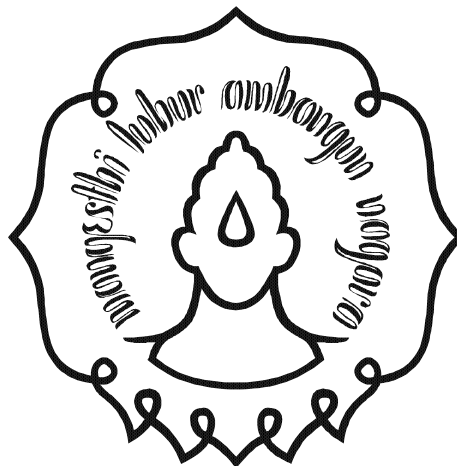


**Perbandingan biaya penggunaan koagulan alum dan pac di ipa  
jurug  
Pdam surakarta**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Program D-III Teknik Sipil - Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta**



**Dikerjakan oleh :**

**Bambang Sugiarto  
NIM: I 8704020**

**PROGRAM D-III TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2007**

**PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN KOAGULAN  
ALUM DAN PAC DI IPA JURUG  
PDAM SURAKARTA**



Dikerjakan oleh :

**BAMBANG SUGIARTO**

**NIM. I 8704020**

Diperiksa dan disetujui oleh :

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan tim penguji pendadaran  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan  
Dosen Pembimbing

**Ir. SOLICHIN, MT**  
**NIP. 131 791 748**

**PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN KOAGULAN  
ALUM DAN PAC DI IPA JURUG  
PDAM SURAKARTA**

**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :

**BAMBANG SUGIARTO**  
**NIM: I 8704020**

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Pendaran Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima guna memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya.

Pada hari : Rabu  
Tanggal : 08 Agustus 2007

Tim Penguji Pendaran :

**Ketua : Ir. SOLICHIN, MT.** (.....)  
**NIP. 131 791 748**

**Anggota : Ir. BUDI UTOMO, MT.** (.....)  
**NIP. 131 658 552**

**Anggota : Ir. SITI QOMARIYAH, MSc.** (.....)  
**NIP. 110 033 822**

Disahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS

Disahkan,  
Ketua Program D-III Teknik  
Jurusan Teknik Sipil FT UNS

**Ir. BAMBANG SANTOSA, MT.**  
**NIP. 131 568 291**

**Ir. SLAMET PRAYITNO, MT.**  
**NIP. 131 568 282**

Mengetahui,  
a. n. Dekan  
Pembantu Dekan I  
Fakultas Teknik UNS

**Ir. NOEGROHO DJARWANTI, MT.**  
**NIP. 131 415 237**

## MOTTO

- ◇ "Hidup adalah rintangan yang indah yang diberikan kepada Allah SWT, yang harus kita jalani dengan tawakal dan sabar"
- ◇ "Awali segala sesuatu dengan bacaan Basmallah dan akhiri dengan bacaan Hamdallah"
- ◇ "Belajarliah ilmu karena belajar itu khasanah, mencari ilmu itu ibadah, mengingatnya sama dengan tasbih, menyelidikinya sama dengan jihad, mengajarkannya kepada yang tidak mengetahui sama dengan sedekah, memberikannya kepada yang berhak (ahli) itu taqqarab (mendekatkan diri dengan Allah SWT), sebab ilmu itu jalan untuk mencapai tingkat ke surga" (Mu'adz bin Jabal)
- ◇ "Dan barang siapa yang taat kepada Allah SWT, dan Rasulnya dan takut kepada Allah SWT dan bertaqwa kepada-Nya, maka mereka adalah orang-orang yang mendapat kemenangan" (Q.S An-Nur : 52)
- ◇ "Ada dua kenikmatan yang kebanyakan manusia melalaikan keduanya : nikmat kesehatan dan waktu luang". (HR. Bukhari)
- ◇ "Jadilah diri sendiri. Milikilah visi, harapan optimisme, tujuan dan prinsip hidup. Anda akan menjadi sosok yang dipotret oleh visi anda". (Peter Nivio Zarlenga).
- ◇ "..Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.....". (Al-Quran Surat Ar Radd : 11).

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah...

