

PERANCANGAN PENGOLAHAN AIR KONVENSIONAL DALAM UJI PILOT PLANT

Widya Mulya
Universitas Balikpapan
widya@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan data PDAM Balikpapan Desember 2017, sungai yang saat ini dimanfaatkan dengan parameter kekeruhan 6 - 24 NTU. Dalam pemanfaatannya sebagai air bersih dan air minum, untuk mendapatkan kualitas air sesuai standar baku mutu maka diperlukan pengolahan yang perancangan sesuai kriteria desain. Tujuan penelitian untuk mengetahui perancangan pengolahan air konvensional dalam uji pilot plant yang menghasilkan air olahan sesuai standar baku mutu air minum. Metode penelitian yang digunakan yaitu uji pilot plant meliputi tempat untuk proses, air baku menuju pilot plant di injeksi bahan kimia tawas dan kapur sebelum proses koagulasi-flokulasi dan injeksi bahan kimia kaporit sebelum proses filtrasi. Perancangan bak koagulasi dengan kecepatan inlet dan outlet 0,60 m/det, perbandingan tinggi, lebar dan panjang bak koagulasi 1,30 : 1 : 1, waktu detensi 60 detik. Perancangan pada pengadukan lambat, dengan total waktu 120 detik + 180 detik + 240 detik + 300 detik = 840 detik = 14 menit. Perancangan bak pengendapan, waktu detensi 1 jam, beban permukaan 0,13 m/jam, perbandingan lebar dan panjang bak, 1 : 2. Perancangan bak filtrasi, perbandingan bak, 1 : 2, kecepatan filtrasi 5 m/jam. Berdasarkan hasil pengamatan uji pilot plant dengan penambahan bahan kimia yaitu menunjukkan parameter kekeruhan 3 NTU (rata-rata, 2 kali pengulangan) masih di bawah standar baku mutu sesuai standar air bersih No .416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar air minum No.492/MENKES/PER/IV/2010.

Kata kunci: Perancangan, Pengolahan Air Konvensional, Pilot Plant

CONVENTIONAL WATER TREATMENT DESIGN IN PILOT PLANT TEST

ABSTRACT

Based on data from PDAM Balikpapan in December 2017, the river currently being used has a turbidity parameter of 6 - 24 NTU. In its utilization as clean water and drinking water, to get water quality according to quality standards, it is necessary to design processing according to design criteria. The purpose of the study was to determine the design of conventional water treatment in a pilot plant test that produces treated water according to drinking water quality standards. The research method used is the pilot plant test which includes a place for the process, raw water to the pilot plant in the injection of alum and lime chemicals before the coagulation-flocculation process and injection of chlorine chemicals before the filtration process. The design of a coagulation bath with an inlet and outlet velocity of 0.60 m/s, a ratio of height, width and length of a coagulation

bath 1.30: 1: 1, detention time of 60 seconds. Design on slow stirring, with a total time of 120 seconds + 180 seconds + 240 seconds + 300 seconds = 840 seconds = 14 minutes. The design of the settling basin, the detention time is 1 hour, the surface load is 0.13 m³/hour, the ratio of the width and length of the tank is 1: 2. The design of the filtration tank, the ratio of the tank, is 1: 2, the filtration speed is 5 m³/hour. Based on the observations of the pilot plant test with the addition of chemicals, it shows that the turbidity parameter of 3 NTU (average, 2 repetitions) is still below the quality standard according to the clean water standard No. 416/MENKES/PER/IX/1990 and drinking water standards. No.492/MENKES/PER/IV/2010.

Keywords: Design, Conventional Water Treatment, Pilot Plant

1. PENDAHULUAN

Pembangunan yang sangat pesat, kawasan hijau berkurang, mengakibatkan daya dukung dan daya tampung lingkungan berkurang, berakibat pula pada penurunan kualitas air. Berdasarkan data PDAM Balikpapan Desember 2017, sungai yang saat ini dimanfaatkan dengan parameter kekeruhan 6 - 24 NTU.

Secara umum ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air minum, antara lain persyaratan kualitatif menggambarkan kualitas dari air minum. Parameter fisik, meliputi padatan terlarut, kekeruhan, warna, rasa, bau dan suhu. Parameter kimia, meliputi *total dissolved solids*, alkalinitas, flourida, logam, kandungan organik dan nutrien. Parameter biologi, meliputi mikroorganisme yang dianggap *pathogen* yaitu bakteri, virus, protozoa dan cacing parasit (*Helminths*) (Tri Joko, 2010).

