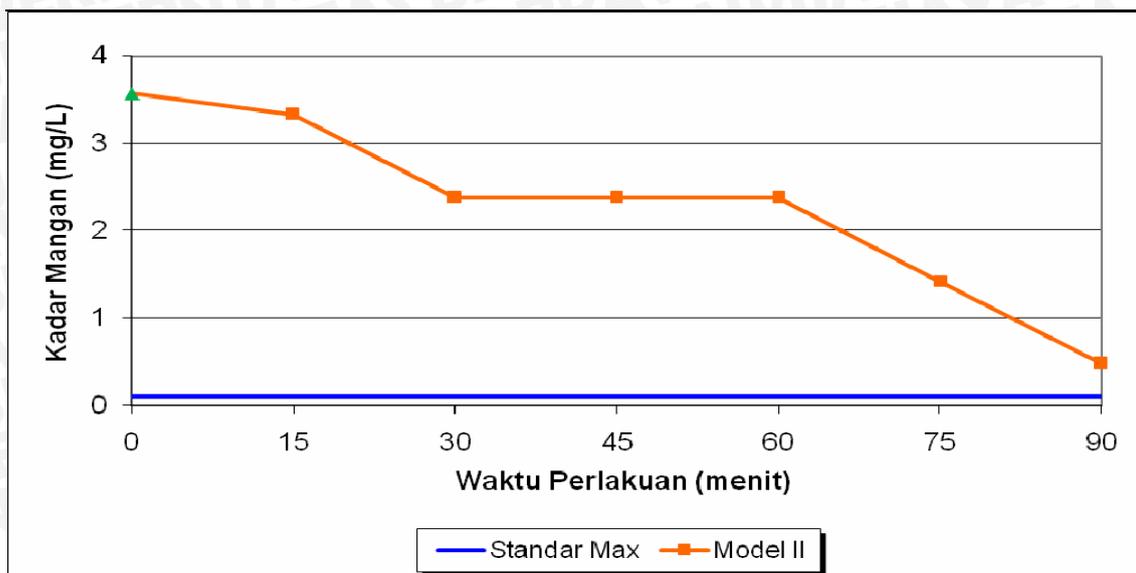
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

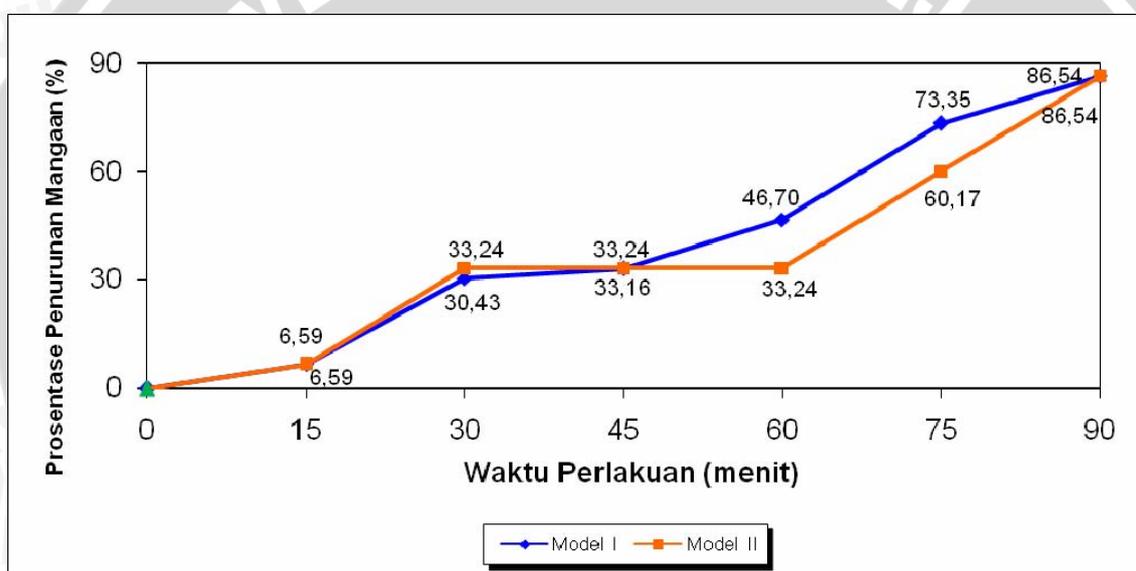
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.16. Grafik nilai Mn (mangan) air pada model I



Gambar 4.17. Grafik nilai Mn (mangan) air pada model II



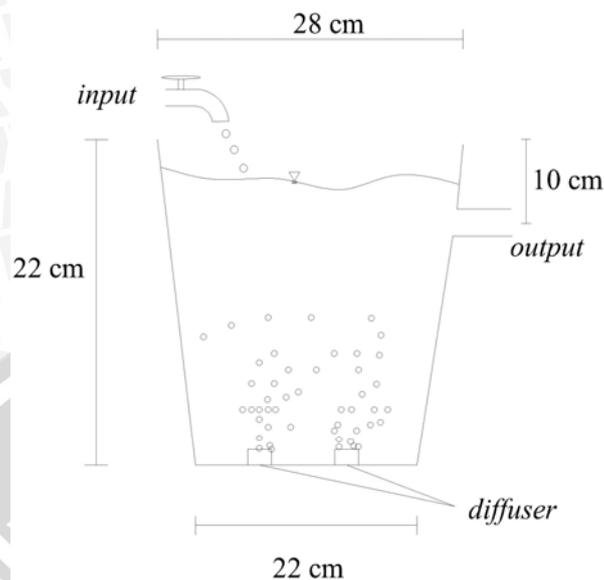
Gambar 4.18. Grafik prosentase nilai Mn (mangan) air terhadap sampel awal

4.6. Penambahan Perlakuan

Pada penelitian ini dilakukan penambahan perlakuan, yaitu aerasi untuk dapat mengurangi nilai dari mangan yang masih berlebih. Tujuannya adalah mereaksi oksigen dengan kation-kation Mangan yang terdapat di dalam air. Apabila kation Mangan (Mn^{2+}) bereaksi dengan oksigen akan membentuk senyawa oksida (MnO_2) yang dapat mengendap di dasar di dasar bak penampungan (bak aerasi). Berikut adalah dimensi dari bak aerasi yang digunakan dalam pengolahan air:

- Diameter atas bak = 28 cm
- Diameter bawah bak = 22 cm
- Tinggi bak = 22cm

- Jarak lubang *outlet* dari atas bak aerasi = 10cm
- Diameter pipa outlet = $\frac{3}{4}$ inchi = 1,905 cm



Gambar 4.19. Sketsa bak aerasi

Dengan penambahan aerasi, didapatkan nilai Mangan (Mn) sebagai berikut:

Tabel 4.11. Hasil pengujian kadar Mn (mangan) pada air menggunakan aerasi

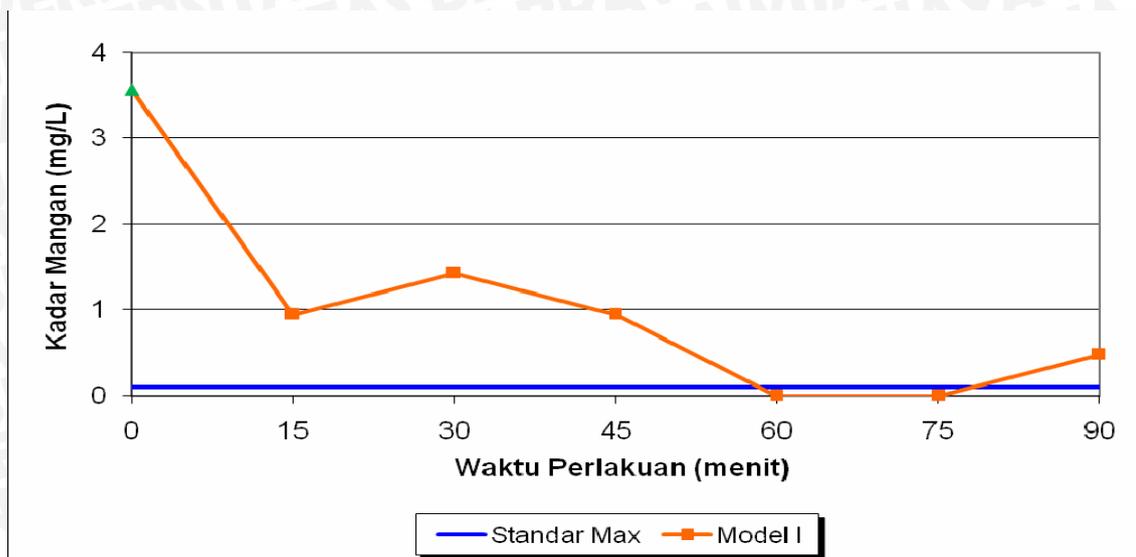
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Mangan (Mn)	Sampel Awal	mg/L	3,57	0,1	Tidak Memenuhi
	15	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	30	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Mangan (Mn)	15	mg/L	0,48	0,1	Tidak Memenuhi
	30	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

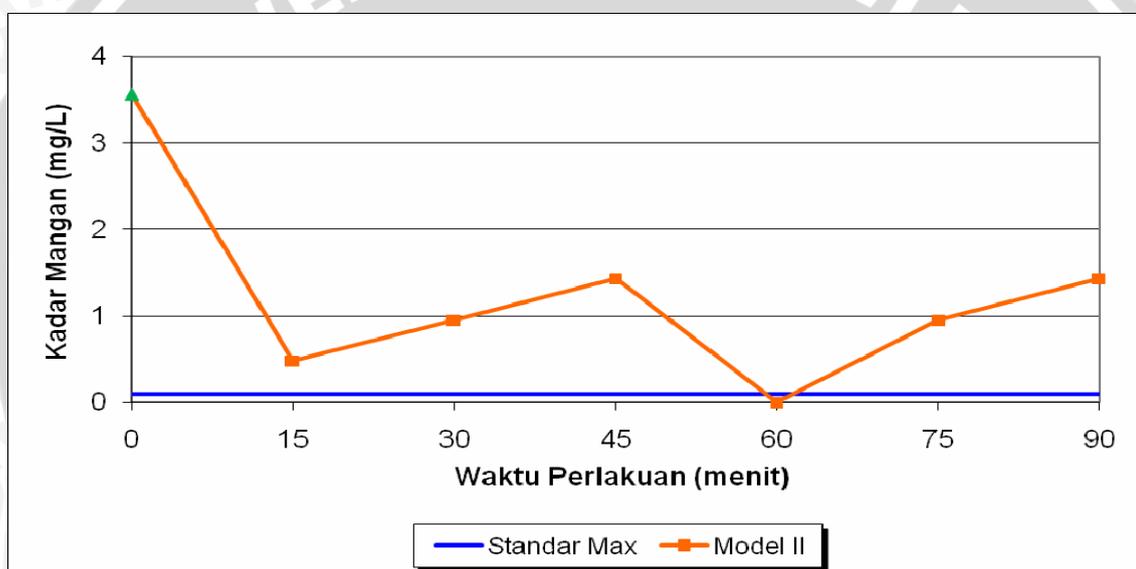
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

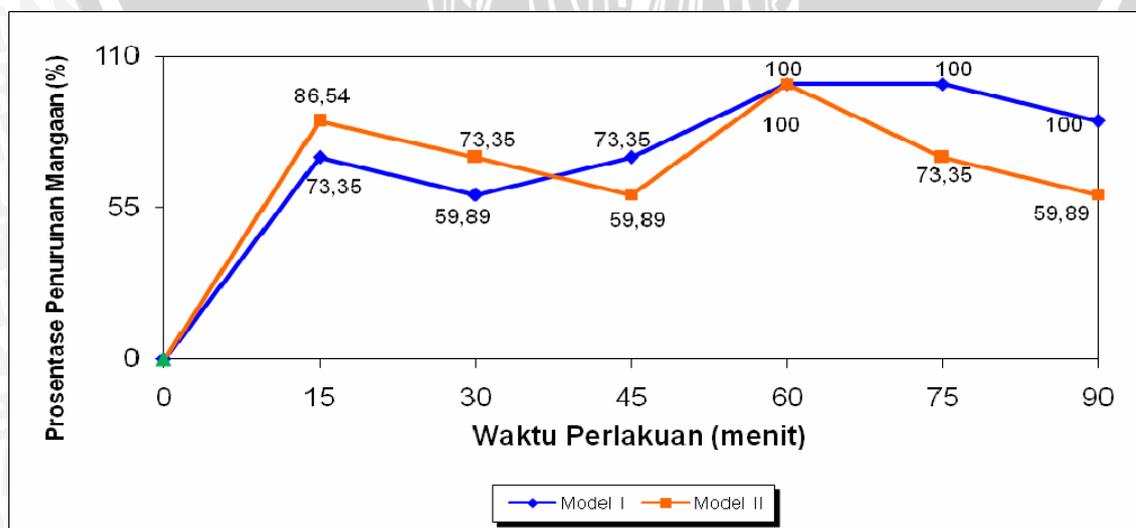
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.20. Grafik nilai Mn (mangan) air dengan aerasi pada model I



Gambar 4.21. Grafik nilai Mn (mangan) air dengan aerasi pada model II



Gambar 4.22. Grafik prosentase nilai Mn (mangan) dengan aerasi terhadap sampel awal

Nilai mangan yang dihasilkan dengan adanya penambahan perlakuan cukup mengalami penurunan nilai yang signifikan, dapat dilihat pada tabel 4.11, gambar 4.20 dan gambar 4.21. Nilai mangan pada model I dan model II berkisar antara 0 mg/L hingga 1,43 mg/L. Nilai aerasi terbaik untuk model I terjadi pada menit ke 60 dan 75 sebesar 0 mg/L sedangkan model II terjadi pada menit ke 60. Maka pengambilan air sebaiknya dilakukan setelah perlakuan aerasi selama 60 menit, karena diharapkan unsur-unsur dari logam yang ada sudah mengendap di dasar bak aerasi. Untuk dapat mengendapkan unsur-unsur dari logam, diperlukan aerasi selama 10 hingga 20 menit tergantung pada sifat polutan dan pH air pada saat aerasi. Semakin tinggi polutan dan semakin nilai pH tidak normal (basa atau asam) maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mengendapkan unsur-unsur logam yang terdapat dalam air. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari kedua model pada model I dan model II prosentase penurunan nilai mangan tertinggi mencapai 100%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dan prosentase penurunan yang terjadi maka dapat disimpulkan bahwa nilai mangan terbaik terjadi pada model I dengan susunan arang aktif-zeolit-pasir silika

4.7. Pemeliharaan Alat

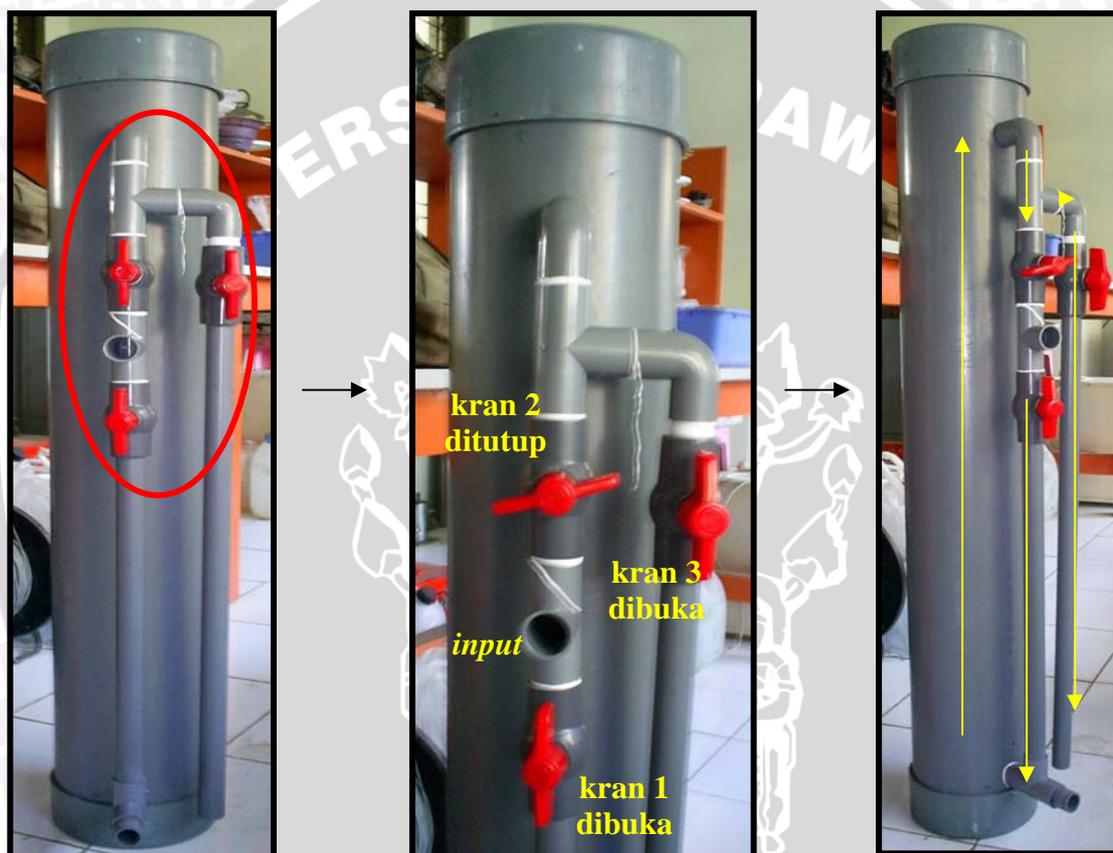
Alat penjernih air perlu dirawat dan dibersihkan secara periodik agar tetap berfungsi dengan baik. Pengontrolan secara rutin kondisi media filter setidaknya dilakukan dua minggu sekali. Apabila media sudah tidak berfungsi dengan baik seperti pipa tersumbat atau media filter sudah jenuh sebaiknya pipa dibersihkan atau media filter diganti dengan yang baru. Media filter yang sudah jenuh menyebabkan kualitas air yang keluar kurang baik. Pemeliharaan media filter dilakukan dengan cara mencuci media (*back wash*). Apabila kualitas air yang dikeluarkan kurang baik, walaupun media filter telah dicuci, dapat dipastikan media filter sudah jenuh dan tidak dapat berfungsi dengan baik maka media filter perlu diganti.