Tiada daya dan upaya kecuali

Dengan mengucap syukur kepada **Allah SWT**

Dengan izin-Mu, kupersembahkan karya ini pada :

1. **Bapak dan Ibu ku** tersayang atas segenap kasih sayang, pengorbanan serta dukungan baik moril maupun materiil dan kesabarannya mendidikku
2. **Sodara-sadara ku, Maz Trimo dan Nopi** yang selalu ada dalam memberiku semangat menjalani hidup ini
3. **Yang Tercinta yang selalu ada** di dekat ku menemani dalam suka duka
4. **Keluarga besar "Marto Sarimo"** terutama lek ku sing cilik dewe
5. **Temen-temen nongkrong dab&schatzi** yang selalu ngangenin
6. **Temen-temen infra '04** ku kan selalu mencari kalian

## ABSTRAK

**Bambang Sugiarto, 2007, *Perbandingan Biaya Penggunaan Koagulan Alum dan PAC di IPA Jurug PDAM Surakarta*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.**

Koagulan adalah zat kimia, yang secara umum berfungsi mengurangi kekeruhan, warna, rasa dan bau atau koagulan merupakan sebagai bahan penjernih air kotor. Tujuan peneliti ini adalah untuk membandingkan biaya penggunaan koagulan antara alum dan PAC di IPA Jurug tanpa menyampingkan kualitas air setelah penjernihan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan hasil yang menunjukkan hubungan antara variable yang ada. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan percobaan jartest di laboratorium IPA Jurug terhadap contoh air baku air sungai Bengawan Solo untuk menentukan dosis optimum bahan koagulan.

Dosis optimum pemakaian koagulan dengan pedoman Kep Menkes 907/2002 yang juga dipakai PDAM Surakarta sebagai syarat air bersih hasil olahan IPA Jurug, yaitu untuk kekeruhan < 5 NTU dan pH yang dihasilkan antara 6,5-8,5. Jartest menghasilkan dosis optimum koagulan alum sebesar 40 ppm dengan kekeruhan 4,99 NTU mengandung pH 6,9 dan koagulan PAC sebesar 10 ppm dengan kekeruhan 3,89 NTU mengandung pH 7,4. Perhitungan pemakaian koagulan setiap m<sup>3</sup> air baku yang diolah IPA Jurug, dengan koagulan PAC menghemat biaya sebesar Rp. 10,- serta dengan PAC kualitas air yang dihasilkan baik.

Kata-kata kunci : koagulan, dosis, jartest

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan biaya penggunaan koagulan Alum dan PAC di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug PDAM Surakarta. Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak maka rasanya sulit menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Solichin, MT. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Budi Utomo, MT. selaku dosen penguji.
3. Ibu Ir. Siti Qomariyah, MT. selaku dosen penguji.
4. Bapak Cahyono Ikhsan St., MT. Selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak Ir. Muchlis, selaku Pembimbing di lapangan.
6. Bapak Tri Atmojo SM, ST. selaku kepala bagian teknik di IPA Jurug.
7. Bapak Giyoto, SPd. selaku pengamat Laboratorium.
8. Rekan-rekan se-tim dalam kerja praktek terutama maz fai.
9. Teman-teman seperjuangan D3 Infrastruktur Perkotaan angkatan 2004.
10. Seluruh keluarga besar, khususnya Bapak dan Ibu tercinta.
11. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surakarta, Juli 2007

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. IPA Jurug .....	5
2.2. Pengertian Air .....	8
2.3. Sumber-sumber Air.....	9
2.3.1. Air Hujan.....	9
2.3.2. Air Permukaan .....	10
2.3.3. Mata Air .....	10
2.3.4. Air Tanah .....	11
2.4. Penggolongan Air .....	11



2.4.1. Menurut Per Pres No. 20/1990.....	11
2.4.2. Menurut Per Men Kes RI No. 416/MenkesPer/ix/90.....	11
2.5. Zat Koloid dan Zat Tersuspensi .....	12
2.6. Koagulasi .....	14
2.7. Koagulan .....	15
2.8. Aluminium Sulfat.....	17
2.9. PAC .....	18
2.10. Jar Test .....	19
2.10.1. Pengertian .....	19
2.10.2. Peralatan.....	20
2.10.3. Prosedur .....	20
2.10.4. Penentuan Dosis Alum Optimum .....	21
2.10.5. Perhitungan Biaya Penggunaan Koagulan.....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	23
3.1. Jenis Penelitian.....	23
3.2. Variabel Penelitian .....	23
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	23
3.3.1. Teknik Persiapan.....	23
3.3.2. Tahap Pengumpulan Data .....	24
3.3.3. Tahap Pembuatan Larutan Koagulan .....	24
3.3.4. Tahap Pengujian.....	24
3.3.5. Tahap Analisis Data .....	24
3.3.6. Tahap Pengambilan Keputusan.....	25
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Pengujian Jar Tast .....	26
4.2. Langkah Pengujian Jar Tast .....	26
4.3. Hasil Pengujian Jar Test.....	26
4.4. Perhitungan Biaya Penggunaan Koagulan .....	29
4.4.1. Alum Sulfat .....	29
4.4.2. PAC .....	29