Dalam pemanfaatannya sebagai air bersih dan air minum, untuk mendapatkan kualitas air sesuai standar baku mutu maka diperlukan pengolahan yang perancangan sesuai kriteria desain. Semakin kompleks beban pencemar maka pengolahan yang dirancang semakin beragam, sehingga akan berpengaruh dengan biaya pengolahan air.

Pada umumnya sistem pengolahan air terdiri dari sistem pengolahan air konvensional yaitu koagulasi-flokulasi,

sedimentasi, filtrasi. Namun semakin tinggi beban pencemar pada air baku maka banyak instalasi pengolahan memodifikasi pengolahan air dengan menambahkan sistem tambahan atau menggunakan standar kriteria desain yang maksimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai perancangan pengolahan air konvensional dalam uji *pilot plant*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perancangan pengolahan air konvensional dalam uji *pilot plant* yang menghasilkan air olahan sesuai standar baku mutu air minum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Unit produksi sistem penyediaan air minum berfungsi untuk mengolah air baku menjadi air minum. Untuk mencapai kualitas air yang sesuai dengan standar kualitas air minum tersebut, air baku diolah dengan proses pemisahan partikel kasar, proses pemisahan tersuspensi, proses pemisahan terlarut, proses netralisasi dan proses desinfeksi. Berikut tiga hal penting yang dapat diambil dalam pertimbangan merakit proses pengolahan yang ekonomis dan berkesinambungan, yaitu:

1. Menghilangkan zat melayang (fraksi lebih besar) dari zat-zat pengotor harus diberikan prioritas.
2. Menghilangkan fraksi konsentrasi tinggi dari zat-zat pengotor harus juga diberikan prioritas.

3. Dalam kasus dimana tidak mungkin (1) dan (2) untuk diselesaikan pada saat yang sama (sebagai contoh kehadiran fraksi-fraksi terlarut dari zat-zat pengotor pada konsentrasi tinggi) pengolahan pendahuluan untuk penyesuaian kondisi air harus diperhatikan agar sesuai dengan tujuan kita (presipitasi atau pengendapan logam-logam atau koagulasi dari fraksi koloid).

Hal ini penting sekali dalam air minum, karena dengan adanya proses pengolahan ini, maka akan diperoleh mutu yang memenuhi standar yang telah ditentukan (Tri Joko, 2010).

Menurut Totok Sutrisno (2004), Dalam proses pengolahan air ini dikenal dengan dua cara yakni:

1. Pengolahan lengkap atau *complete treatment process* yaitu air akan mengalami pengolahan lengkap, baik fisik, kimia dan bakteriologi. Pada pengolahan cara ini biasanya dilakukan terhadap air sungai yang kotor atau keruh. Pada hakekatnya pengolahan lengkap ini dibagi dalam tiga tingkatan pengolahan yaitu:
 - a. Pengolahan fisik yaitu 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.
 - b. Pengolahan kimia yaitu suatu tingkat pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya. Misalnya dengan pembubuhan kapur dalam proses pelunakan dan sebagainya.
 - c. Pengolahan bakteriologi yaitu tingkat pengolahan untuk membunuh atau memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam air minum yakni dengan

cara atau jalan membubuhkan kaporit (zat desinfektan).

2. Pengolahan sebagian atau *partial treatment process*, misalnya diadakan pengolahan kimia dan atau pengolahan bakteriologi saja. Pengolahan ini pada lazimnya dilakukan untuk mata air yang bersih dan air dari sumur yang dangkal atau dalam.

Sistem pengolahan air IPA Tirta Mahakam Samboja menurut Irna (2019) adalah dari sungai Merdeka, rumah pompa intake, pemberian bahan kimia dan pendistribusian ke fasilitas selanjutnya dengan aerator dan Water Treatment Plant (WTP) yang akan mengalami proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi.

2.1 Koagulasi

Koagulasi adalah penambahan koagulan ke dalam air baku diikuti dengan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampur antara koagulan dengan koloid. Selain partikel-partikel yang halus, di dalam air juga terdapat koloid-koloid yang bermuatan listrik yang selalu bergerak serta tidak terendapkan secara gravitasi. Oleh sebab itu digunakan suatu proses yang dapat mempermudah partikel-partikel halus atau koloid tersebut mengendap, yaitu koagulasi. Kriteria desain yang dipakai pada periode pengadukan proses koagulasi 10 – 60 detik (Tri Joko, 2010).