4.7.1. Pencucian Media (*back wash*)

Pencucian media bertujuan menghilangkan kotoran yang melekat pada media filter. Pencucian dilakukan secara berkala, minimal dua minggu sekali atau tergantung dari tingkat kualitas air yang difilter. Jika tidak dibersihkan, terdapat kotoran yang menumpuk dan menyumbat media filter. Akibatnya, kualitas air kurang baik dan debit yang keluar semakin kecil.

Langkah-langkah untuk mencuci media filter (*back wash*) tidak perlu mengeluarkan media filter, yaitu:

1. menutup kran nomor 2 (pemasukan) dan kran keluaran (*output*), kemudian membuka kran nomor 1 (pembuangan) dan nomor 3 (pengeluaran)
2. air dari kran akan mengalir ke kran nomor 1 menuju saluran keluar (dari bawah) kemudian keluar melalui saluran masuk pada bagian atas. Lalu air cucian tersebut dibuang melalui kran nomor 3
3. lakukan pencucian beberapa saat ± 10 menit, lalu lakukan seperti proses pemasukan air, jika dirasa hasil air keluar kurang jernih lakukan kembali proses pencucian hingga dirasa air yang dikeluarkan terlihat jernih.



Gambar 4.23. Proses pencucian (*back wash*)

4.7.2. Penggantian Media

Penggantian media dilakukan apabila media sudah tidak dapat bekerja dengan baik (media filter jenuh). Indikasinya ditunjukkan oleh kondisi air yang tidak jernih walaupun telah dilakukan pencucian media filter (*back wash*). Media filter dapat berfungsi secara baik dalam kurun waktu kurang lebih satu tahun.

Cara mengganti media filter sebagai berikut:

1. Siapkan bak penampung untuk menampung media filter yang sudah tidak dapat dipakai.

2. Letakkan tabung filter di atas bak penampung, buka tutup bagian bawah atau putar balik posisi atas tabung ke bagian bawah untuk mengeluarkan media filter. Sebaiknya pilih buka tutup bagian bawah karena selain dapat dilakukan sendiri, pembukaan tutup bagian bawah dapat membantu proses pembersihan bagian dalam tabung filter.
3. Bersihkan tabung filter dari kotoran dan jamur yang melekat pada tabung filter dengan mengalirkan air dari tandon dan disikat.
4. Ganti media filter dengan media filter baru. Setelah media filter baru dimasukkan ke dalam tabung filter, biarkan dialiri air untuk beberapa menit (seperti pada tahap pencucian). Hal ini bertujuan agar kotoran yang masih tertinggal dapat terbawa keluar melalui saluran pembuangan. Saat air pembuangan sudah terlihat jernih, air dapat dialirkan menuju ke bak penampungan air.

4.8. Analisa Biaya

Biaya merupakan salah satu komponen yang penting selain alat penjernih air dan media penyaring (*filter*) itu sendiri. Penelitian yang dilakukan oleh penulis bertujuan agar nantinya dapat diterapkan dengan mudah oleh masyarakat. Analisa biaya disini bertujuan agar diketahui berapa besar biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat dan pengadaan media penyaring (*filter*), biaya pengujian laboratorium serta biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan alat tersebut.

4.8.1. Biaya Pembuatan Alat Penjernih Air

Biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat penjernih air terdiri atas biaya bahan-bahan terpisah yang nantinya dirakit menjadi satu bagian. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini tersedia secara luas di pasaran dengan harga yang bervariasi, namun semaksimal mungkin tidak terlalu mahal dan mudah dalam proses perakitannya. Bahan-bahan tersebut dibutuhkan dalam pembuatan satu alat penjernih air, ukuran dan spesifikasi teknis lainnya dapat diubah-ubah sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kemampuan masyarakat. Dibandingkan dengan alat penjernih air yang ada di pasaran, harga tersebut jauh lebih terjangkau dan lebih praktis karena proses pembuatan, pengoperasian dan perawatannya (*maintenance*) lebih mudah. Adapun perincian biaya dari bahan-bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12. Rekapitulasi biaya bahan yang dibutuhkan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Pipa PVC 6 inchi	Lonjor	1	Rp. 205000	Rp. 205000
2	Pipa PVC 3/4 inchi	Lonjor	1	Rp. 12000	Rp. 12000
3	<i>Elbow</i>	Buah	2	Rp. 2000	Rp. 4000
4	<i>Letter T</i>	Buah	3	Rp. 2000	Rp. 6000
5	<i>Sock drat</i> dalam	Buah	1	Rp. 2000	Rp. 2000
6	<i>Sock drat</i> luar	Buah	3	Rp. 2000	Rp. 6000
7	Noksel	Buah	2	Rp. 500	Rp. 1000
8	Tutup atas (dop atas)	Buah	1	Rp. 10000	Rp. 10000
9	Tutup bawah (dop bawah)	Buah	1	Rp. 10000	Rp. 10000
10	Stop kran	Buah	3	Rp. 12000	Rp. 36000
11	Kran	Buah	1	Rp. 7000	Rp. 7000
12	Selang air	Buah	1	Rp. 9000	Rp. 9000
13	TBA	Buah	2	Rp. 1500	Rp. 3000
14	Amplas	Buah	1	Rp. 2000	Rp. 2000
Jumlah Total					Rp. 313000

Sumber: hasil perhitungan

Keterangan : perhitungan di atas untuk 1 buah tabung filter

Bahan-bahan tersebut dibutuhkan dalam pembuatan satu alat penjernih air, ukuran dan spesifikasi teknis lainnya dapat diubah-ubah sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kemampuan masyarakat. Untuk pipa PVC, hanya bisa dibeli dalam satuan lonjor (4 meter) sehingga harga sedikit lebih mahal. Namun bila dibandingkan dengan alat penjernih air yang ada di pasaran, harga tersebut jauh lebih terjangkau dan lebih praktis karena proses pembuatan, pengoperasian dan perawatannya (*maintenance*) lebih mudah.

4.8.2. Biaya Media Penyaring (*Filter*)

Media penyaring (*filter*) terdiri atas arang aktif, pasir silika, zeolit dan kain kassa sebagai bahan tambahan. Kain kassa digunakan untuk sekat antara media penyaring agar tidak tercampur satu sama lain, selain itu juga digunakan untuk menutup noksel bawah agar butiran-butiran dari pasir silika atau zeolit tidak terbawa oleh air. Adapun biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13. Rekapitulasi biaya media penyaring yang dibutuhkan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Arang aktif	kg	4	Rp. 15000	Rp. 60000
2	Pasir silika	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
3	Zeolit	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
4	Kain Kassa	meter	1	Rp. 12000	Rp. 12000
Jumlah Total					Rp. 153000

Sumber: hasil perhitungan

Keterangan : perhitungan di atas untuk 1 buah tabung filter

Media penyaring bisa dibeli dengan mudah di toko-toko bahan kimia. Jumlah media yang dibutuhkan tergantung dari kebutuhan dan disesuaikan pula dengan ukuran kapasitas alat. Dalam penelitian ini jumlah yang dibutuhkan berdasarkan pada literatur acuan yang disesuaikan dengan ukuran alat itu sendiri.

4.8.3. Biaya Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium sangat diperlukan untuk mengetahui nilai air sebelum diolah (*input*) dan air hasil penjernihan (*output*) sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lapangan. Pada penelitian ini penulis menggunakan dua laboratorium kualitas air sesuai dengan parameter yang ingin diketahui, yaitu Laboratorium Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya untuk parameter pH dan kekeruhan, Laboratorium Kimia MIPA Universitas Brawijaya untuk parameter DO (*Dissolved Oxygen*), besi (Fe) dan mangan (Mn). Selain itu biaya dari masing-masing tempat juga bervariasi sehingga pada penelitian ini penulis berusaha menekan biaya yang dibutuhkan untuk pengujian sampel air. Adapun biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14. Rekapitulasi biaya uji parameter

No.	Parameter	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	pH	Sampel	1	Rp. 2500	Rp. 2500
2	Kekeruhan	Sampel	1	Rp. 3000	Rp. 3000
3	DO	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
4	Besi (Fe)	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
5	Mangan (Mn)	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
Jumlah Total					Rp. 50500

4.8.4. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan terdiri dari dua komponen yaitu biaya pemeliharaan alat dan biaya penggantian media penyaring (*filter*). Namun pada dasarnya pemeliharaan dilakukan terutama pada penggantian media penyaring secara berkala, mengingat kemampuan media penyaring tersebut akan menurun seiring dengan waktu dan frekuensi pemakaian. Sedangkan alat tidak terlalu membutuhkan pemeliharaan secara berkala, hanya bila terdapat komponen-komponen tertentu yang perlu diganti, misalnya sambungan-sambungan pipa, TBA, stop kran, kran dan noksel. Jadwal pemeliharaan alat dan penggantian media penyaring ditunjukkan pada tabel 4.15.

Berdasarkan literatur yang dipakai jadwal pencucian dilakukan minimal dua minggu sekali. Berdasarkan perbedaan volume yang terjadi antara volume alat pada literatur dengan volume alat yang dibuat pada penelitian ini (volume alat yang dibuat \pm 50% lebih kecil dibandingkan dengan volume alat pada literatur) dan keterangan penggantian media filter pada literatur, maka untuk penggantian media filter dilakukan minimal empat bulan sekali.





Tabel 4.15. tersebut dapat dijadikan pedoman dalam pemeliharaan alat dan penggantian media penyaring. Dalam penerapannya tergantung dari frekuensi penggunaan dan kebutuhan masyarakat itu sendiri. Namun diharapkan dengan dilakukannya pemeliharaan tersebut, alat penjernih air akan mempunyai usia guna yang lebih lama dan efektif dalam proses penjernihan air. Adapun perkiraan biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Bulan ke-1 hingga bulan ke-3 hanya dilakukan pencucian media penyaring dan pemeriksaan alat penjernih, sehingga jika tidak dibutuhkan penggantian komponen-komponen alat, maka tidak membutuhkan biaya.
2. Pada bulan ke-4 dilakukan penggantian media penyaring, dengan tujuan agar proses penjernihan dapat berjalan lebih efektif kembali. Pada bulan ini biaya yang dikeluarkan adalah:

Tabel 4.16. Perkiraan biaya pemeliharaan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Arang aktif	kg	4	Rp. 15000	Rp. 60000
2	Pasir silika	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
3	Zeolit	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
4	Kain Kassa	meter	1	Rp. 12000	Rp. 12000
5	Uji Laboratorium	Sampel	4		Rp. 50500
Jumlah Total					Rp. 203500

Keterangan:

1. Kain kassa perlu diganti bersamaan dengan penggantian media penyaring.
2. Biaya tersebut diluar penggantian komponen-komponen pada alat.

Dari perincian biaya sebelumnya dapat dihitung berapa besar keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat penjernih air tersebut. Keseluruhan Biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17. Biaya total yang dibutuhkan

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Bahan	Rp. 313000
2	Media Penyaring	Rp. 153000
3	Uji Laboratorium	Rp. 50500
Jumlah Total		Rp. 516500

Biaya tersebut diluar biaya pemeliharaan, hal ini dikarenakan biaya pemeliharaan diperlukan pada saat pemeliharaan (*maintenance*) dan pada saat

penggantian media penyaring pada bulan keempat (sesuai dengan tabel 4.15. mengenai jadwal pemeliharaan alat).

4.9. Kelebihan dan Kekurangan Alat

Alat penjernih air yang digunakan pada penelitian dibuat sedemikian rupa agar masyarakat luas dapat membuat serta menggunakan dengan mudah dan dengan biaya yang cukup terjangkau. Kelebihan dari alat ini adalah:

1. Bahan-bahan atau komponen-komponen alat mudah didapat di pasaran
2. Proses perakitan alat mudah
3. Biaya cukup terjangkau, bila dibandingkan alat penjernih air elektronik yang ada di pasaran
4. Tahan banting, tidak mudah pecah dan praktis bila ingin diletakkan di sudut-sudut rumah
5. Anti karat karena bahan pipa dari PVC
6. Perawatan mudah.

Namun selain kelebihan yang ada, alat ini juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya adalah:

1. Untuk ukuran pipa PVC yang besar terkadang masyarakat harus membelinya dalam satuan lonjor ($\pm 4m$), sehingga biaya yang dikeluarkan sedikit lebih mahal
2. Debit yang dihasilkan masih cukup kecil untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat pengguna.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari tiga aspek pembahasan. Yang pertama yaitu membahas dimensi alat dan penggunaan media penyaring, serta debit pada alat penjernih air dan yang kedua membahas kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan, sedangkan yang ketiga membahas mengenai rekapitulasi biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat serta biaya yang dibutuhkan untuk pengujian sampel air.

4.2. Analisa Kualitas Air

Dari pengamatan awal seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya terlihat jelas bahwa air tanah yang dihasilkan berbau dan berwarna kekuningan serta meninggalkan sedimen atau endapan yang melekat pada tandon ataupun bak kamar mandi sehingga terindikasi mengandung logam besi dan mangan. Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengujian sampel awal dengan tujuh parameter uji, pengambilan ini diambil pada musim kemarau (belum terjadi banyaknya hujan) dan musim penghujan. Hal ini terjadi dikarenakan jarak pengambilan sampel awal (pertama) dengan percobaan alat filtrasi di lapangan cukup lama dan sudah terjadi perubahan kondisi cuaca (musim kemarau ke musim hujan). Adapun tujuh parameter uji yang dilakukan meliputi, dua parameter yang diuji secara langsung (manual) yaitu warna dan bau, dan lima parameter lainnya diujikan ke laboratorium, diantaranya kekeruhan, derajat keasaman (pH), Besi (Fe), Mangan (Mn) dan *Dissolved Oxygen* (DO). Dari hasil uji laboratorium dengan mengambil sampel air di lokasi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil uji laboratorium sampel awal air (musim kemarau)

No.	Parameter Uji	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	Warna	-	Kekuningan	Tidak Berwarna	X
2	Bau	-	Bau Logam	Tidak Berbau	X
3	Kekeruhan	NTU	15,8	5	X
4	Besi (Fe)	Mg/L	0,68	0,3	X
5	Mangan (Mn)	Mg/L	-	0,1	-
6	pH	-	6,42	6,5-8,5	X
7	DO	Mg/L	15,69	6 (min)	V

Sumber : Hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Tabel 4.2. Hasil uji laboratorium sampel awal air (musim penghujan)

No.	Parameter Uji	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	Warna	-	Kekuningan	Tidak Berwarna	X
2	Bau	-	Bau Logam	Tidak Berbau	X
3	Kekeruhan	NTU	40,1	5	X
4	Besi (Fe)	Mg/L	0,25	0,3	V
5	Mangan (Mn)	Mg/L	3,56	0,1	X
6	pH	-	6,43	6,5-8,5	X
7	DO	Mg/L	8,49	6 (min)	V

Sumber : Hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas Kimia Universitas Brawijaya Malang

Keterangan:

X = tidak memenuhi

V = memenuhi

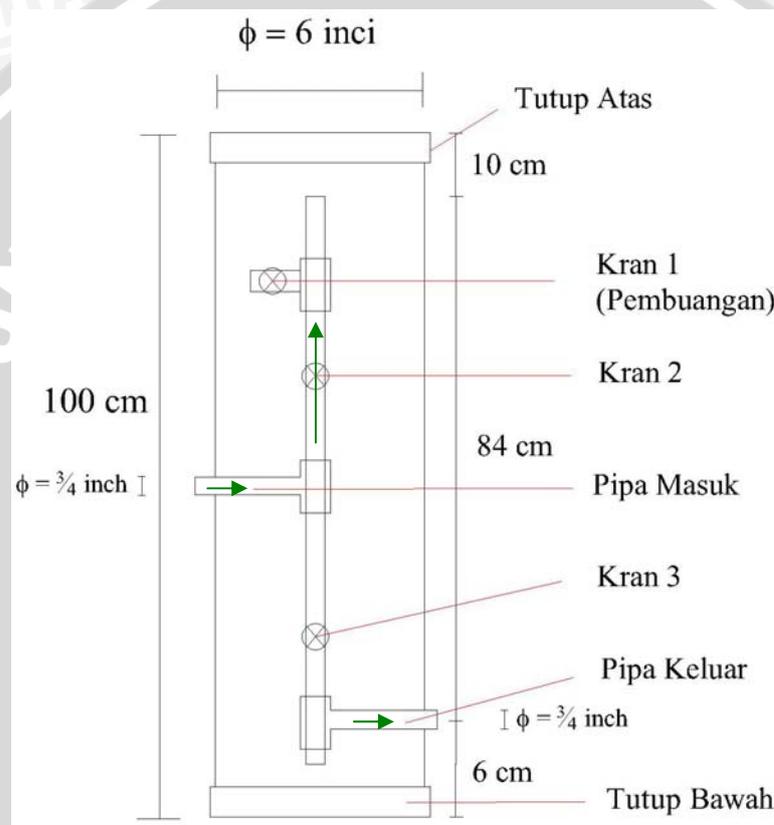
Dari hasil uji laboratorium di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas air tanah di daerah studi tidak memenuhi standar baku mutu air kelas I yaitu untuk air konsumsi rumah tangga. Air yang layak dan baik dikonsumsi adalah air yang tidak berwarna, tidak berbau dan unsur-unsur dalam air terutama unsur logam tidak melebihi batas yang telah ditetapkan. Dari tujuh parameter uji sampel awal air dapat dilihat bahwa enam diantaranya tidak memenuhi standar baku mutu, yaitu warna, bau, kekeruhan, mangan, besi dan pH. Sedangkan untuk DO memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan. Dengan melihat hal tersebut maka diperlukan peningkatan kualitas air tanah di lokasi studi dengan mengurangi unsur-unsur yang berlebihan pada air tersebut.