4.5. Keunggulan Dan Kekurangan PAC Dibanding Alum Sulfat.....	30
	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	32
5.1. Kesimpulan .....	32
5.2. Saran.....	
	xiv
PENUTUP.....	xv
DAFTAR PUSTAKA .....	xvi
LAMPIRAN.....	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Ukuran Partikel dengan Kecepatan Pengendapan .....	12
Tabel 2.2.	Jenis Koagulan .....	16
Tabel 2.3.	Karakteristik Koagulan Aluminium.....	17
Tabel 4.1.	Data Hasil Penelitian Jar Test dengan Koagulan Alum.....	27
Tabel 4.2.	Data Hasil Penelitian Jar Test dengan Koagulan PAC .....	27
Tabel 4.3.	Data Hasil Penelitian Jar Test dengan Koagulan PAC .....	28

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Skema Sistem Pengolahan Air Sungai Bengawan Solo .....	7
Gambar 3.1	Bagan Alir Tahap-Tahap Penelitian .....	25

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Suatu sistem penyediaan air yang mampu menyediakan air dan dapat diminum dalam jumlah yang cukup merupakan hal penting bagi suatu kota besar yang modern. Dalam pengembangan penyediaan air bagi masyarakat, sumber-sumber air dicari untuk diolah yang salah satu sumber air tersebut adalah air permukaan.

Keberadaan air tidak lepas dari siklus hidrologi. Dengan adanya siklus tersebut maka air akan bersentuhan dengan senyawa sehingga air terkontaminasi dengan bahan lain. Jadi tidak ada air yang benar-benar murni. Pertumbuhan penduduk yang begitu pesat telah meningkatkan aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan disegala sektor. Peningkatan ini mengakibatkan peningkatan intensitas pencemaran terhadap sumber daya air yang tersedia. Ditambah lagi perubahan teknologi baru yang dapat mencemari lingkungan seperti detergen, pupuk, pestisida dan lain-lain. Semakin menambah rusak sumber daya air permukaan yang tersedia.

Air sangat dibutuhkan oleh manusia, hewan dan tumbuhan untuk keperluan hidupnya. Air adalah sumber kehidupan yang sangat penting di bumi. Begitu pentingnya peranan air bagi manusia, membuat pengadaannya harus memenuhi beberapa syarat diantaranya sehat, bersih dan berkelanjutan. Ketiga syarat tersebut merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi bagi instansi penyedia jasa layanan air bersih seperti Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Dalam penyediaan air bagi masyarakat sesuai dengan kualitas yang aman diminum dan kuantitas yang cukup untuk kehidupan, PDAM Surakarta sebagai perusahaan yang ditunjuk pemerintah Dati II Surakarta salah satunya memilih Air Permukaan dari Sungai Bengawan Solo sebagai sumber penyediaanya, dengan instalasi pengolahan air (IPA) yang berada di Jurug.

Penyediaan air bersih harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang persyaratan dan pengawasan kualitas air. Untuk mencapai standar kualitas yang ada, air baku harus diproses dan diolah sesuai dengan karakteristik air tersebut.

Banyak cara-cara pengolahan yang dapat diterapkan dalam mengolah sumber-sumber air khususnya sumber air permukaan. Dalam pengolahan air permukaan, salah satunya adalah proses kimia (chemical proces) yang berupa koagulasi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan berkenaan dengan proses koagulasi adalah pengetahuan teori koagulasi, jenis koagulan, jenis partikel dan kualitas air baku. Jenis koagulan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam proses koagulasi. Jenis koagulan tersebut antara lain alum ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ), Poly Alumunium Clorida (PAC), TOPAC, biji kelor dan masih banyak lagi jenis koagulan yang biasa digunakan, tetapi jenis koagulan yang sering digunakan adalah alum sulfat sering disebut “alum” ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ). Seiring perkembangan zaman dan berkembangannya IPTEK yang menuntut serba mudah, cepat, efektif dan ekonomis maka penggunaan jenis koagulan Poly Alumunium Clorida (PAC) diharapkan dapat menggantikan koagulan alum ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) tentunya terlebih dahulu dengan penelitian dan uji percobaan dalam penggunaannya.