2.2 Flokulasi

Flokulasi secara umum disebut juga pengadukan lambat, dimana dalam flokulasi ini berlangsung proses terbentuknya penggumpalan flok-flok yang lebih besar dan akibat adanya perbedaan berat jenis terhadap air, maka flok-flok tersebut dapat dengan mudah mengendap di bak sedimentasi. Flokulasi dilakukan setelah proses koagulasi. Kriteria desain yang dipakai pada periode pengadukan proses flokulasi 10 – 20 menit (Tri Joko, 2002).

2.3 Sedimentasi

Proses sedimentasi secara umum diartikan sebagai proses pengendapan, dimana akibat gaya gravitasi, partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari berat jenis air akan mengendap ke bawah dan yang lebih kecil berat jenisnya akan mengapung. Kecepatan pengendapan partikel akan bertambah sesuai dengan pertambahan ukuran partikel dan berat jenisnya (Tri Joko, 2002).

2.4 Filtrasi

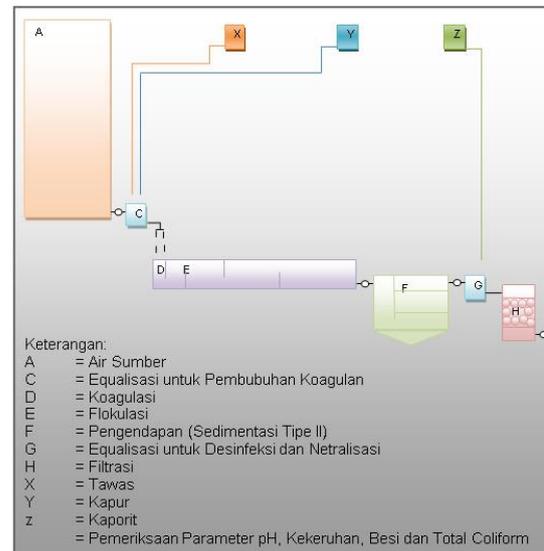
Filtrasi adalah proses penyaringan partikel yang tidak terendapkan di sedimentasi melalui media berpori. Filtrasi diperlukan untuk menyempurnakan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, bau dan Fe sehingga diperoleh air yang bersih memenuhi standar kualitas air minum. Air yang keluar dari penyaringan biasanya sudah jernih dan proses tersebut merupakan proses akhir dari seluruh proses pengolahan dan penjernihan air. Filter dibedakan menjadi dua macam yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat (Joko Tri, 2010).

3. METODE PENELITIAN

Uji *pilot plant* meliputi:

1. Bahan dan alat yang digunakan uji *pilot plant* terdiri dari sampel air baku Sungai, larutan tawas 0,40 % (1% = 10.000 mg/L), larutan kapur 0,40 %, larutan kaporit 0,10 %, dari drum plastik 100 L, rak bertingkat.
2. Peralatan yang digunakan uji *pilot plant* terdiri dari *pilot plant* meliputi tempat untuk proses (equalisasi, bahan kimia tawas, kapur, kaporit, koagulasi – flokulasi, pengendap, filtrasi), selang, keran, pasir silika 5 mm.
3. Dialirkan air baku yang ditampung dalam drum plastik 100 L menuju *pilot plant*.
4. Di injeksi bahan kimia tawas dan kapur sebelum proses koagulasi – flokulasi dan injeksi bahan kimia kaporit sebelum proses filtrasi.

5. Hasil air olahan diperiksa penurunan parameter kekeruhan sesuai standar air bersih No.416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar air minum No.492/MENKES/PER/IV/2010.



Gambar 1 *Pilot Plant* Pengolahan Air Konvensional

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Menurut Ali masduqi dan Agus slamet (2002), perhitungan bak koagulasi - flokulasi:

1. Perencanaan
Kebutuhan air bersih per orang di Indonesia rata-rata = 150 L/hari
Debit = $0,18 \times 10^{-2}$ L/det
Kecepatan inlet dan outlet = 0,60 m/det
Perbandingan bak koagulasi, H (tinggi) : L (lebar) : P (panjang) = 1,30 : 1 : 1
Tipe pengadukan menggunakan energi hidrolis.
2. Koagulasi
 - a. Kriteria desain
 - 1) Waktu detensi = 10 – 60 detik
 - b. Dimensi bak
 - 1) $V = Q \times td$
Keterangan:
td = Waktu tinggal (jam)
V = Volume (m^3)
Q = Debit (m^3 /det)

$$V = 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \times 60 \text{ det} = 1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$2) V = P \times L \times H$$

Keterangan:

P = Panjang bak (m)

L = Lebar bak (m)

H = Tinggi bak (m)

$V = P \times L \times H$

$$1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = L \times L \times 1,30 \text{ L}$$

$$L^3 = \frac{1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{1,30}$$

$$L = \sqrt[3]{8,31 \times 10^{-5} \text{ m}^3}$$

$$= 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

$$P = 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

$$H = 1,30 \text{ L}$$

$$H = 1,30 \times 0,04$$

$$= 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

3. Flokulasi

a. Kriteria desain

$$1) \text{ Waktu detensi} = 10 - 20 \text{ menit}$$

b. Dimensi bak

Pada pengadukan lambat, energi hidrolik yang diharapkan cukup kecil. Jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan lambat adalah *baffle channel*. Dengan total waktu 120 det + 180 det + 240 det + 300 det = 840 det = 14 menit.