4.3. Perancangan Alat Penjernih Air

Dengan mengetahui kondisi kualitas air pada lokasi studi baik dari faktor fisika, kimia, maupun biologis, maka dapat dilakukan perancangan alat penjernih air bersih mikro (sederhana). Mengacu pada kondisi kualitas air pada lokasi studi, maka alat penjernih air terdiri atas tabung filtrasi. Penelitian ini memfokuskan pada modifikasi letak filter pada tabung filtrasi dan proses filtrasi, bila air yang dihasilkan oleh alat penjernih ini belum memenuhi standar baku mutu air maka akan dilakukan penambahan perlakuan seperti aerasi atau koagulasi.

Metode filtrasi yang digunakan adalah filtrasi vertikal (*down flow*) dengan komposisi bahan filtrasi arang aktif, zeolit dan pasir silika. Yang mana letak antara zeolit dan pasir silika dirubah. Berikut adalah dimensi dari tabung filtrasi yang digunakan dalam pengolahan air:

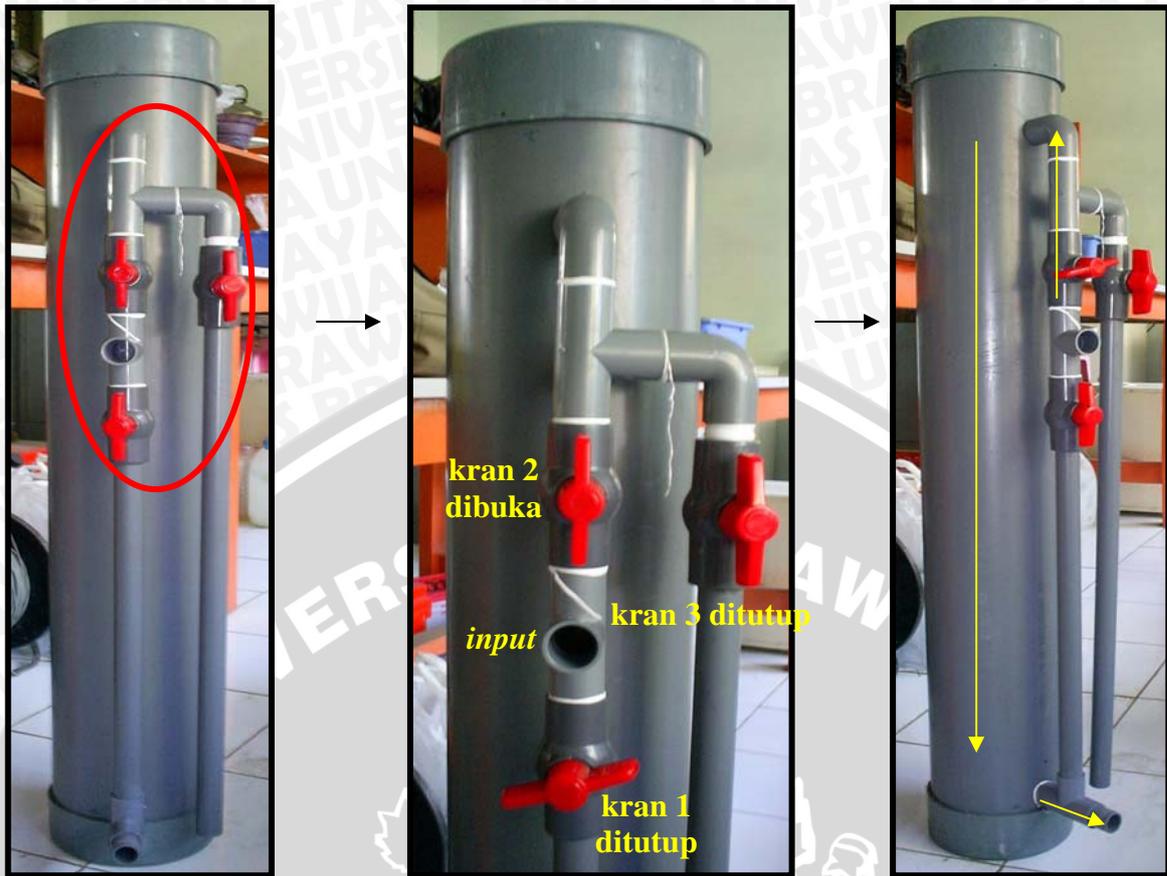
- Ukuran tabung filtrasi ($\pi \times r^2 \times t$) = $\pi \times 15,24 \text{ cm (6 inci)} \times 100 \text{ cm}$
- Jarak lubang *outlet* dari dasar tabung bak filtrasi) = 6cm (berada tepat di atas penutup bawah)
- Jarak lubang *inlet* dari atas tabung = 10 cm
- Diameter pipa inlet dan outlet = $\frac{3}{4}$ inci = 1,905 cm
- Ketebalan tabung filtrasi = 0,5 cm
- Diameter stop kran = $\frac{3}{4}$ inci = 1,905 cm



Gambar 4.1. Sketsa alat penjernih air (tabung filtrasi)

4.3.1. Pengaturan Air pada Alat Penjernih Air

Pengaturan air pada alat penjernih air dilakukan dengan mengatur bukaan stop kran dengan tujuan agar debit air yang masuk pada alat sesuai dengan kebutuhan dan menjaga agar tidak terjadi luapan air pada tabung. Luapan yang terjadi pada tabung dapat menyebabkan terangkatnya media penyaring terutama lapisan paling atas yaitu arang aktif dan menyebabkan kinerja alat penjernih tersebut tidak optimal.



Gambar 4.2. Proses pemasukan air

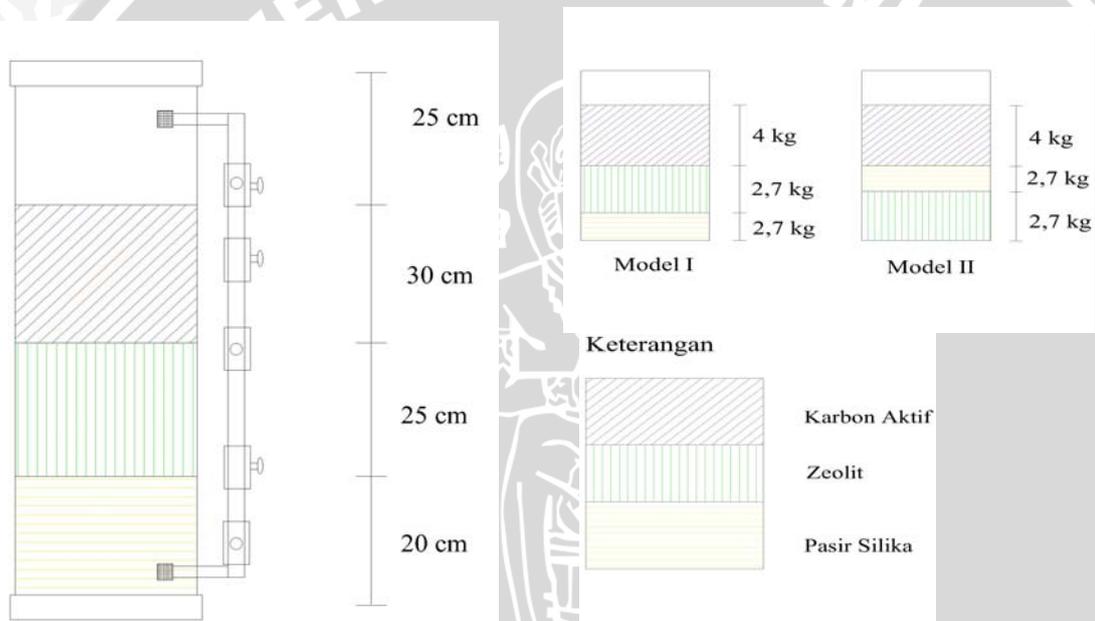
Proses pemasukan air :

1. kran nomor 2 dibuka, sedangkan untuk kran nomor 1 dan nomor 3 dibiarkan pada posisi tertutup, sehingga air mengalir dari saluran masuk menuju bagian atas tabung penyaring
2. kran nomor 3 dapat dibuka untuk pengaturan air apabila air pada tabung penyaring akan meluap. Untuk membantu pengaturan debit *inlet* agar stabil (terjadi genangan tetapi tidak meluap)
3. air yang mengalir dari saluran masuk menuju kran nomor 2, masuk ke dalam tabung penyaring, kemudian air mengalir ke saluran keluar menuju bak penampung hasil filtrasi.

4.3.2. Komposisi Media Penyaring

Dalam penelitian ini komposisi media penyaring terdiri dari arang aktif, zeolit dan pasir silika. Hanya letak dari zeolit dan pasir silika yang dirubah, sedangkan letak untuk arang aktif tetap (berada di atas). Berdasarkan penelitian sebelumnya, arang aktif tidak dilakukan pergantian letak, dikarenakan sifat dari arang aktif memiliki pengotor yang dapat merubah warna air menjadi kehitaman. Perbandingan banyaknya media

penyaring antara arang aktif-zeolit-pasir silika yaitu 1,5 : 1 : 1 dengan berat 4 kg : 2,7 kg : 2,7 kg. Perbandingan tersebut diambil dari perbandingan media penyaring pada literatur yang dipakai sebagai acuan pada penelitian ini. Adapun pengaturan letak masing-masing media dibagi menjadi dua model yaitu model I yang terdiri atas arang aktif-zeolit-silika dan model II yang terdiri atas arang aktif-silika-zeolit. Diharapkan dengan perbedaan komposisi peletakan susunan media penyaring ini akan didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui susunan mana yang menghasilkan nilai keluaran (*output*) paling optimal dalam proses penjernihan air. Nilai dari berat filter diambil dari perbandingan filter, yang mana masih diperhitungkan dengan besarnya tempat untuk air sebelum terinfiltrasi (untuk air dapat tergenang). Komposisi media penyaring dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Komposisi media penyaring

4.4. Perhitungan Debit Alat Penjernih Air

Dari hasil uji sampel didapatkan sebuah kesimpulan bahwa perlunya peningkatan kualitas air di lokasi studi dengan membuat alat penjernihan air. Maka perlu dihitung berapa debit yang dapat dihasilkan alat penjernihan air untuk memenuhi jumlah kebutuhan air bersih penduduk dalam hal ini jumlah anggota keluarga dalam satu rumah. Rata-rata kebutuhan air setiap orang dalam satu hari adalah 80-100 liter (L.Widarto, 2004 : 12). Dalam penelitian ini dengan rata-rata jumlah anggota dalam setiap rumah adalah empat orang maka kebutuhan air bersih rumah tangga dalam satu hari adalah 400 liter. Dengan mendapatkan nilai kebutuhan air bersih penduduk dan

debit alat penjernih air yang dihasilkan di lapangan maka dapat dihitung berapa waktu operasi alat pengolahan.

Untuk mendapatkan debit yang tepat dan sesuai dengan dimensi alat dalam memenuhi kebutuhan air rumah tangga dalam satu hari maka dilakukan percobaan awal dengan mengatur debit alat penjernih air yang dihasilkan serta menghitung waktu operasi alat untuk setiap model alat yang telah dirancang. Dengan catatan bahwa debit yang dihasilkan konstan dan optimal pada proses penyaringannya (terdapat genangan pada proses filtrasi) dan menghasilkan waktu operasi yang terbaik. Berikut perhitungan dari debit alat yang dihasilkan.

Tabel 4.3. Perhitungan debit alat penjernih air

No	Debit Alat (<i>Input</i>)		Debit Alat (<i>Output</i>)		Kebutuhan air satu rumah tangga*) (lt/hari)	Waktu Operasi dlm 1 hari (jam)	Prosentase Kehilangan Debit (%)
	(lt/mnt)	(lt/jam)	(lt/mnt)	(lt/jam)			
Model I	0,72	43,2	0,65	38,7	400	10	10,42
Model II	0,72	43,2	0,63	37,8	400	11	12,50

Sumber : Hasil analisa di lapangan

Keterangan:

*) = dianggap bahwa kebutuhan air satu orang per hari adalah 100 lt/hari

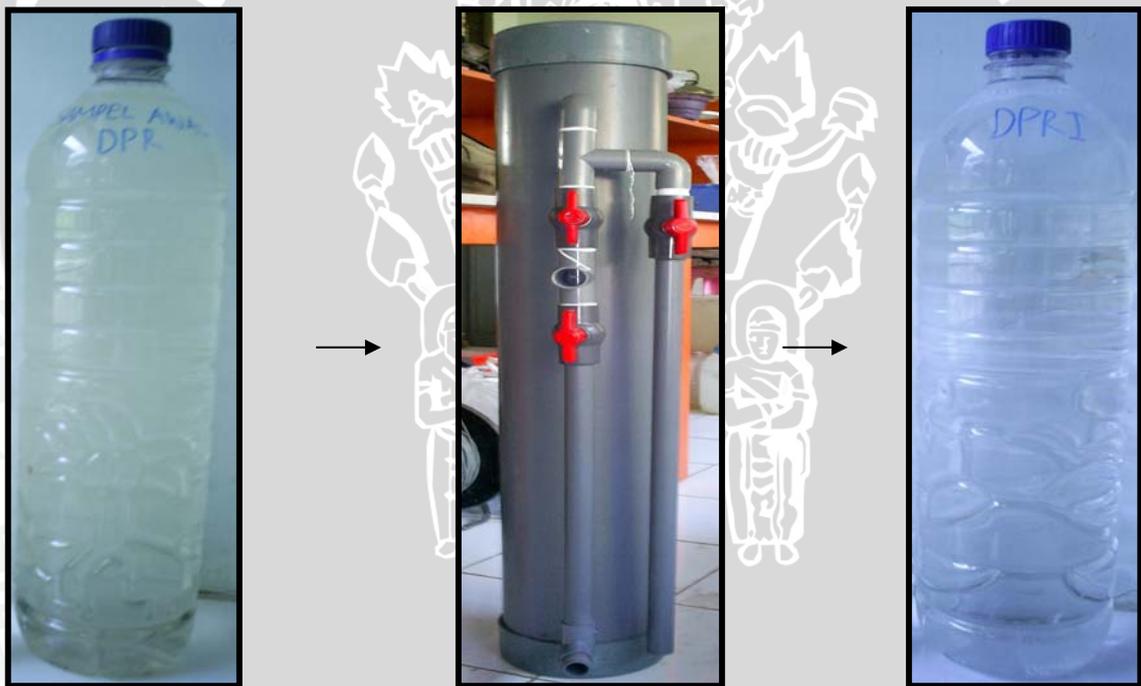
dari hasil tabel di atas dapat dilihat bahwa model I memiliki debit 38,7 lt/jam dengan waktu operasi 10 jam dan prosentase kehilangan 10,42%. Waktu operasi ini lebih singkat daripada model II yang memiliki debit sebesar 37,8 lt/jam dengan waktu operasi 11 jam dan prosentase kehilangan 12,50%. Perbedaan keluaran debit (*output*) ini bisa diakibatkan oleh karena karakteristik dari media filter yang berada di bagian bawah yang dipengaruhi oleh adanya tekanan air.

4.5. Analisa Hasil Proses Penjernihan Air

Dari pengaturan komposisi media penyaring pada alat penjernih, didapatkan hasil keluaran (*output*) yang bervariasi. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, penulis membagi menjadi dua model yaitu model I yang terdiri atas susunan arang aktif-zeolit-silika dan model II yang terdiri atas susunan arang aktif-silika-zeolit. Dengan perbedaan susunan tersebut didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui susunan mana yang dapat menghasilkan nilai keluaran (*output*) yang paling optimal. Interval waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 menit dengan total waktu pengujian alat selama 90 menit. Dengan interval waktu tersebut diharapkan dapat diketahui keluaran (*output*) air dari waktu ke waktu dan dapat diketahui pula kemampuan media filter dalam melakukan penjernihan air.

4.5.1. Warna dan Bau

Warna pada sumber air adalah pengaruh dari kekeruhan pada sumber air itu sendiri. Sedangkan bau pada air yang juga menimbulkan rasa pada air disebabkan oleh adanya bahan organik yang membusuk, adanya mikroorganisme, serta adanya persenyawaan kimia. Bahan yang dapat menyebabkan bau berasal dari berbagai sumber namun dalam penelitian ini bau dan warna kekuningan yang terjadi pada air kemungkinan besar adalah pengaruh kandungan kimia anorganik yaitu pengaruh dari adanya kandungan logam yang cukup tinggi pada air. Yang mana setelah diteliti kandungan air yang ada, didapatkan kandungan logam besi dan mangan yang cukup tinggi (diatas standar baku mutu). Seiring dengan hilangnya kandungan logam besi dan mangan pada air akibat proses filtrasi maka warna air hasil pengolahan menjadi jernih (tidak berwarna) dan air menjadi tidak berbau, seperti tampak pada gambar 4.4. serta tabel 4.4. dan 4.5.