Dengan pengetahuan tentang proses secara kimia khususnya koagulasi dengan jenis koagulan alum ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) dan PAC diharapkan proses dapat dikendalikan dan mencapai target yang diinginkan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan dan dengan pertimbangan agar terarah pada penyelesaian masalah, maka rumusan masalah yang telah dibuat adalah :

“Seberapa besar biaya penggunaan koagulan alum sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) dan PAC di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug PDAM Surakarta”.

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk mempermudah pembahasan maka penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengujian koagulan diuji dengan percobaan Jar Test. Dengan jenis koagulan :
  - a) Alum Sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) berupa bubuk dengan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17 % dari PT. Aktif Indonesia Indah Surabaya.
  - b) PAC berupa bubuk dengan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10 % dari PT. Megatama Putra Semarang.
2. Koagulan yang digunakan dalam pengujian jar test diencerkan menjadi larutan koagulan dengan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  1 %.
3. Harga koagulan Alum Sulfat dan koagulan PAC per kg (harga berdasarkan penawaran di pasaran yang berlaku pada bulan Mei 2007).

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan dalam perumusan masalah, yaitu :

”Mengetahui besar biaya penggunaan koagulan alum sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) dan PAC di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug PDAM Surakarta”.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dalam rangka meningkatkan pengetahuan dan manfaat praktis dalam memecahkan masalah.

#### **1. Manfaat Teoritis**

Hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang proses pengolahan air permukaan, khususnya dalam proses kimia mengenai besar biaya penggunaan koagulan alum sulfat dan PAC di IPA Jurug PDAM Surakarta.

## **2. Manfaat Praktis**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat praktis sebagai berikut :

- a. Digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi operator di IPA Jurug dalam menentukan dosis optimum penggunaan bahan koagulan.
- b. Memberikan bahan kajian kepada peneliti lain mengenai besar biaya penggunaan koagulan alum sulfat dan PAC pada instalasi pengolahan air untuk dikembangkan lebih lanjut.
- c. Memberikan bahan kajian kepada pembaca mengenai biaya penggunaan koagulan alum sulfat dan PAC pada instalasi pengolahan air.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug**

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug, salah satu IPA PDAM Kota Surakarta, merupakan instalasi pengolahan air permukaan dengan memanfaatkan air sungai Bengawan Solo. IPA Jurug mengolah air tersebut menjadi air bersih guna memenuhi kebutuhan air di Kota Surakarta pada umumnya dan khususnya daerah sekitar instalasi pengolahan air, yaitu daerah sekitar Kecamatan Jebres. Pembangunan IPA permukaan di sungai Bengawan Solo merupakan pembangunan IPA pertama yang dimiliki Perusahaan Air Minum (PDAM) Surakarta. IPA Jurug ini terletak tepat di belakang Taman Jurug yang berada di tepi sungai Bengawan Solo.

Debit air baku yang diolah IPA Jurug sudah mencapai debit rencana maksimum yaitu 100 liter/detik. Sehingga IPA Jurug ini diharapkan dapat membantu IPA lainnya yang dimiliki PDAM Surakarta dalam pemenuhan kebutuhan akan air bersih Kota Surakarta.

Secara garis besar sistem pengolahan pada IPA Jurug terdiri dari beberapa tahapan, antara lain :

1. Intake

Intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk dari sungai, danau atau sumber air permukaan lainnya ke instalasi pengolahan.

2. Pra Sedimentasi

Pra Sedimentasi adalah bangunan yang difungsikan sebagai pengendapan secara alami tanpa penggunaan bahan kimia.

3. Koagulasi

Koagulasi adalah suatu proses dimana zat kimia seperti garam Fe dan Al, ditambahkan ke dalam air untuk merubah bentuk zat-zat kotoran.