1) Bak pertama

$$a) V = Q \times td \\ V = 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \times 120 \text{ det} = 2,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$b) V = P \times L \times H$$

$$P = \frac{V}{L \times H}$$

$$P = \frac{2,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{(0,04 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m})} = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

2) Bak kedua

$$a) V = Q \times td \\ V = 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \times 180 \text{ det} = 3,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$b) P = \frac{V}{L \times H}$$

$$P = \frac{3,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{(0,04 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m})} = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

3) Bak ketiga

$$a) V = Q \times td \\ V = 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \times 240 \text{ det} = 4,32 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$b) P = \frac{V}{L \times H}$$

$$P = \frac{4,32 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{(0,04 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m})} = 0,22 \text{ m} = 22 \text{ cm}$$

4) Bak ke-empat

$$a) V = Q \times td \\ V = 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \times 300 \text{ det} = 5,40 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$b) P = \frac{V}{L \times H}$$

$$P = \frac{5,40 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{(0,04 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m})} = 0,27 \text{ m} = 27 \text{ cm}$$

Menurut Tri Joko (2010), perhitungan bak pengendapan (sedimentasi tipe II):

1. Kriteria desain

$$a. \text{ Waktu detensi} = 1 - 2 \text{ jam}$$

2. Perencanaan

$$\text{Beban permukaan} = 0,13 \text{ m/jam}$$

$$\text{Perbandingan bak, L (lebar) : P (panjang)} = 1 : 2$$

3. Zona pengendapan

a. Luas pengendapan

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

Keterangan:

A = Luas pengendapan (m^2)

Q = Debit (m^3/det)

V_o = Beban permukaan (m/det)

$$A = \frac{0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}}{3,61 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{det}} = 0,05 \text{ m}^2$$

b. Dimensi zona

$$1) A = P \times L$$

$$A = 2L \times L$$

$$A = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{0,05 \text{ m}^2}{2}$$

$$L = \sqrt{2,50 \times 10^{-2}} = 0,16 \text{ m}$$

$$= 16 \text{ cm} \quad ; H = 13 \text{ cm}$$

$$2) P = 2L$$

$$P = 2 \times 0,16 \text{ m} = 0,32 \text{ m}$$

$$= 32 \text{ cm}$$

c. Cek waktu tinggal

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

Keterangan:

td = Waktu tinggal (jam)

V = Volume (m^3)

$$td = \frac{P \times L \times H}{Q}$$

$$td = \frac{(0,32 \text{ m}) \times (0,16 \text{ m}) \times (0,13 \text{ m})}{0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}} =$$

$$3697 \text{ det} = 1 \text{ jam}$$

Menurut Tri Joko (2010), perhitungan bak filtrasi:

1. Perencanaan

Perbandingan bak, L (lebar) : P (panjang) = 1 : 2

Kecepatan filtrasi = 5 m/jam

2. Dimensi bak

a. Jumlah bak

$$n = 12 \times Q^{0,50}$$

Keterangan:

n = Jumlah bak (buah)

Q = Debit (m^3/det)

$$n = 12 \times Q^{0,50}$$

$$n = 12 \times (0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det})^{0,50}$$

$$= 0,02 = 1 \text{ buah}$$

Ditambah 1 bak cadangan, sehingga jumlah bak yang beroperasi 2 buah.

b. Luas tiap unit filter

$$A_f = Q_f/v_f$$

Keterangan:

A_f = Luas filter (m^2)

Q_f = Debit filter (m^3/det)

v_f = Kecepatan filtrasi (m/jam)

$$1) Q_f = \frac{1}{2} \times Q$$

$$Q_f = \frac{1}{2} \times 0,18 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 0,09 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$2) A_f = \frac{0,09 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}}{5 \text{ m/jam}} \times 3600$$

$$= 6,48 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$3) A = P \times L$$

$$A = 2L \times L$$

$$A = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{6,48 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{2}$$

$$L = \sqrt{3,24 \times 10^{-4}} = 0,02 \text{ m}$$

$$= 2 \text{ cm} ; H = 13 \text{ cm}$$

$$4) P = 2L$$

$$P = 2 \times 0,02 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

$$= 4 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil pengamatan uji *pilot plant* dengan penambahan bahan kimia yaitu setelah proses filtrasi menunjukkan parameter kekeruhan 3 NTU (rata-rata, 2 kali pengulangan) masih dibawah standar baku mutu sesuai standar air bersih No.416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar air minum No.492/MENKES/PER/IV/2010.