Gambar 4.4. Sampel sebelum dan sesudah dilakukan penjernihan air

Tabel 4.4. Hasil pengujian kadar warna pada air

Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Warna	Sampel Awal	-	Endapan, Kekuningan	Tidak Berwarna	Tidak Memenuhi
	0	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	15	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	30	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	45	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	60	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	75	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Warna	0	-	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna	Memenuhi
	15	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	30	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	45	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	60	-	Tidak Berwarna		Memenuhi
	75	-	Tidak Berwarna		Memenuhi

Sumber: hasil analisa di lapangan secara visual

Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit

Tabel 4.5. Hasil pengujian kadar bau pada air

Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Bau	Sampel Awal	-	Berbau Logam	Tidak Berbau	Tidak Memenuhi
	0	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	15	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	30	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	45	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	60	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	75	-	Tidak Berbau		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Bau	0	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Memenuhi
	15	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	30	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	45	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	60	-	Tidak Berbau		Memenuhi
	75	-	Tidak Berbau		Memenuhi

Sumber: hasil analisa di lapangan secara visual

Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit

Dari keterangan gambar dan tabel di atas dapat diketahui perbandingan sampel air sebelum dan sesudah dilakukan penjernihan cukup signifikan. Pada gambar, sebelum adanya proses penjernihan, air yang ada berwarna kekuningan dengan endapan berwarna kehitaman setelah adanya proses penjernihan, air yang dihasilkan berwarna jernih dan tidak didapatkan adanya endapan. Hal ini diakibatkan dari bahan filtrasi arang aktif yang efektif untuk menghilangkan warna, bau dan rasa pada air.

4.5.2. pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. pH perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi aktivitas kimia dalam air maupun pertumbuhan mikroorganisme. Hasil uji laboratorium didapatkan sampel air cenderung bersifat asam. Setelah adanya percobaan alat penjernih air, pH dapat dinaikkan sesuai dengan standar baku mutu air seperti tampak pada tabel 4.6, gambar 4.5. dan gambar 4.6. Ini disebabkan karena adanya bahan-bahan yang dapat mengurangi kadar keasaman air sehingga pH dapat naik, seperti penggunaan zeolit yang mengandung *alumino silikat* yang dapat menaikkan kadar basa dalam air.

Tabel 4.6. Hasil pengujian kadar pH (derajat keasaman) pada air

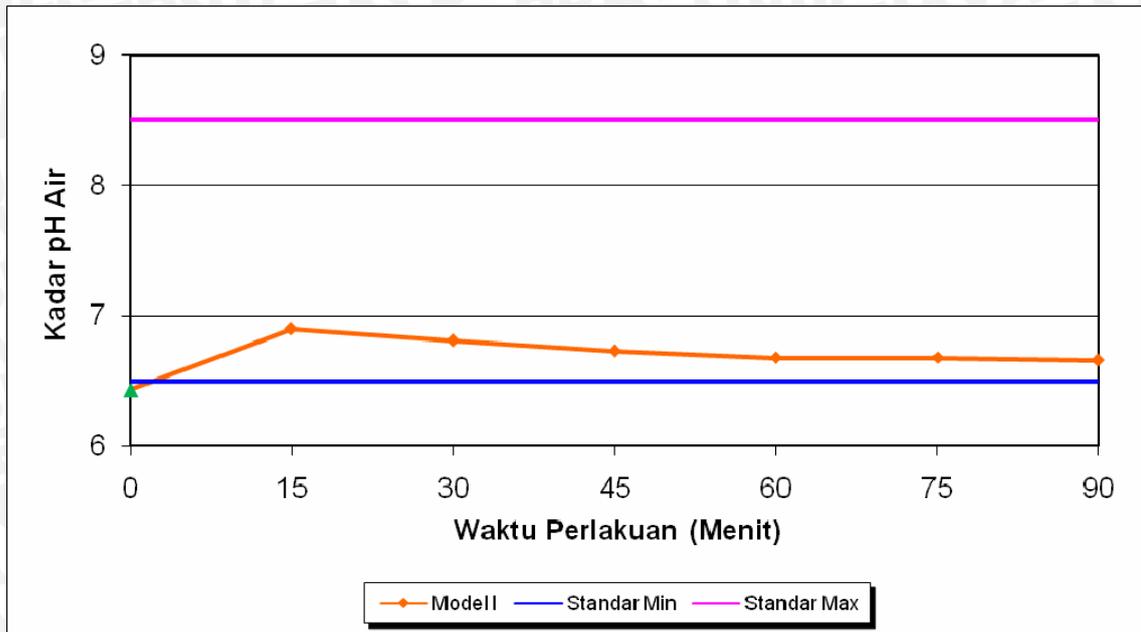
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
pH	Sampel Awal	-	6,44	6,5-8,5	Tidak Memenuhi
	15	-	6,90		Memenuhi
	30	-	6,81		Memenuhi
	45	-	6,73		Memenuhi
	60	-	6,68		Memenuhi
	75	-	6,68		Memenuhi
	90	-	6,66		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
pH	15	-	7,03	6,5-8,5	Memenuhi
	30	-	6,90		Memenuhi
	45	-	6,79		Memenuhi
	60	-	6,74		Memenuhi
	75	-	6,77		Memenuhi
	90	-	6,72		Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Pengairan Universitas Brawijaya Malang

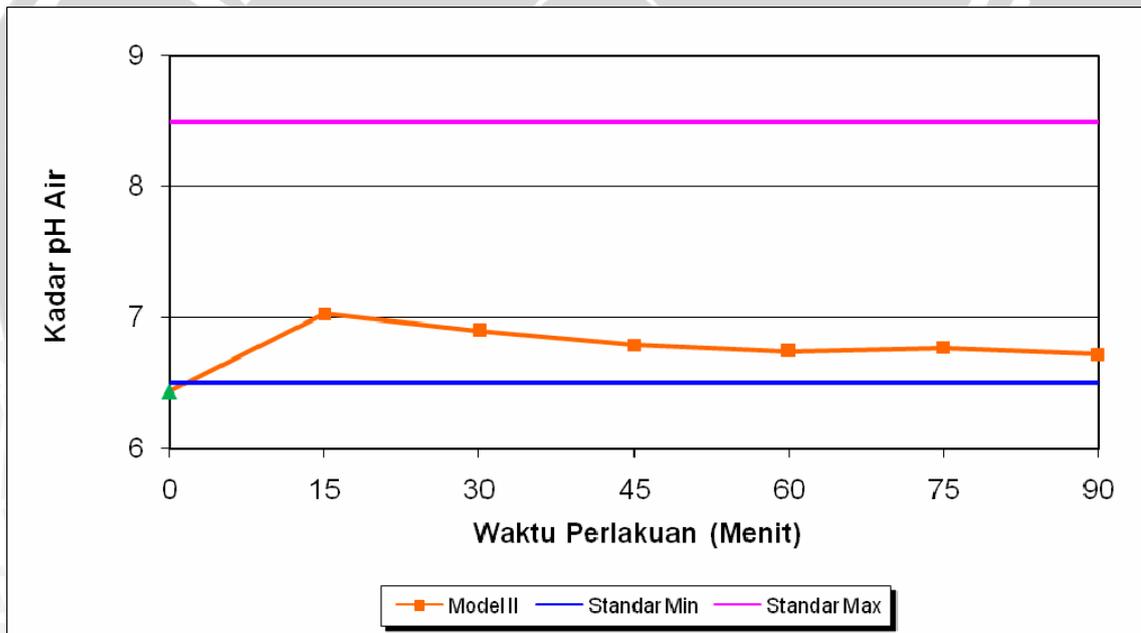
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



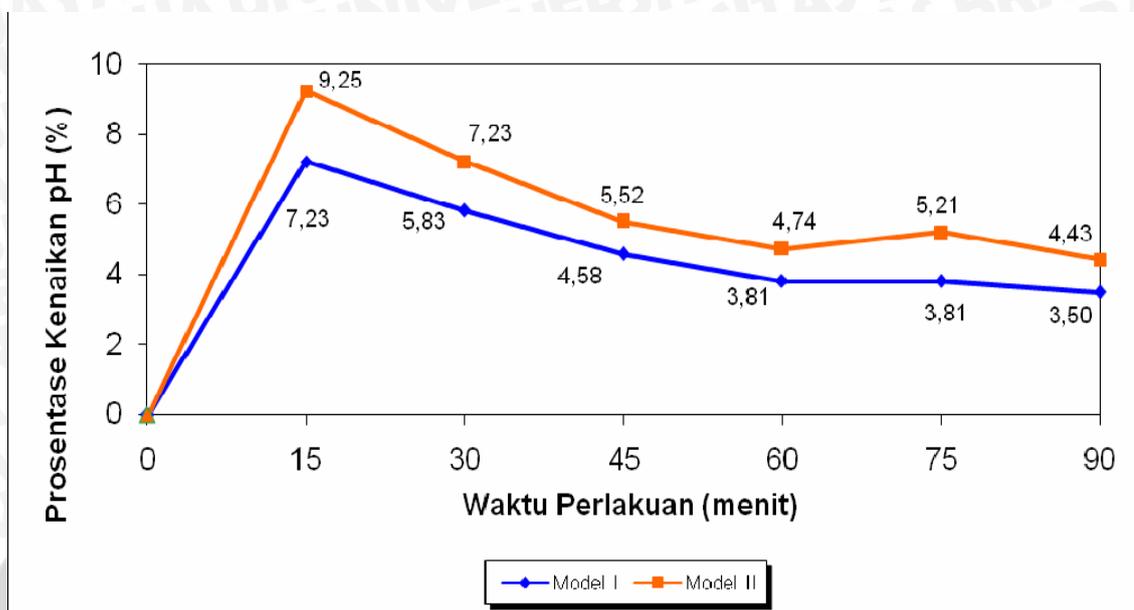
Gambar 4.5. Grafik nilai pH (derajat keasaman) air pada model I



Gambar 4.6. Grafik nilai pH (derajat keasaman) air pada model II

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.6. hasil yang diperoleh dari model I lebih rendah daripada model II. Namun secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Untuk baku mutu air yang ditentukan adalah 6,5 hingga 8,5. Untuk model I memiliki nilai pH terendah 6,66 dan untuk model II memiliki nilai pH terendah 6,72. Hasil yang diperoleh dari kedua model, terdapat kecenderungan nilai pH yang semakin menurun. Nilai pH mengalami peningkatan pada menit ke 75 dan kemudian kembali menurun pada menit ke 90, dapat disebabkan oleh kemampuan dari media filter yang mulai berkurang untuk

memfiltrasi polutan dan kualitas air yang masuk pada tabung filter saat percobaan alat sehingga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Adapun prosentase kenaikan nilai pH dari kedua model dapat dilihat pada gambar 4.7. sebagai berikut.



Gambar 4.7. Grafik prosentase kenaikan nilai pH (derajat keasaman) air terhadap sampel awal

Dari gambar di atas model I memiliki prosentase kenaikan tertinggi sebesar 7,23% dan prosentase kenaikan terendah sebesar 3,8%. Pada model II prosentase kenaikan tertinggi mencapai 9,25% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 4,43%. Berdasarkan hasil uji air yang diperoleh dan prosentase yang terjadi dapat disimpulkan bahwa nilai pH terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang-pasir silika-zeolit.

4.5.3. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur ataupun butiran-butiran koloid dalam air. Jika semakin banyak kandungan koloid maka semakin keruh airnya. Dari segi estetika maupun dari segi kualitas, air yang keruh tidak baik untuk dikonsumsi. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa sampel air memiliki nilai kekeruhan yang tinggi. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari kekeruhan dapat berkurang secara signifikan seperti tampak pada tabel 4.7 dan gambar 4.8. ini disebabkan karena partikel koloid, bahan organik dan bahan anorganik dapat tersaring dan terserap oleh arang aktif ke dalam pori-porinya yang kemudian terserap pula oleh zeolit yang kemudian tertahan oleh pasir silika.

Tabel 4.7. Hasil pengujian kadar kekeruhan pada air

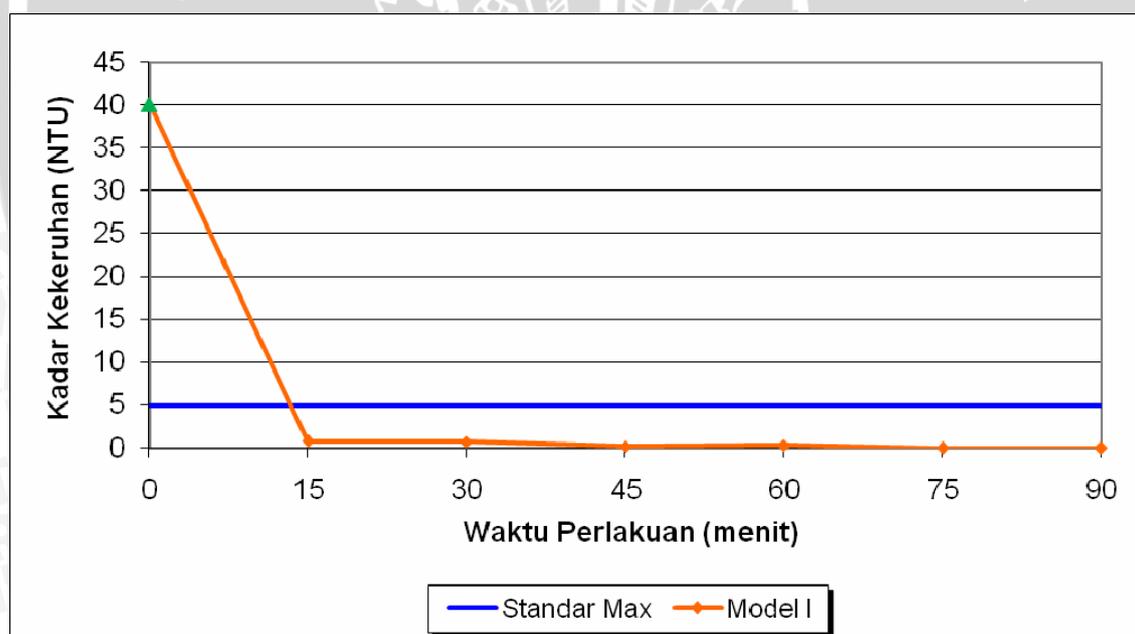
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Kekeruhan	Sampel Awal	NTU	40,10	5	Tidak Memenuhi
	0	NTU	0,80		Memenuhi
	15	NTU	0,70		Memenuhi
	30	NTU	0,20		Memenuhi
	45	NTU	0,30		Memenuhi
	60	NTU	0,00		Memenuhi
	75	NTU	-		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Kekeruhan	0-75	NTU	-	5	-

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

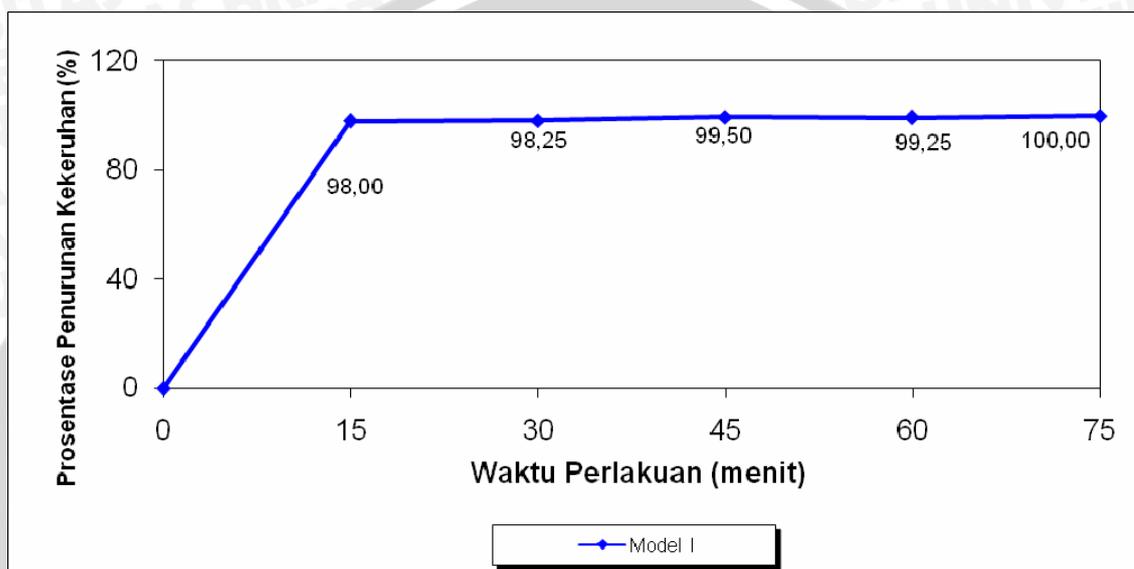
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.8. Grafik nilai kekeruhan air pada model I

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.7. hasil yang diperoleh hanya dari model I, disebabkan karena adanya kesalahan pembacaan pada uji laboratorium untuk model II. Nilai yang dihasilkan pada model II bernilai negatif, sehingga pada tabel 4.7. hanya hasil pada model I yang dicantumkan. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Model I memiliki nilai kekeruhan antara 1 NTU hingga 0 NTU. Hasil yang diperoleh dari model I, terdapat

kecenderungan nilai kekeruhan yang semakin membaik dari waktu ke waktu. Model I nilai kekeruhan mengalami peningkatan pada menit ke 60 dan kemudian kembali menurun pada menit ke 75, ini dapat disebabkan oleh kemampuan dari media filter yang mulai berkurang untuk memfiltrasi butiran-butiran koloid serta dari kualitas air yang masuk pada tabung filter saat percobaan alat sehingga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari model I terhadap sampel awal dapat dilihat pada gambar 4.9. sebagai berikut.



Gambar 4.9. Grafik prosentase penurunan nilai kekeruhan air terhadap sampel awal

Dari gambar 4.9 dapat diketahui pada model I prosentase penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 100% dan prosentase penurunan terendah sebesar 98%. Prosentase penurunan yang terjadi menunjukkan bahwa nilai kekeruhan mendekati batas maksimum standar baku mutu air.