4. Flokulasi

Flokulasi adalah suatu proses pengumpulan partikel-partikel terdestabilisasi yang bertumbukan membentuk agregat sehingga terbentuk flok dengan ukuran yang memungkinkan dapat dipisahkan oleh sedimentasi dan filtrasi.

5. Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses penjernihan air, dimana air yang akan diolah berada pada suatu tangki / bak pada periode waktu yang dipertimbangkan dimaksudkan agar terjadi pengendapan.

6. Filtrasi

Filtrasi dalam sistem pengolahan air bersih adalah proses penghilangan partikel-partikel / flok-flok halus yang lolos dari unit sedimentasi, dimana partikel-partikel / flok-flok tersebut akan tertahan pada media penyaring selama air melewati media tersebut.

7. Reservoir

Reservoir adalah bangunan yang difungsikan sebagai tampungan air hasil olahan, sebelum masuk ke sambungan rumah (SR).

Tahapan-tahapan tersebut dapat dibuat skema sistem pengolahan air sungai Bengawan Solo, seperti terlihat pada Gambar 2.1. Setelah air baku mengalami proses pengolahan tersebut, air baku yang di ambil dari sungai Bengawan Solo diharapkan bisa dimanfaatkan untuk menambah pemenuhan kebutuhan air bersih di Kota Surakarta.

## 2.2. Pengertian Air

Air merupakan kebutuhan dasar manusia, air dibutuhkan manusia untuk kelangsungan hidup. Semakin banyak jumlah penduduk, pemanfaatan sumber daya air semakin meningkat. Eksploitasi sumber-sumber air yang berlebih tetapi tidak diimbangi dengan perawatan terhadap sumber air akan mengakibatkan kelangkaan air. Hal ini diperparah lagi dengan ulah manusia yang tidak bertanggung jawab, melakukan penebangan pohon tanpa mempedulikan penghijauannya, pembangunan betonisasi yang mengurangi resapan air tanah, pembuangan sampah dan limbah industri ke sungai-sungai, akibatnya dewasa ini sumber air baku air bersih menjadi sangat langka.

Penyediaan air bersih selain kuantitas, kualitas juga harus memenuhi syarat baku mutu air. Untuk itu, Perusahaan air minum selalu memeriksa kualitas air hasil pengolahan sebelum didistribusikan kepada pelanggan.

Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan yang dapat diminum (Heriyanti Ibnu, 1997). KEPMENKES RI No 17 / MENKES / VII / 2002, mengartikan air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Standar kualitas air minum yang digunakan diatur oleh Pemerintah melalui PERMENKES No 416 / MENKES / PER / IX / 1990 antara lain :

1. Tidak berbau dan tidak berasa.
2. Kekeruhan tidak lebih dari skala 5 NTU.
3. pH antara 6,5-8,5.
4. Besi sebagai Fe 0,3 mg/lt.
5. Mangan sebagai Mn 0,1 mg/lt.
6. Zat organik sebagai KMnO<sub>4</sub> 10 mg/lt.
7. Bebas bakteri indikator penyakit yang disebarkan.

Demi pemenuhan kebutuhan air bersih, dicari sumber-sumber air untuk diolah. Salah satunya sumber air dari air permukaan (sungai). Sebelum air permukaan dijadikan sumber pengolahan air bersih, terlebih dulu air diperiksa secara fisika dan kimia untuk mengetahui kualitas dan kuantitas air tersebut. Selanjutnya dapat ditentukan metode pengolahan dan perencanaan instalasi pengolahan yang tepat.

### **2.3. Sumber-sumber Air**

Dalam memilih sumber air baku, persyaratan utama adalah harus diperhatikan kualitas, kuantitas, kontinuitas dan biaya yang murah dalam proses pengambilan sampai pada proses pengolahannya. Beberapa sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih dikelompokkan sebagai berikut :

#### **2.3.1. Air Hujan**

Air hujan disebut juga dengan air angkasa. Beberapa sifat kualitas dari air hujan adalah sebagai berikut :

1. Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
2. Umumnya bersifat lebih bersih.
3. Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  agresif, ataupun  $\text{SO}_2$ . Adanya  $\text{SO}_2$  yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam.

Dari segi kuantitas air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga air hujan tidak mencukupi untuk persediaan air bersih, karena jumlahnya fluktuatif. Begitu pula jika dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat digunakan secara terus-menerus, karena tergantung pada musim. Pada musim kemarau air akan habis karena tidak ada penambahan air.