4.2 Pembahasan

Pengadukan cepat yang memadai berhasilnya koagulasi berdasarkan kepada kecepatan dan sempurnanya pengadukan. Koagulasi yang kuat berlangsung kurang dari 1 detik. Bak harus dirancang untuk waktu tinggal sampai 60 detik. Pengadukan harus cukup turbulen sehingga koagulan akan terdispersi ke seluruh cairan di dalam bak secara cepat dan merata. Keadaan demikian dipertahankan selama 1/10 detik pertama. Koagulan harus tercampur secara seksama dengan setiap tetes air untuk memulai pembentukan flok yang efisien.

Flokulasi yang memadai membutuhkan pengadukan lambat yang panjang. Energi pengadukan harus cukup tinggi untuk membawa partikel terdestabilisasi saling kontak satu dengan yang lainnya secara terus menerus. Pengadukan jangan terlalu tinggi karena bisa memecahkan kembali flok yang sudah terbentuk. Kenampakan dari flok terdestabilisasi dan terflokulasi

akan nampak seperti serpihan salju atau lebaran suspensi wool dalam air yang sangat jernih.

Pengendapan (sedimentasi tipe II), dimensinya lebar bak lebih besar dan panjang bak lebih kecil dari pengendapan pertama dikarenakan jenis partikel pada bak pengendapan berubah menjadi lebih besar (hasil dari proses pembentukan pada koagulasi – flokulasi) berbeda dengan pengendapan pertama karena pada proses ini belum tercampur oleh bahan kimia sehingga partikelnya tidak berubah bentuk. Dikarenakan pengendapan lebar bak lebih besar dan panjang bak lebih kecil dari pengendapan pertama, maka gerak partikel imbang yaitu menyebar pada seluruh bagian bak pengendap maka

Sesudah proses pengendapan terdapat bak equalisasi sebelum masuk pada bak filtrasi, tujuannya untuk mencampurkan air dengan larutan desinfeksi.

5. KESIMPULAN

Perancangan bak koagulasi dengan kecepatan inlet dan outlet 0,60 m/det, perbandingan bak koagulasi 1,30 (tinggi) : 1 (lebar) : 1 (panjang), tipe pengadukan menggunakan energi hidrolis, waktu detensi 60 detik. Perancangan pada pengadukan lambat, energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil, jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan lambat adalah *baffle channel*, dengan total waktu 120 detik + 180 detik + 240 detik + 300 detik = 840 detik = 14 menit. Perancangan bak pengendapan, waktu detensi 1 jam, beban permukaan 0,13 m/jam, perbandingan bak, 1 (lebar) : 2 (panjang). Perancangan bak filtrasi, perbandingan bak, 1 (lebar) : 2 (panjang), kecepatan filtrasi 5 m/jam. Berdasarkan hasil pengamatan uji *pilot plant* dengan penambahan bahan kimia yaitu menunjukkan parameter kekeruhan 3 NTU (rata-rata, 2 kali pengulangan) masih dibawah standar baku mutu sesuai standar air bersih No.416/MENKES/PER/IX/1990

dan standar air minum No.492/MENKES/PER/IV/2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Irna Hendriyani, Marthena Kencanawati, Agus Nur Salam. Analisis Kebutuhan Air Bersih IPA PDAM Samboja Kutai Kartanegara. Jurnal Media Ilmiah Teknik Sipil Volume 7 Nomor 2 Juni 2019 Hal. 87-97. Link <http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/mits/article/view/841>
- Joko Tri, 2010, *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Joko Tri, 2010, *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Masduqi Ali dan Slamet Agus, 2002, *Satuan Operasi*, Surabaya: ITS.
- Mulya Widya, 2015, Kajian Penggunaan Dosis Efektif Bahan Kimia (Tawas, Kapur, Kaporit) dalam Pengolahan Air, *Jurnal Identifikasi*, Vol. 1, No. 1, Hal. 26-31. Link: <https://jurnal.d4k3.uniba-bpn.ac.id/index.php/identifikasi/article/view/56>
- Sutrisno Totok, 2004, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Jakarta: Rineka Cipta.