4.5.4. DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved Oxygen merupakan banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L). Jika semakin banyak kandungan oksigen yang terlarut maka menunjukkan derajat pengotor yang relatif kecil. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa sampel air memiliki nilai *Dissolved Oxygen* 8,49 mg/L yang mana standar baku mutu nilai *Dissolved Oxygen* minimum untuk air adalah 6 mg/L, sehingga nilai untuk *Dissolved Oxygen* tersebut sudah baik. Pengujian terhadap parameter *Dissolved Oxygen* tetap dilakukan untuk dapat mengetahui hasil yang diperoleh setelah filtrasi. Dengan adanya percobaan alat penjernih air nilai dari *Dissolved Oxygen* dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.8, gambar 4.10. dan gambar 4.11.

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.8. hasil yang diperoleh dari model II lebih baik daripada model I. Pada model I nilai *Dissolved Oxygen* mengalami kenaikan dan penurunan beberapa kali, begitupun pada model II. Namun secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II sudah sesuai dengan standar baku mutu air. Model I memiliki nilai *Dissolved Oxygen* antara 7,10 hingga 9,82 dan untuk model II memiliki nilai *Dissolved Oxygen* antara 8,07 hingga 9,76. Kenaikkan dan penurunan yang terjadi dapat disebabkan dari kualitas *input* air yang berubah-ubah dan kemampuan dari media filter yang ada. Adapun prosentase hasil *Dissolved Oxygen* air dari kedua model dapat dilihat pada gambar 4.12.

Dari gambar 4.12. dapat diketahui pada model I prosentase kenaikan tertinggi mencapai 16,37% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 5,89%. Untuk model II prosentase kenaikan tertinggi mencapai 14,96% dan prosentase kenaikan terendah mencapai 4,95%. Nilai dari *Dissolved Oxygen* paling stabil terdapat pada model II, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *Dissolved Oxygen* terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang aktif-pasir silika-zeolit.

Tabel 4.8. Hasil pengujian kadar DO (*Dissolved Oxygen*) pada air

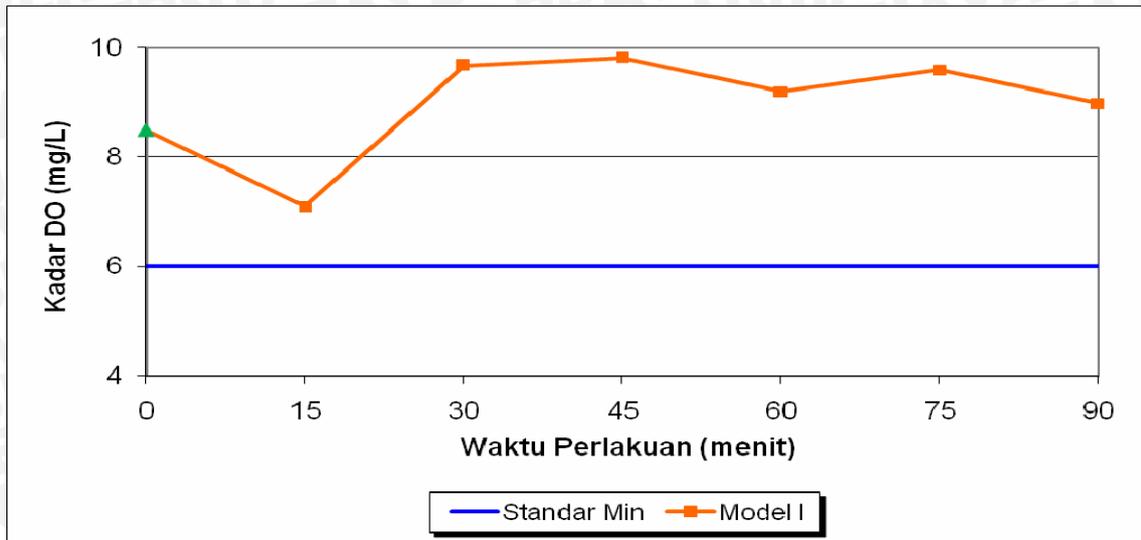
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 87 Tahun 2001)	Keterangan
			(A-Z-S)		
DO	Sampel Awal	mg/L	8,49	6 (min)	Memenuhi
	15	mg/L	7,10		Memenuhi
	30	mg/L	9,68		Memenuhi
	45	mg/L	9,82		Memenuhi
	60	mg/L	9,20		Memenuhi
	75	mg/L	9,60		Memenuhi
	90	mg/L	8,99		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 87 Tahun 2001)	Keterangan
			(A-S-Z)		
DO	15	mg/L	9,76	6 (min)	Memenuhi
	30	mg/L	9,22		Memenuhi
	45	mg/L	8,07		Memenuhi
	60	mg/L	9,14		Memenuhi
	75	mg/L	9,02		Memenuhi
	90	mg/L	9,4		Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

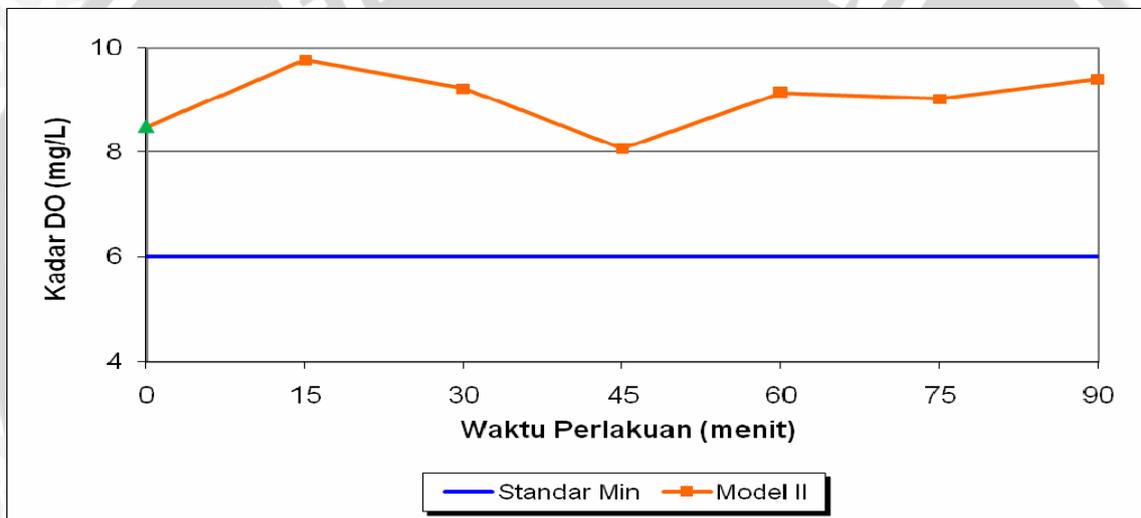
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

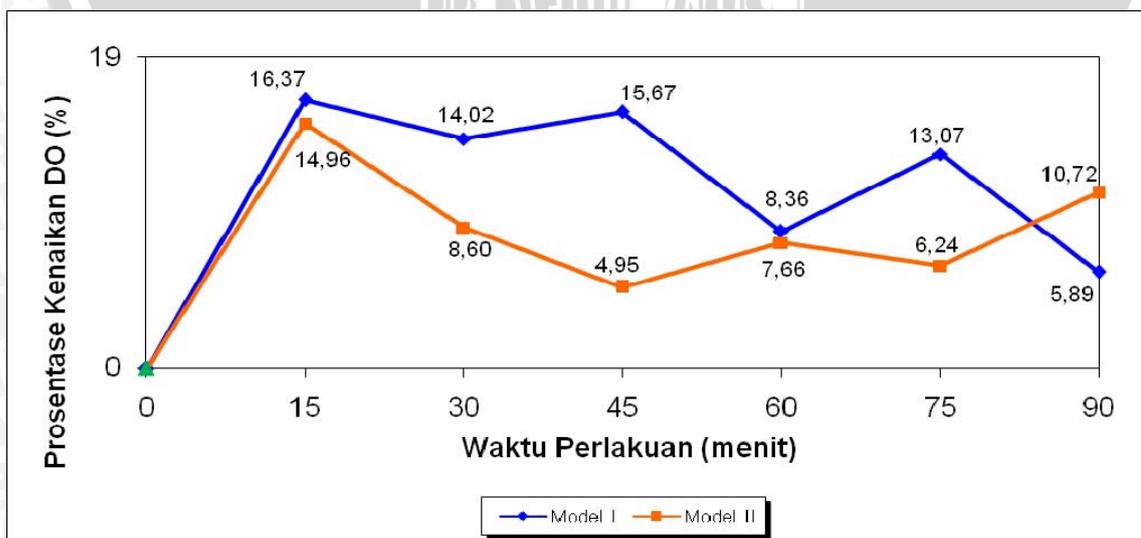
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.10. Grafik nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air pada model I



Gambar 4.11. Grafik nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air pada model II



Gambar 4.12. Grafik prosentase nilai DO (*Dissolved Oxygen*) air terhadap sampel awal

4.5.5. Fe (Besi)

Besi merupakan jenis dari logam berat, keberadaan dari besi ini perlu diawasi jumlahnya di dalam air. Semakin banyak kandungan dari besi terdapat dalam air, maka kualitas air akan semakin buruk. Hal ini ditandai dengan adanya kualitas kejernihan air yang menurun, yaitu warna air berubah dari jernih menjadi kekuningan serta bau logam yang tercium dari air. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa kandungan besi yang ada pada air di lokasi studi sudah berada dibawah standar, ini dikarenakan ketika pengambilan sampel, sudah terjadi intensitas hujan yang cukup besar sehingga mempengaruhi kondisi air tanah yang pada akhirnya mempengaruhi nilai atau kandungan besi yang ada. Dengan kondisi tanah yang mengandung banyak air, maka air tanah yang terpompa ke atas lebih sedikit kandungan unsur logamnya, karena logam yang ada terendap di bagian bawah, dan hanya sebagian yang ikut terpompa ke atas. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari besi dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.9, gambar 4.13. dan gambar 4.14.

Tabel 4.9. Hasil pengujian kadar Fe (besi) pada air

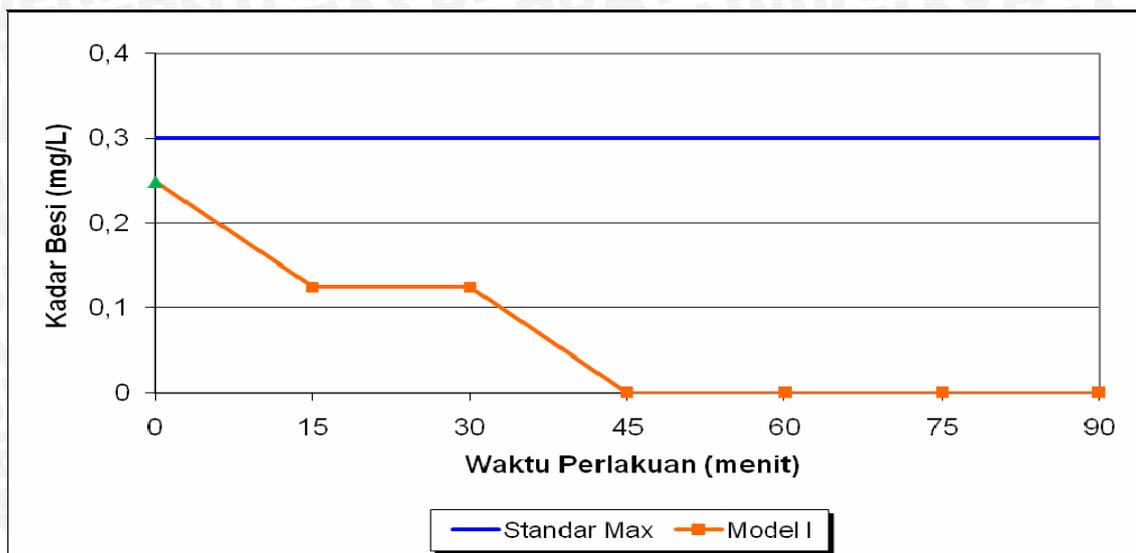
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Besi (Fe)	Sampel Awal	mg/L	0,25	0,3	Memenuhi
	15	mg/L	0,125		Memenuhi
	30	mg/L	0,125		Memenuhi
	45	mg/L	0		Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0		Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Besi (Fe)	15	mg/L	0	0,3	Memenuhi
	30	mg/L	0		Memenuhi
	45	mg/L	0		Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0		Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Pengairan Universitas Brawijaya Malang

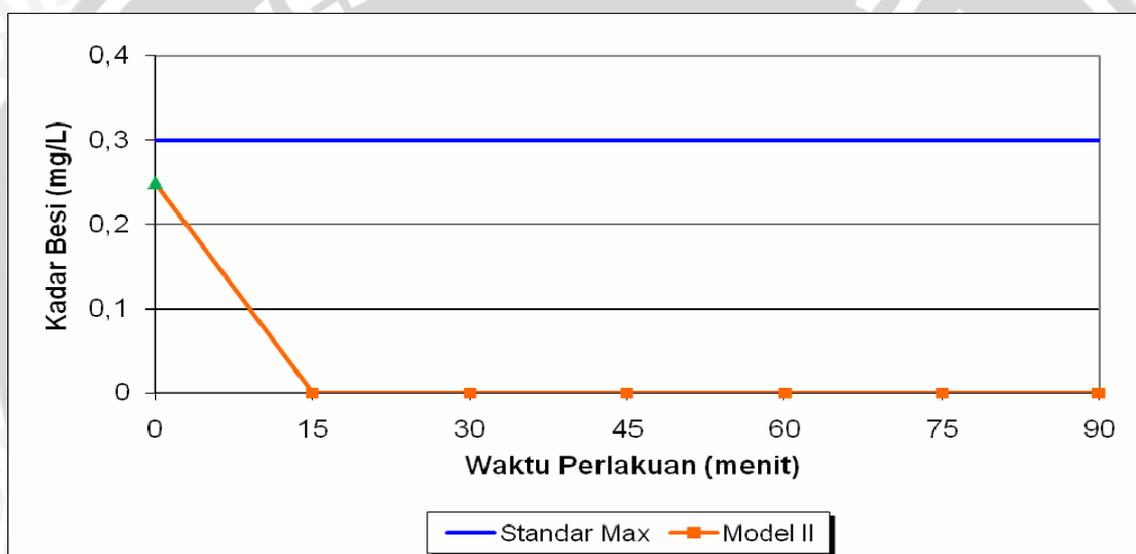
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

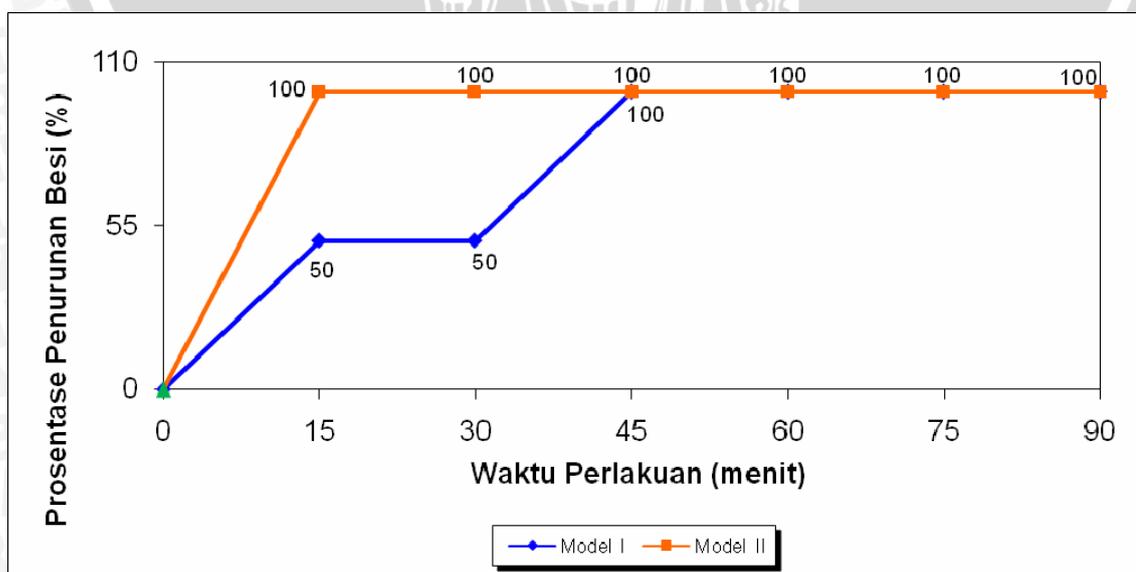
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.13. Grafik nilai Fe (besi) air pada model I



Gambar 4.14. Grafik nilai Fe (besi) air pada model II



Gambar 4.15. Grafik prosentase nilai Fe (besi) air terhadap sampel awal

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.9. hasil yang diperoleh dari model II lebih baik daripada model I. Pada model I nilai besi adalah antara 0 mg/L hingga 0,125 mg/L, sedangkan pada model II nilai besi 0 mg/L. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh oleh kedua model sudah sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan sebesar 0,3 mg/L. Dengan adanya proses penjernihan air nilai dari besi berkurang, baik pada model I ataupun model II. Hal ini disebabkan karena besi dalam air berbentuk ion Fe^{2+} yang sangat mudah teroksidasi oleh oksigen, sehingga membentuk senyawa $Fe(OH)_3$ yang berupa padatan tidak terlarut yang dapat disaring oleh ketiga filter.

Dari gambar 4.15. dapat diketahui pada model I dan model II prosentase penurunan nilai besi tertinggi mencapai 100%. Pada model II prosentase penurunan kadar besi pada air sudah terjadi pada menit ke 15 dan model I baru terjadi pada menit ke 45. Prosentase penurunan menunjukkan bahwa nilai Fe (besi) yang terjadi menjauhi batas maksimum standar baku mutu air. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai besi terbaik terjadi pada model II dengan susunan arang aktif-pasir silika-zeolit.