### **2.3.2. Air Permukaan**

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber penyediaan air bersih adalah :

1. Air waduk (berasal dari air hujan dan air sungai).
2. Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air).
3. Air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air).

Pada umumnya air permukaan telah terkontaminasi oleh zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh masyarakat. Menurut *Martin Darmasetiawan, 2001* karakteristik air permukaan yang ada di Indonesia secara umum dapat digolongkan menjadi :

1. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan tinggi.
2. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan rendah sampai sedang.
3. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang temporer.
4. Air permukaan dengan kandungan warna sedang sampai tinggi.
5. Air permukaan dengan tingkat kesadahan tinggi.
6. Air permukaan dengan tingkat kesadahan rendah.

### **2.3.3. Mata Air**

Pada umumnya mata air dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu mata air karang (*rock spring*) dan mata air tanah (*earth spring*), bergantung pada letak sumber airnya. Dalam segi kualitas, mata air sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Sedangkan jika dilihat dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu.

### **2.3.4. Air Tanah**

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melewati lapisan-lapisan tanah. Secara praktis air tanah bebas dari polutan, karena berada di bawah permukaan tanah. Tetapi tidak menutup kemungkinan air tanah dapat tercemar oleh zat-zat seperti Fe, Mn dan kesadahan yang terbawa oleh aliran permukaan tanah. (Heriyanti Ibnu, 1997)

## **2.4. Penggolongan Air**

### **2.4.1. Penggolongan air menurut Peraturan Presiden No. 20 / 1990 :**

Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Golongan B : Air yang digunakan sebagai air baku air minum.

Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.

Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan pembangkit tenaga listrik.

### **2.4.2. Penggolongan air menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 / MENKESPER / IX / 90 :**

1. Air adalah air minum, air bersih, air kolam renang dan air pemandian umum.
2. Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
3. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.
4. Air kolam renang adalah air didalam kolam renang yang digunakan untuk olahraga renang dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.

5. Air pemandian umum adalah air yang digunakan pada tempat pemandian bagi umum, tidak termasuk pemandian untuk pengobatan tradisional dan kolam renang, yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.

## 2.5. Zat Koloid dan Zat Suspensi

Partikel-partikel yang berukuran besar dalam air dapat dihilangkan dengan pengendapan atau sedimentasi. Namun partikel-partikel yang berukuran kecil dan halus tidak dapat dihilangkan dengan cara sedimentasi. Partikel yang halus ini disebut dengan koloid. Koloid dalam air berasal dari alam atau limbah, umumnya bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena air alam banyak mengandung senyawa organik atau anorganik yang bermuatan negatif.

Ukuran partikel-partikel dan waktu mengendap partikel tersebut dalam jarak 1 meter dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1. Ukuran Partikel Dan Waktu Mengendapan

No.	Jenis Partikel	Ukuran (mm)	Waktu mengendap dalam jarak 1 m
1.	Kerikil	10	1 detik
2.	Pasir Kasar	1	10 detik
3.	Pasir Halus	0.1	25 detik
4.	Lumpur	0.01	108 menit
5.	Bakteri	0.001	180 hari
6.	Material Koloid	0.0001	755 hari

Sumber : Aprilia Susanti, 2007

Koloid sulit diendapkan karena larutan koloid merupakan larutan yang stabil. Hal ini ditunjukkan dengan massa koloid yang sangat ringan sehingga sulit untuk mengendap. Partikel koloid juga tidak dapat menyatu antara koloid satu dengan yang lain karena muatannya yang sejenis. Muatan negatif dan sejenis ini akan menimbulkan gaya tolak menolak yang disebut dengan repulsi elektrostatik.

Padatan terdispersi yang berada dalam air permukaan dan air limbah merupakan materi tersuspensi yang tidak dapat mengendap dan memiliki ukuran partikel  $10^7-10^{-1}$  mm. Karena koloid memiliki ukuran partikel  $10^{-6}-10^{-3}$  mm, maka sebagian besar materi tak terendapkan merupakan partikel koloid.