4.5.5. Mn (Mangan)

Mangan merupakan jenis dari logam walaupun bukan termasuk dari logam berat namun keberadaan dari mangan perlu diawasi jumlahnya di dalam air. Semakin banyak kandungan dari mangan terdapat dalam air, maka kualitas air akan semakin buruk. Hal ini ditandai dengan adanya kualitas kejernihan air yang menurun, yaitu warna air berubah menjadi kekuningan serta bau logam yang tercium dari air. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa kandungan mangan yang ada pada air sebesar 3,57 mg/L, sedangkan untuk standar baku mutu nilai mangan maksimal untuk air adalah 0,1 mg/L. Setelah adanya percobaan alat penjernih air nilai dari mangan dapat bertambah baik seperti tampak pada tabel 4.10, gambar 4.16. dan gambar 4.17.

Dari keterangan yang dapat dilihat pada tabel 4.10. hasil yang diperoleh dari model I dan model II berkisar antara 0,48 mg/L hingga 3,33 mg/L. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari kedua model terhadap sampel awal dapat dilihat pada gambar 4.18. Hasil prosentase pada model I dan model II adalah sama yaitu penurunan tertinggi mencapai 86,54% dan prosentase penurunan terendah mencapai 6,59%. Secara keseluruhan hasil yang diperoleh model I maupun model II belum sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan sebesar 0,1 mg/L, hal ini bisa dikarenakan mangan dalam air masih berupa padatan tersuspensi yang tidak mudah

mengendap langsung sehingga perlu adanya pengolahan air lebih lanjut untuk mengurangi nilai dari mangan tersebut.

Tabel 4.10. Hasil pengujian kadar Mn (mangan) pada air

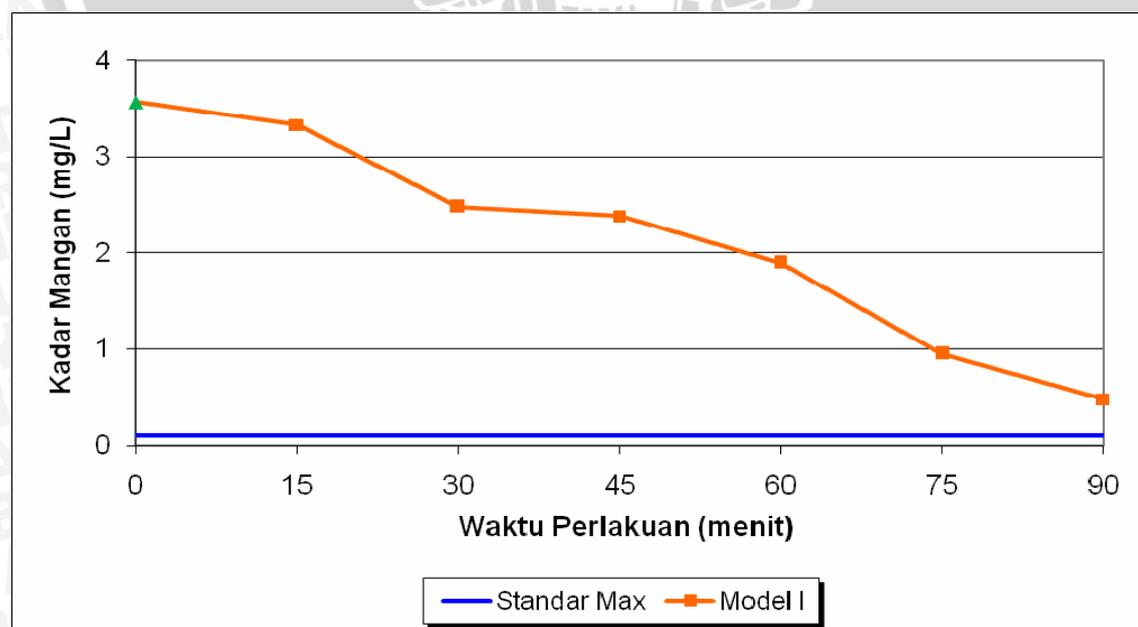
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Mangan (Mn)	Sampel Awal	mg/L	3,57	0,1	Tidak Memenuhi
	15	mg/L	3,33		Tidak Memenuhi
	30	mg/L	2,48		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	1,90		Tidak Memenuhi
	75	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Mangan (Mn)	15	mg/L	3,33	0,1	Tidak Memenuhi
	30	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	2,38		Tidak Memenuhi
	75	mg/L	1,42		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

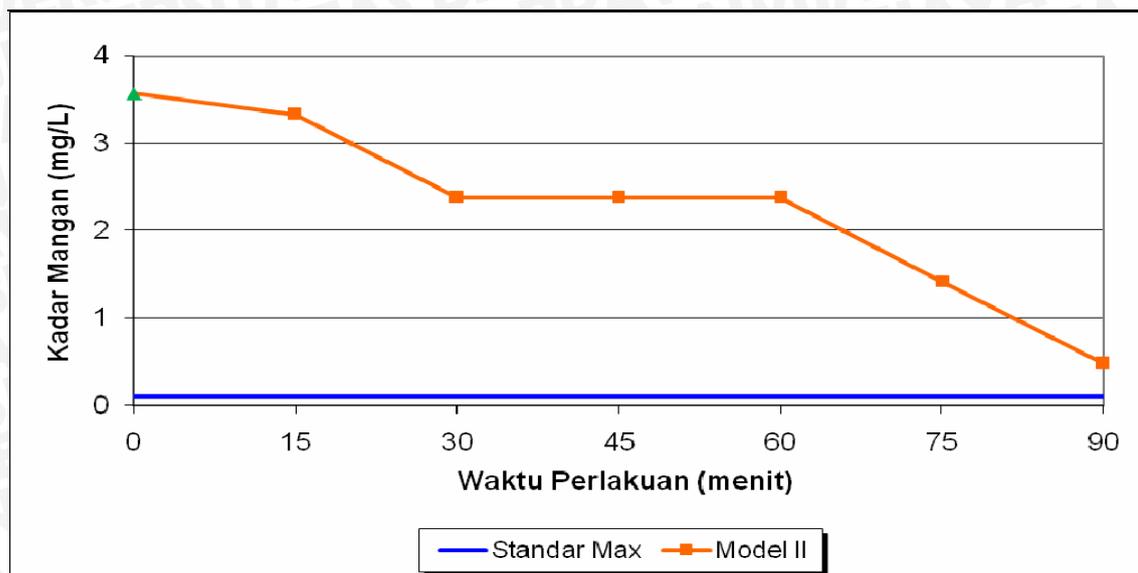
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

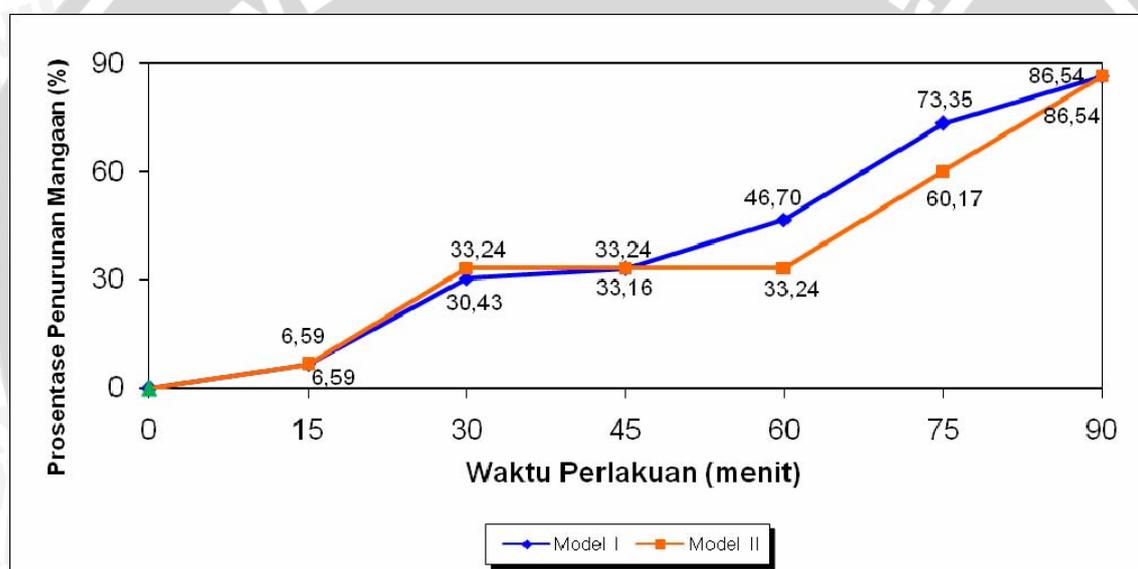
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.16. Grafik nilai Mn (mangan) air pada model I



Gambar 4.17. Grafik nilai Mn (mangan) air pada model II



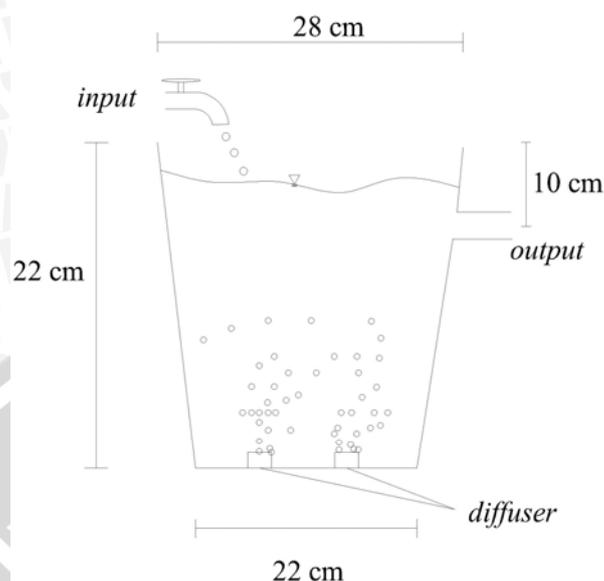
Gambar 4.18. Grafik prosentase nilai Mn (mangan) air terhadap sampel awal

4.6. Penambahan Perlakuan

Pada penelitian ini dilakukan penambahan perlakuan, yaitu aerasi untuk dapat mengurangi nilai dari mangan yang masih berlebih. Tujuannya adalah mereaksi oksigen dengan kation-kation Mangan yang terdapat di dalam air. Apabila kation Mangan (Mn^{2+}) bereaksi dengan oksigen akan membentuk senyawa oksida (MnO_2) yang dapat mengendap di dasar di dasar bak penampungan (bak aerasi). Berikut adalah dimensi dari bak aerasi yang digunakan dalam pengolahan air:

- Diameter atas bak = 28 cm
- Diameter bawah bak = 22 cm
- Tinggi bak = 22cm

- Jarak lubang *outlet* dari atas bak aerasi = 10cm
- Diameter pipa outlet = $\frac{3}{4}$ inchi = 1,905 cm



Gambar 4.19. Sketsa bak aerasi

Dengan penambahan aerasi, didapatkan nilai Mangan (Mn) sebagai berikut:

Tabel 4.11. Hasil pengujian kadar Mn (mangan) pada air menggunakan aerasi

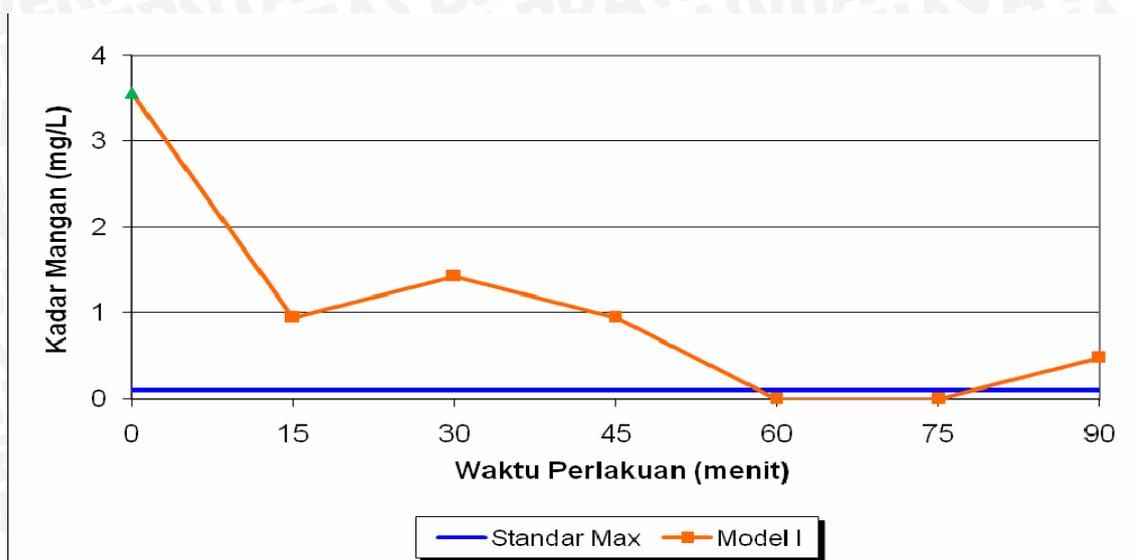
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model I	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-Z-S)		
Mangan (Mn)	Sampel Awal	mg/L	3,57	0,1	Tidak Memenuhi
	15	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	30	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0		Memenuhi
	90	mg/L	0,48		Tidak Memenuhi
Parameter	Kode (menit)	Satuan	Model II	Standar (P.P. No. 907 Tahun 2002)	Keterangan
			(A-S-Z)		
Mangan (Mn)	15	mg/L	0,48	0,1	Tidak Memenuhi
	30	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	45	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi
	60	mg/L	0		Memenuhi
	75	mg/L	0,95		Tidak Memenuhi
	90	mg/L	1,43		Tidak Memenuhi

Sumber: hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

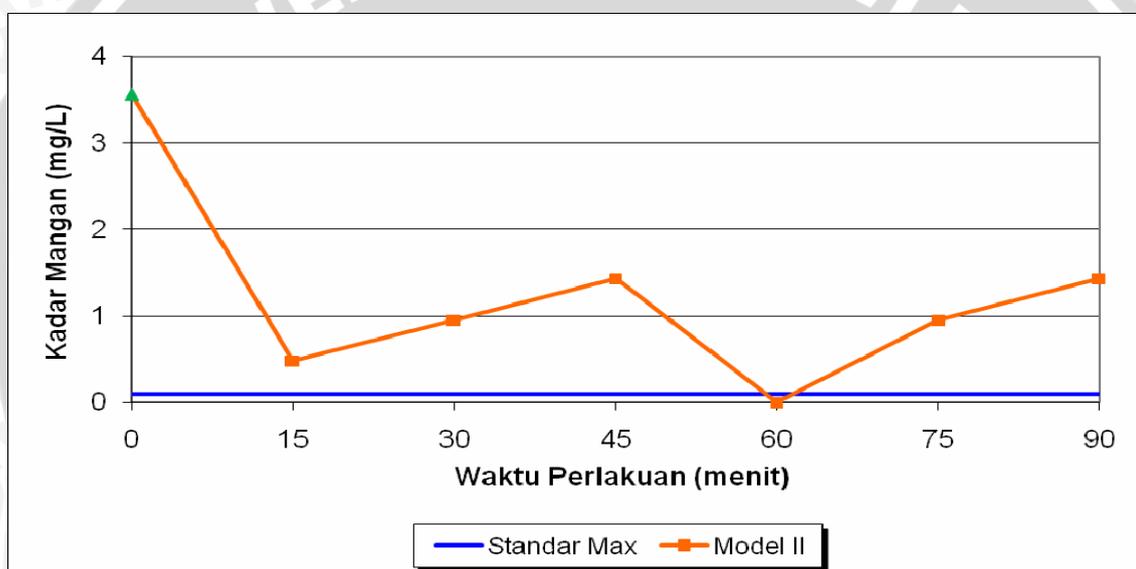
Keterangan:

Model I (A-Z-S) = Arang-Zeolit-Silika

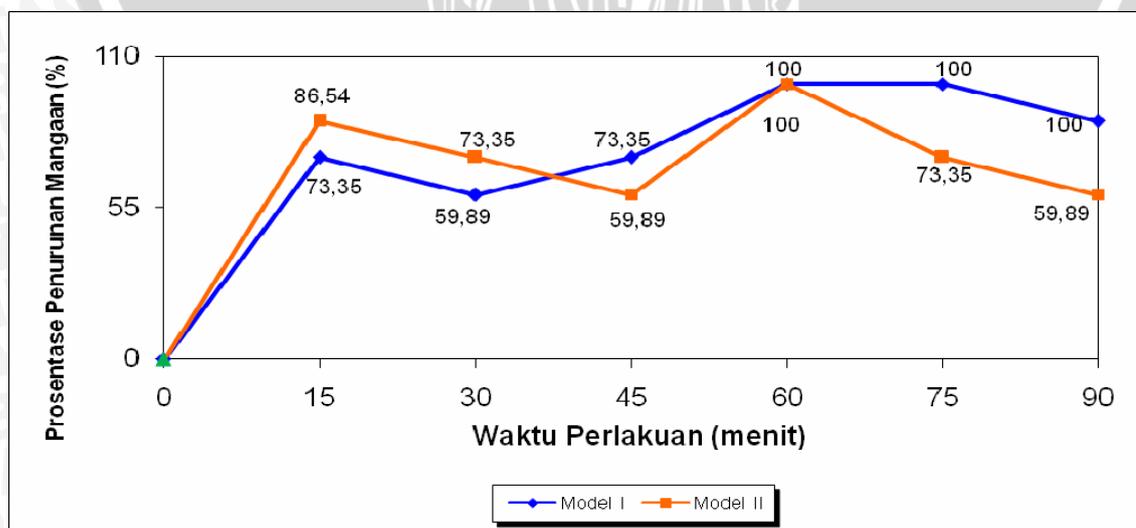
Model II (A-S-Z) = Arang-Silika-Zeolit



Gambar 4.20. Grafik nilai Mn (mangan) air dengan aerasi pada model I



Gambar 4.21. Grafik nilai Mn (mangan) air dengan aerasi pada model II



Gambar 4.22. Grafik prosentase nilai Mn (mangan) dengan aerasi terhadap sampel awal

Nilai mangan yang dihasilkan dengan adanya penambahan perlakuan cukup mengalami penurunan nilai yang signifikan, dapat dilihat pada tabel 4.11, gambar 4.20 dan gambar 4.21. Nilai mangan pada model I dan model II berkisar antara 0 mg/L hingga 1,43 mg/L. Nilai aerasi terbaik untuk model I terjadi pada menit ke 60 dan 75 sebesar 0 mg/L sedangkan model II terjadi pada menit ke 60. Maka pengambilan air sebaiknya dilakukan setelah perlakuan aerasi selama 60 menit, karena diharapkan unsur-unsur dari logam yang ada sudah mengendap di dasar bak aerasi. Untuk dapat mengendapkan unsur-unsur dari logam, diperlukan aerasi selama 10 hingga 20 menit tergantung pada sifat polutan dan pH air pada saat aerasi. Semakin tinggi polutan dan semakin nilai pH tidak normal (basa atau asam) maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mengendapkan unsur-unsur logam yang terdapat dalam air. Adapun prosentase penurunan hasil air kekeruhan dari kedua model pada model I dan model II prosentase penurunan nilai mangan tertinggi mencapai 100%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dan prosentase penurunan yang terjadi maka dapat disimpulkan bahwa nilai mangan terbaik terjadi pada model I dengan susunan arang aktif-zeolit-pasir silika

4.7. Pemeliharaan Alat

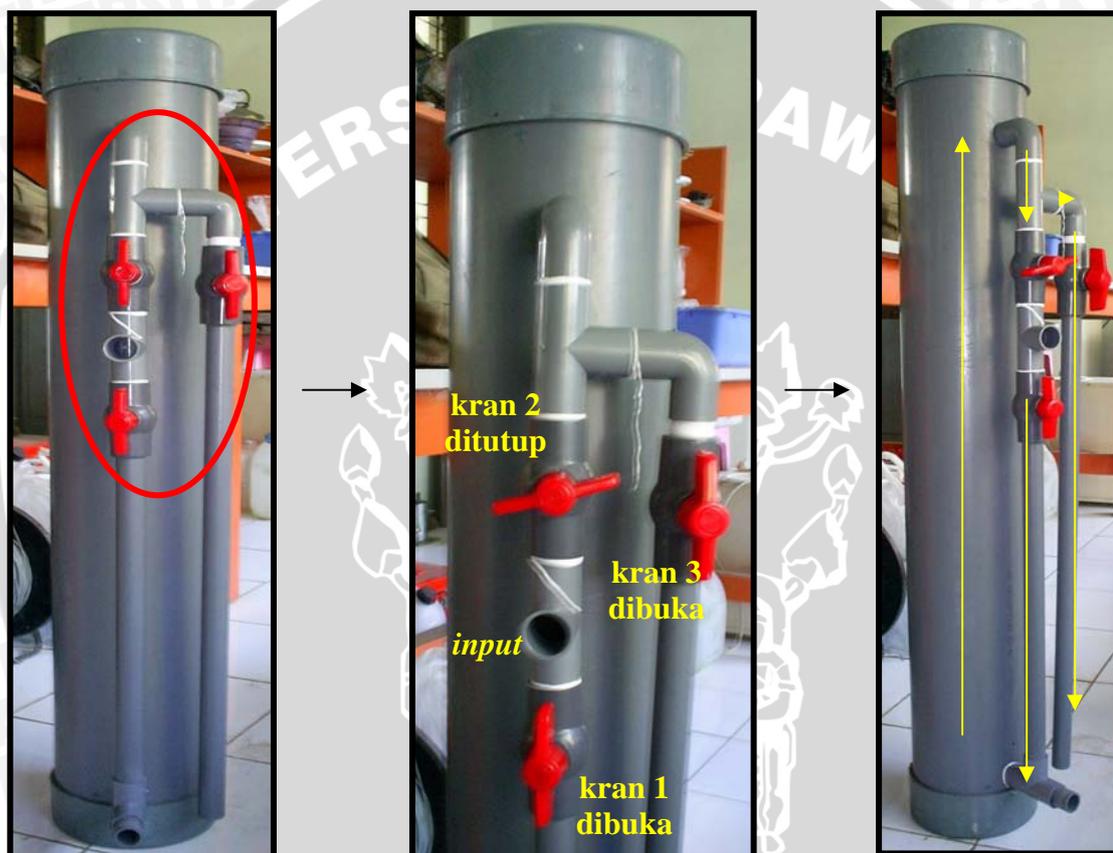
Alat penjernih air perlu dirawat dan dibersihkan secara periodik agar tetap berfungsi dengan baik. Pengontrolan secara rutin kondisi media filter setidaknya dilakukan dua minggu sekali. Apabila media sudah tidak berfungsi dengan baik seperti pipa tersumbat atau media filter sudah jenuh sebaiknya pipa dibersihkan atau media filter diganti dengan yang baru. Media filter yang sudah jenuh menyebabkan kualitas air yang keluar kurang baik. Pemeliharaan media filter dilakukan dengan cara mencuci media (*back wash*). Apabila kualitas air yang dikeluarkan kurang baik, walaupun media filter telah dicuci, dapat dipastikan media filter sudah jenuh dan tidak dapat berfungsi dengan baik maka media filter perlu diganti.

4.7.1. Pencucian Media (*back wash*)

Pencucian media bertujuan menghilangkan kotoran yang melekat pada media filter. Pencucian dilakukan secara berkala, minimal dua minggu sekali atau tergantung dari tingkat kualitas air yang difilter. Jika tidak dibersihkan, terdapat kotoran yang menumpuk dan menyumbat media filter. Akibatnya, kualitas air kurang baik dan debit yang keluar semakin kecil.

Langkah-langkah untuk mencuci media filter (*back wash*) tidak perlu mengeluarkan media filter, yaitu:

1. menutup kran nomor 2 (pemasukan) dan kran keluar (*output*), kemudian membuka kran nomor 1 (pembuangan) dan nomor 3 (pengeluaran)
2. air dari kran akan mengalir ke kran nomor 1 menuju saluran keluar (dari bawah) kemudian keluar melalui saluran masuk pada bagian atas. Lalu air cucian tersebut dibuang melalui kran nomor 3
3. lakukan pencucian beberapa saat ± 10 menit, lalu lakukan seperti proses pemasukan air, jika dirasa hasil air keluar kurang jernih lakukan kembali proses pencucian hingga dirasa air yang dikeluarkan terlihat jernih.



Gambar 4.23. Proses pencucian (*back wash*)

4.7.2. Penggantian Media

Penggantian media dilakukan apabila media sudah tidak dapat bekerja dengan baik (media filter jenuh). Indikasinya ditunjukkan oleh kondisi air yang tidak jernih walaupun telah dilakukan pencucian media filter (*back wash*). Media filter dapat berfungsi secara baik dalam kurun waktu kurang lebih satu tahun.

Cara mengganti media filter sebagai berikut:

1. Siapkan bak penampung untuk menampung media filter yang sudah tidak dapat dipakai.

2. Letakkan tabung filter di atas bak penampung, buka tutup bagian bawah atau putar balik posisi atas tabung ke bagian bawah untuk mengeluarkan media filter. Sebaiknya pilih buka tutup bagian bawah karena selain dapat dilakukan sendiri, pembukaan tutup bagian bawah dapat membantu proses pembersihan bagian dalam tabung filter.
3. Bersihkan tabung filter dari kotoran dan jamur yang melekat pada tabung filter dengan mengalirkan air dari tandon dan disikat.
4. Ganti media filter dengan media filter baru. Setelah media filter baru dimasukkan ke dalam tabung filter, biarkan dialiri air untuk beberapa menit (seperti pada tahap pencucian). Hal ini bertujuan agar kotoran yang masih tertinggal dapat terbawa keluar melalui saluran pembuangan. Saat air pembuangan sudah terlihat jernih, air dapat dialirkan menuju ke bak penampungan air.

4.8. Analisa Biaya

Biaya merupakan salah satu komponen yang penting selain alat penjernih air dan media penyaring (*filter*) itu sendiri. Penelitian yang dilakukan oleh penulis bertujuan agar nantinya dapat diterapkan dengan mudah oleh masyarakat. Analisa biaya disini bertujuan agar diketahui berapa besar biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat dan pengadaan media penyaring (*filter*), biaya pengujian laboratorium serta biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan alat tersebut.

4.8.1. Biaya Pembuatan Alat Penjernih Air

Biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat penjernih air terdiri atas biaya bahan-bahan terpisah yang nantinya dirakit menjadi satu bagian. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini tersedia secara luas di pasaran dengan harga yang bervariasi, namun semaksimal mungkin tidak terlalu mahal dan mudah dalam proses perakitannya. Bahan-bahan tersebut dibutuhkan dalam pembuatan satu alat penjernih air, ukuran dan spesifikasi teknis lainnya dapat diubah-ubah sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kemampuan masyarakat. Dibandingkan dengan alat penjernih air yang ada di pasaran, harga tersebut jauh lebih terjangkau dan lebih praktis karena proses pembuatan, pengoperasian dan perawatannya (*maintenance*) lebih mudah. Adapun perincian biaya dari bahan-bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12. Rekapitulasi biaya bahan yang dibutuhkan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Pipa PVC 6 inchi	Lonjor	1	Rp. 205000	Rp. 205000
2	Pipa PVC 3/4 inchi	Lonjor	1	Rp. 12000	Rp. 12000
3	<i>Elbow</i>	Buah	2	Rp. 2000	Rp. 4000
4	<i>Letter T</i>	Buah	3	Rp. 2000	Rp. 6000
5	<i>Sock drat</i> dalam	Buah	1	Rp. 2000	Rp. 2000
6	<i>Sock drat</i> luar	Buah	3	Rp. 2000	Rp. 6000
7	Noksel	Buah	2	Rp. 500	Rp. 1000
8	Tutup atas (dop atas)	Buah	1	Rp. 10000	Rp. 10000
9	Tutup bawah (dop bawah)	Buah	1	Rp. 10000	Rp. 10000
10	Stop kran	Buah	3	Rp. 12000	Rp. 36000
11	Kran	Buah	1	Rp. 7000	Rp. 7000
12	Selang air	Buah	1	Rp. 9000	Rp. 9000
13	TBA	Buah	2	Rp. 1500	Rp. 3000
14	Amplas	Buah	1	Rp. 2000	Rp. 2000
Jumlah Total					Rp. 313000

Sumber: hasil perhitungan

Keterangan : perhitungan di atas untuk 1 buah tabung filter

Bahan-bahan tersebut dibutuhkan dalam pembuatan satu alat penjernih air, ukuran dan spesifikasi teknis lainnya dapat diubah-ubah sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kemampuan masyarakat. Untuk pipa PVC, hanya bisa dibeli dalam satuan lonjor (4 meter) sehingga harga sedikit lebih mahal. Namun bila dibandingkan dengan alat penjernih air yang ada di pasaran, harga tersebut jauh lebih terjangkau dan lebih praktis karena proses pembuatan, pengoperasian dan perawatannya (*maintenance*) lebih mudah.

4.8.2. Biaya Media Penyaring (*Filter*)

Media penyaring (*filter*) terdiri atas arang aktif, pasir silika, zeolit dan kain kassa sebagai bahan tambahan. Kain kassa digunakan untuk sekat antara media penyaring agar tidak tercampur satu sama lain, selain itu juga digunakan untuk menutup noksel bawah agar butiran-butiran dari pasir silika atau zeolit tidak terbawa oleh air. Adapun biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13. Rekapitulasi biaya media penyaring yang dibutuhkan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Arang aktif	kg	4	Rp. 15000	Rp. 60000
2	Pasir silika	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
3	Zeolit	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
4	Kain Kassa	meter	1	Rp. 12000	Rp. 12000
Jumlah Total					Rp. 153000

Sumber: hasil perhitungan

Keterangan : perhitungan di atas untuk 1 buah tabung filter

Media penyaring bisa dibeli dengan mudah di toko-toko bahan kimia. Jumlah media yang dibutuhkan tergantung dari kebutuhan dan disesuaikan pula dengan ukuran kapasitas alat. Dalam penelitian ini jumlah yang dibutuhkan berdasarkan pada literatur acuan yang disesuaikan dengan ukuran alat itu sendiri.

4.8.3. Biaya Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium sangat diperlukan untuk mengetahui nilai air sebelum diolah (*input*) dan air hasil penjernihan (*output*) sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lapangan. Pada penelitian ini penulis menggunakan dua laboratorium kualitas air sesuai dengan parameter yang ingin diketahui, yaitu Laboratorium Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya untuk parameter pH dan kekeruhan, Laboratorium Kimia MIPA Universitas Brawijaya untuk parameter DO (*Dissolved Oxygen*), besi (Fe) dan mangan (Mn). Selain itu biaya dari masing-masing tempat juga bervariasi sehingga pada penelitian ini penulis berusaha menekan biaya yang dibutuhkan untuk pengujian sampel air. Adapun biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14. Rekapitulasi biaya uji parameter

No.	Parameter	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	pH	Sampel	1	Rp. 2500	Rp. 2500
2	Kekeruhan	Sampel	1	Rp. 3000	Rp. 3000
3	DO	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
4	Besi (Fe)	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
5	Mangan (Mn)	Sampel	1	Rp. 15000	Rp. 15000
Jumlah Total					Rp. 50500

4.8.4. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan terdiri dari dua komponen yaitu biaya pemeliharaan alat dan biaya penggantian media penyaring (*filter*). Namun pada dasarnya pemeliharaan dilakukan terutama pada penggantian media penyaring secara berkala, mengingat kemampuan media penyaring tersebut akan menurun seiring dengan waktu dan frekuensi pemakaian. Sedangkan alat tidak terlalu membutuhkan pemeliharaan secara berkala, hanya bila terdapat komponen-komponen tertentu yang perlu diganti, misalnya sambungan-sambungan pipa, TBA, stop kran, kran dan noksel. Jadwal pemeliharaan alat dan penggantian media penyaring ditunjukkan pada tabel 4.15.

Berdasarkan literatur yang dipakai jadwal pencucian dilakukan minimal dua minggu sekali. Berdasarkan perbedaan volume yang terjadi antara volume alat pada literatur dengan volume alat yang dibuat pada penelitian ini (volume alat yang dibuat \pm 50% lebih kecil dibandingkan dengan volume alat pada literatur) dan keterangan penggantian media filter pada literatur, maka untuk penggantian media filter dilakukan minimal empat bulan sekali.



Tabel 4.15. Jadwal Pemeliharaan Alat Penjernih Air dan Penggantian Media Penyaring (*filter*)

No.	Bahan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Keterangan	
		I	II	III	IV														
1	Pencucian media filter																		Tergantung penggunaan dan kemampuan media filter.
2	Penggantian media filter																		Tergantung penggunaan dan kemampuan media filter.
3	Uji laboratorium																		Dilakukan pada awal penggunaan alat dan secara berkala setelah penggantian media penyaring
4	Pemeriksaan komponen alat																		
	a. keran																		Dilakukan bila ada kebocoran, penyumbatan, atau kerusakan pada komponen alat
	b. noksel																		Dilakukan bila ada kebocoran, penyumbatan, atau kerusakan pada komponen alat
	c. kain kassa																		Perlu diperiksa secara berkala bersamaan dengan media filter.
	d. lain-lain																		Tergantung tingkat kerusakan masing-masing komponen alat.

Sumber: Sujana Alamsyah, 2006: 41-42

Tabel 4.15. tersebut dapat dijadikan pedoman dalam pemeliharaan alat dan penggantian media penyaring. Dalam penerapannya tergantung dari frekuensi penggunaan dan kebutuhan masyarakat itu sendiri. Namun diharapkan dengan dilakukannya pemeliharaan tersebut, alat penjernih air akan mempunyai usia guna yang lebih lama dan efektif dalam proses penjernihan air. Adapun perkiraan biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Bulan ke-1 hingga bulan ke-3 hanya dilakukan pencucian media penyaring dan pemeriksaan alat penjernih, sehingga jika tidak dibutuhkan penggantian komponen-komponen alat, maka tidak membutuhkan biaya.
2. Pada bulan ke-4 dilakukan penggantian media penyaring, dengan tujuan agar proses penjernihan dapat berjalan lebih efektif kembali. Pada bulan ini biaya yang dikeluarkan adalah:

Tabel 4.16. Perkiraan biaya pemeliharaan

No.	Bahan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Jumlah Harga
1	Arang aktif	kg	4	Rp. 15000	Rp. 60000
2	Pasir silika	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
3	Zeolit	kg	2,7	Rp. 15000	Rp. 40500
4	Kain Kassa	meter	1	Rp. 12000	Rp. 12000
5	Uji Laboratorium	Sampel	4		Rp. 50500
Jumlah Total					Rp. 203500

Keterangan:

1. Kain kassa perlu diganti bersamaan dengan penggantian media penyaring.
2. Biaya tersebut diluar penggantian komponen-komponen pada alat.

Dari perincian biaya sebelumnya dapat dihitung berapa besar keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat penjernih air tersebut. Keseluruhan Biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17. Biaya total yang dibutuhkan

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Bahan	Rp. 313000
2	Media Penyaring	Rp. 153000
3	Uji Laboratorium	Rp. 50500
Jumlah Total		Rp. 516500

Biaya tersebut diluar biaya pemeliharaan, hal ini dikarenakan biaya pemeliharaan diperlukan pada saat pemeliharaan (*maintenance*) dan pada saat

penggantian media penyaring pada bulan keempat (sesuai dengan tabel 4.15. mengenai jadwal pemeliharaan alat).

4.9. Kelebihan dan Kekurangan Alat

Alat penjernih air yang digunakan pada penelitian dibuat sedemikian rupa agar masyarakat luas dapat membuat serta menggunakan dengan mudah dan dengan biaya yang cukup terjangkau. Kelebihan dari alat ini adalah:

1. Bahan-bahan atau komponen-komponen alat mudah didapat di pasaran
2. Proses perakitan alat mudah
3. Biaya cukup terjangkau, bila dibandingkan alat penjernih air elektronik yang ada di pasaran
4. Tahan banting, tidak mudah pecah dan praktis bila ingin diletakkan di sudut-sudut rumah
5. Anti karat karena bahan pipa dari PVC
6. Perawatan mudah.

Namun selain kelebihan yang ada, alat ini juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya adalah:

1. Untuk ukuran pipa PVC yang besar terkadang masyarakat harus membelinya dalam satuan lonjor ($\pm 4\text{m}$), sehingga biaya yang dikeluarkan sedikit lebih mahal
2. Debit yang dihasilkan masih cukup kecil untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat pengguna.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Masalah kualitas air bersih sudah menjadi prioritas utama untuk diselesaikan, seperti yang terjadi pada daerah studi yang digunakan pada penelitian ini. Sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat meminimalkan permasalahan di daerah studi dan juga menyelesaikan masalah yang terjadi pada daerah lain yang memiliki permasalahan yang sama. Perlu diketahui bahwa sebuah penelitian dan hasil analisisnya pada waktu tertentu sudah pasti mempunyai kekurangan dalam hasil analisa dan perlu adanya peninjauan kembali tentang kesimpulan yang dihasilkan. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan adanya faktor penghambat penelitian sehingga penelitian tersebut tidak berjalan secara maksimal. Faktor-faktor penghambat tersebut diantaranya faktor waktu, faktor manusia, faktor dana dan faktor peralatan. Oleh karena itu, kesimpulan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan penelitian-penelitian selanjutnya dengan bidang yang sama yaitu kualitas air.

Meninjau rumusan masalah dan analisa hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kualitas air di daerah studi secara umum tidak memenuhi standar baku mutu air, sesuai dengan peraturan yang ada. Dalam hal ini mengacu pada PP No. 87 Tahun 2001 (khusus *Dissolved Oxygen*) dan PP No. 907 Tahun 2002.

Tabel 5.1. Hasil uji laboratorium sampel awal air

No.	Parameter	Satuan	Hasil		Standar Baku Mutu
			pertama	kedua	
1	Warna	-	Kekuningan	Kekuningan	Tidak Berwarna
2	Bau	-	Bau Logam	Bau Logam	Tidak Berbau
3	Kekeruhan	NTU	15,8	40,1	5
4	Besi (Fe)	mg/L	0,68	0,25	0,3
5	Mangan (Mn)	mg/L	-	3,56	0,1
6	pH	-	6,42	6,43	6,5-8,5
7	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	15,69	8,49	6 (min)

Sumber : Hasil uji Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

2. Debit yang dihasilkan oleh alat dan disesuaikan dengan kapasitas volume alat dalam pengolahan air tersebut adalah 38,7 lt/jam dengan masa operasi 10 jam untuk model I (susunan media penyaring arang aktif-silika-zeolit) dan 37,8 lt/jam dengan masa operasi 11 jam untuk model II (susunan media penyaring arang aktif-zeolit-silika).

3. Berdasarkan dari hasil uji laboratorium yang dapat dilihat pada tabel dan grafik pada bab empat, model II dengan variasi letak filter arang aktif-pasir silika-zeolit menjadi alternatif variasi pemilihan terbaik. Hasil penjernihan air antara model I dan model II berbeda hal ini dikarenakan perbedaan ukuran butiran pada media filter dan letak media filter yang mempengaruhi hasil dari air *output*. Untuk dapat lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.2. Efektifitas penyerapan media filter

No.	Keterangan	Model I (arang aktif-pasir silika-zeolit)	Model II (arang aktif-zeolit-pasir silika)
1.	Arang aktif (tertahan 20-40)	Keseluruhan media terpakai untuk filtrasi	Keseluruhan media terpakai untuk filtrasi
2.	Silika (tertahan 20-100)	Hanya 2/3 bagian atau 0,667 bagian yang terpakai untuk filtrasi	Keseluruhan media terpakai untuk filtrasi
3.	Zeolit (tertahan 20-60)	Keseluruhan media terpakai untuk filtrasi	Hanya 3/4 bagian atau 0,75 bagian yang terpakai untuk filtrasi

Sumber: pengamatan di lapangan

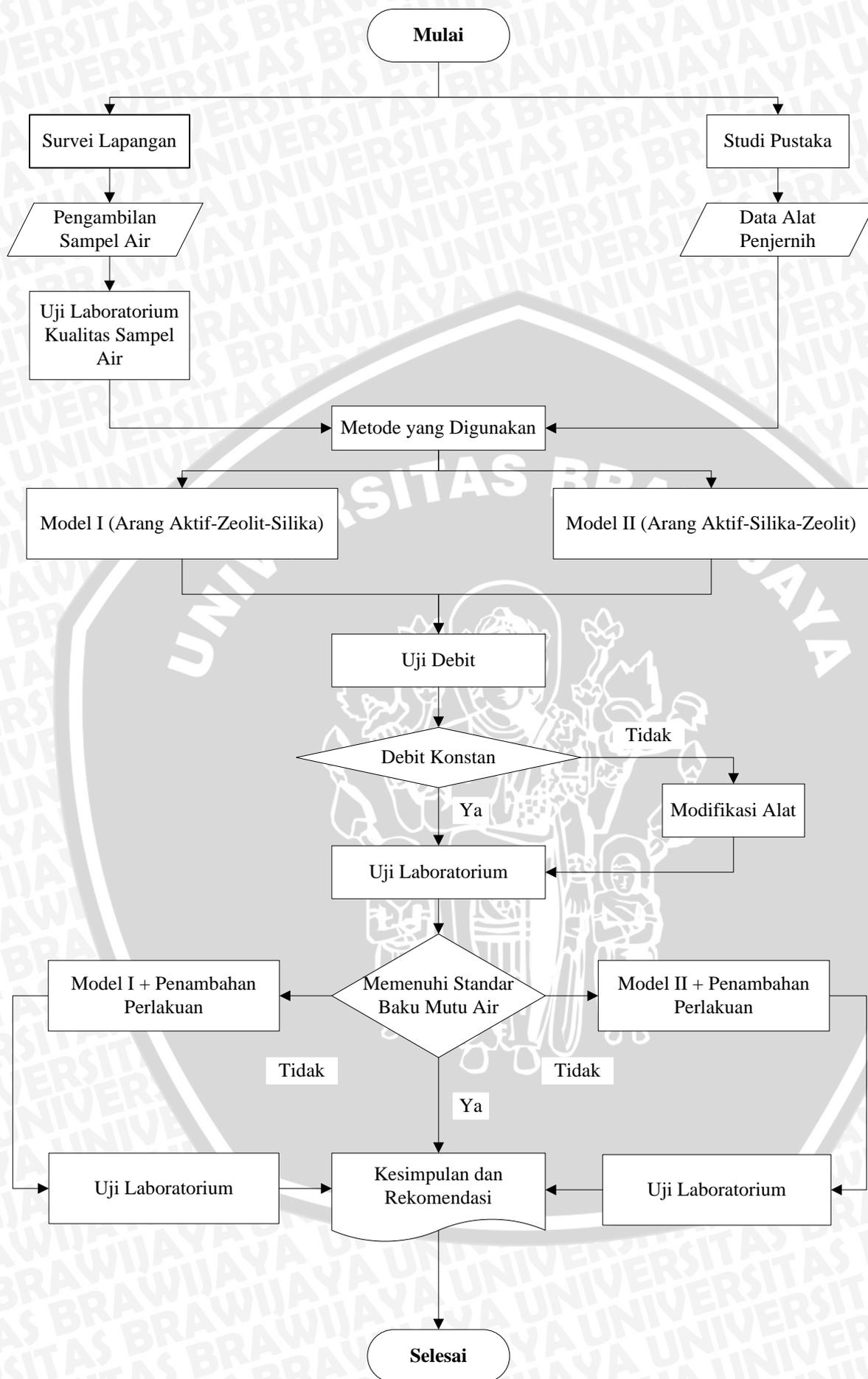
Dari keterangan gambar dan tabel di atas maka model II memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mengurangi kadar polutan yang ada dari model I sehingga air yang dihasilkan model II lebih baik daripada model I. Air yang melewati model II terinfiltrasi lebih lama dan lebih baik daripada model I.

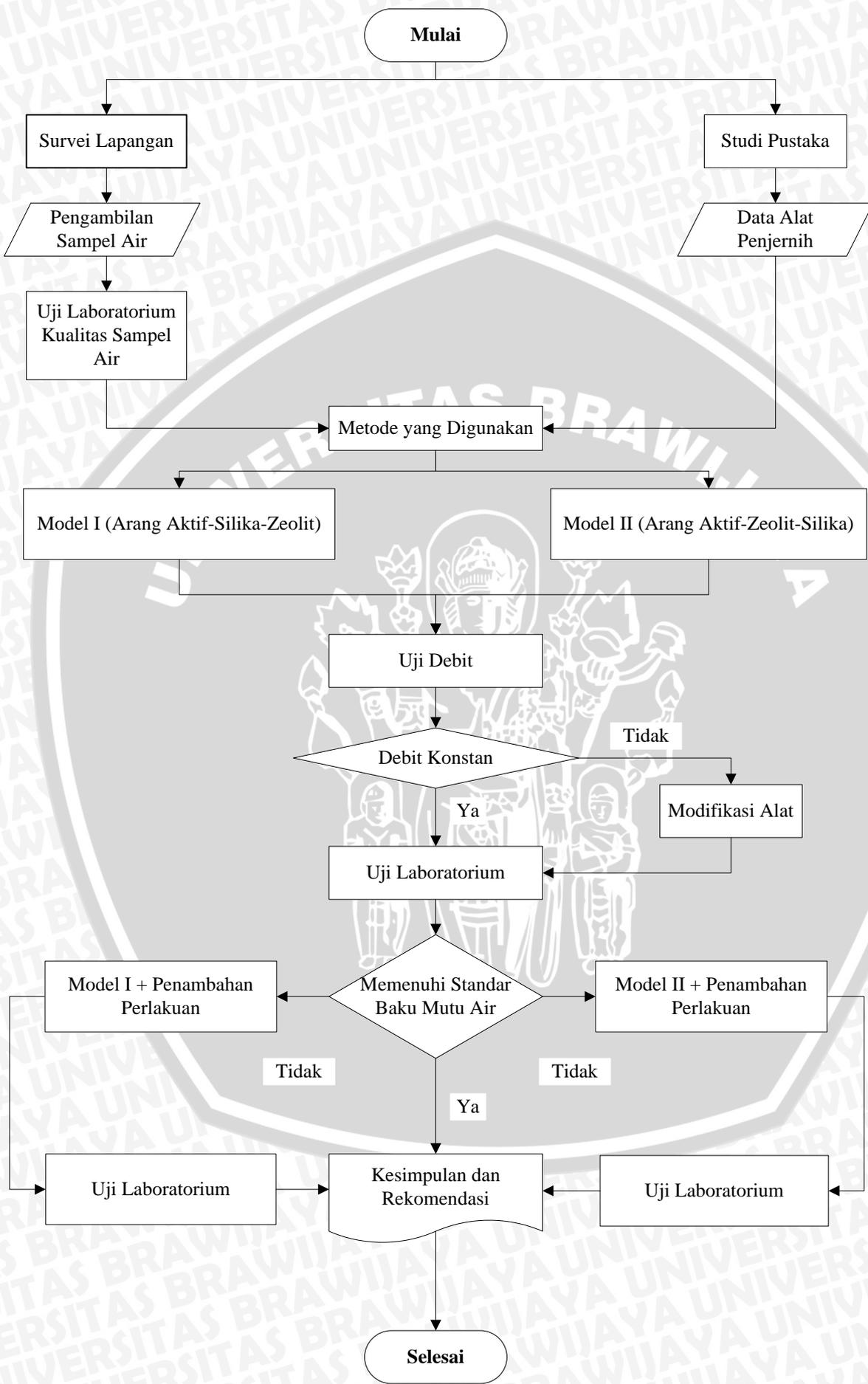
4. Berdasarkan hasil dari model I dan model II yang dapat dilihat pada tabel dan grafik pada bab empat, dapat disimpulkan bahwa dengan adanya proses filtrasi kondisi air semakin membaik untuk setiap parameter yang diujikan. Hanya pada pengujian mangan saja proses filtrasi memerlukan penambahan perlakuan (aerasi) untuk mengurangi nilai dari mangan yang masih berlebih.
5. Besar biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat adalah Rp. 313.000,00 dan pembelian media penyaring sebesar Rp. 153.000,00. Biaya pengujian air di laboratorium sebesar Rp. 50.500,00 tergantung dari parameter yang akan diuji dan banyaknya sampel air. Sehingga keseluruhan biaya yang dibutuhkan adalah Rp. 516.500,00. Sedangkan besar biaya untuk operasional dan pemeliharannya sekitar Rp. 203.500,00 tergantung dari jenis dan banyaknya media penyaring yang dibutuhkan.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya:

1. Pengoperasian alat tidak hanya dilakukan satu hari tetapi setiap hari dalam satu minggu atau satu bulan agar dapat diketahui secara mendetail kemampuan dari media filter dan untuk dapat mengetahui jadwal pembersihan alat serta penggantian media filter.
2. Perlu adanya percobaan variasi debit agar dapat diperoleh debit yang dapat memenuhi kebutuhan air dalam waktu yang relatif singkat namun tetap disesuaikan dengan kapasitas volume tabung filtrasi.
3. Dalam penambahan perlakuan (aerasi) sebaiknya tidak hanya menggunakan satu *diffuser*, *diffuser* yang digunakan menghasilkan gelembung-gelembung kecil dengan jumlah yang banyak dan menyebar serta memperlebar tampungan bak aerasi sehingga dapat menambah kandungan oksigen karena kontak air dan udara dengan waktu yang lebih lama dapat membantu kualitas air menjadi lebih baik.
4. Perlu dilakukan percobaan jenis aerasi dan letak aerasi sebelum dan sesudah proses filtrasi agar dapat diketahui perbedaan dari air yang dihasilkan.
5. Jika hasil yang dicapai dalam mengurangi kadar polutan dalam air belum maksimal, walaupun sudah ada penambahan aerasi maka dapat dilakukan pengolahan air seperti koagulasi dengan koagulan antara lain tawas, kapur atau kaporit. Metode koagulasi dapat dilakukan dengan menaburkan bahan koagulan ke dalam bak penampungan (tandon).
6. Perlu dilakukan percobaan lebih lanjut untuk permasalahan kualitas air yang berbeda dari penelitian ini dengan menggunakan alat yang sama. Sehingga dapat diketahui kapasitas kemampuan alat dalam melakukan penjernihan air dengan berbagai macam permasalahan kualitas air.





Tabel 4.15. Jadwal Pemeliharaan Alat Penjernih Air dan Penggantian Media Penyaring (*filter*)

No.	Bahan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Keterangan	
		I	II	III	IV														
1	Pencucian media filter																		Tergantung penggunaan dan kemampuan media filter.
2	Penggantian media filter																		Tergantung penggunaan dan kemampuan media filter.
3	Uji laboratorium																		Dilakukan pada awal penggunaan alat dan secara berkala
3	Pemeriksaan komponen alat																		setelah penggantian media penyaring.
	a. keran																		Dilakukan bila ada kebocoran, penyumbatan, atau kerusakan pada komponen alat.
	b. noksel																		
	c. kain kassa																		Perlu diperiksa secara berkala bersamaan dengan media filter.
	d. lain-lain																		Tergantung tingkat kerusakan masing-masing komponen alat.

Sumber: Sujana Alamsyah, 2006: 41-42

**PERANCANGAN ALAT PENJERNIH AIR RUMAH TANGGA
MENGUNAKAN MEDIA FILTER ARANG AKTIF, ZEOLIT DAN PASIR SILIKA
UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh :

**KARTINI DIAH AYU PALUPI
NIM. 0210640040**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2006**

**PERANCANGAN ALAT PENJERNIH AIR RUMAH TANGGA
MENGUNAKAN MEDIA FILTER ARANG AKTIF, ZEOLIT DAN PASIR SILIKA
UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh :

**KARTINI DIAH AYU PALUPI
NIM. 0210640040**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Sumiadi, S.T., M.T.
NIP. 132 258 192**

**Very Dermawan, S.T., M.T.
NIP. 132 232 480**

**PERANCANGAN ALAT PENJERNIH AIR RUMAH TANGGA
MENGUNAKAN MEDIA FILTER ARANG AKTIF, ZEOLIT DAN PASIR SILIKA
UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)**

Disusun Oleh:

**KARTINI DIAH AYU PALUPI
NIM. 0210640040**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 30 Mei 2007

Majelis Penguji :

Dosen Pembimbing/Penguji

**Sumiadi, S.T., M.T.
NIP. 132 258 192**

Dosen Penguji

**Runi Asmaranto, S.T., M.T.
NIP. 132 281 765**

Dosen Pembimbing/Penguji

**Very Dermawan, S.T., M.T.
NIP. 132 232 480**

Dosen Penguji

**Riyanto Haribowo, S.T.,M.T.
NIP. 132 281 760**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Pengairan**

**Ir. H. Suwanto Marsudi, M.S.
NIP. 131 629 863**