Semua zat yang ada di dalam air terdiri dari beberapa macam komponen misalnya organik atau anorganik. Komponen ini beraneka ragam termasuk partikel dari erosi tanah, sisa tanaman, hidroksida logam hasil proses oksidasi, plankton, bakteri maupun virus. Yang merupakan tantangan utama proses pengolahan yaitu dapat merubah jenis dan komposisi zat-zat tersebut yang dilakukan dalam waktu cepat. Sangat sulit menghilangkan alga dan bakteri dari dalam air karena ukuran maupun sifat-sifatnya yang spesifik menyulitkan dalam proses pemisahan. Di dalam air permukaan terdapat partikel-partikel dengan ukuran yang berbeda, antara lain :

1. Zat terlarut mempunyai ukuran butir diameter  $< 1\mu\text{m}$  ( $<10^{-9}$ ) dengan fasa homogen. Contohnya molekul dan ion.
2. Koloid mempunyai ukuran butir diameter  $1\mu\text{m}-1\mu\text{m}$  ( $<10^{-6}$ ) dengan fasa homogen-heterogen.

Zat tersuspensi/terdispersi mempunyai ukuran lebih besar dari  $1\mu\text{m}$ , dengan fasa homogen. Contoh koloid yang terdapat dalam air permukaan adalah : zat humus, tanah liat, silika dan virus. Sedang yang tergolong dalam zat tersuspensi adalah bakteri, alga, lumpur, pasir dan sisa kotoran organik.

Koloid memiliki luas permukaan per unit volum partikel yang sangat besar, maka koloid cenderung menyerap substansi-substansi seperti molekul air dan ion-ion. Selain itu koloid juga akan bermuatan elektrostatik tergantung lingkungannya.

Ada 2 jenis partikel koloid di dalam air :

1. Koloid Hidrofilik
  - a. Mudah terdispersi dalam air.
  - b. Kestabilannya terutama disebabkan oleh affinitas yang besar terhadap air, dibandingkan muatan yang dimilikinya.
2. Koloid Hidrofobik



- a. Tidak beraffinitas terhadap air.
- b. Kestabilannya karena muatan yang dimilikinya muatan koloid ini diperoleh dengan adsorpsi ion-ion positif dari air.

## 2.6. Koagulasi

Koagulasi adalah proses pencampuran bahan kimia(koagulan) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen. Tujuan utama koagulasi adalah pencampuran koagulan secara lebih merata/homogen. Unit proses yang terlibat dalam proses koagulasi adalah penambahan koagulan kimia ke dalam air baku yang mengandung koloid. Penambahan koagulan akan mengakibatkan destabilisasi, dimana flok yang dalam keadaan stabil menjadi tidak stabil akibat penambahan koagulan tersebut sehingga flok mudah mengendap. Waktu yang terjadi dalam proses koagulasi sangat cepat dan umumnya dalam hitungan detik. Mekanisme pembentukan flok sebagai berikut :

Destabilisasi partikel koloid → koagulasi  
Pembentukan mikroflok → koagulasi  
Penggabungan mikroflok → flokulasi  
Pembentukan makroflok → flokulasi

Pada prinsipnya ada 2 aspek yang penting di dalam koagulasi-flokulasi, yaitu :

1. Pembubuhan bahan kimia koagulan.
2. Pengadukan bahan kimia tersebut dengan air baku.

Ada 3 faktor yang menentukan keberhasilan suatu proses koagulasi, yaitu :

1. Jenis bahan kimia yang dipakai.
2. Dosis pembubuhan bahan kimia.
3. Pengadukan dari bahan kimia.

Proses koagulasi dan flokulasi diperlukan untuk memisahkan padatan terlarut atau suspended solid karena secara alami laju pengendapan suspended solid sangat lambat. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dengan menetralkan muatan dari koloid. Umumnya berupa penambahan bahan kimia bersamaan

dengan energi mixing tinggi dan flok yang dihasilkan halus. Waktu yang terjadi dalam proses koagulasi sangat cepat dan umumnya dalam hitungan detik. Koloid hidrofili bereaksi secara cepat dengan koagulan sementara koloid hidrofob tidak bereaksi/lambat dengan koagulan.

## 2.7. Koagulan

Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Secara umum koagulan berfungsi untuk :

1. Mengurangi kekeruhan akibat adanya partikel koloid anorganik maupun organik.
2. Mengurangi warna yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air.
3. Mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air.

Ada dua jenis bahan kimia yang umum dipakai, yaitu :

1. Koagulan garam logam, antara lain :
  - a. Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ )
  - b. Ferri chloride  $\text{FeCl}_3$
  - c. Ferrous chloride  $\text{FeCl}_2$
  - d. Ferri sulphate  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Pada koagulan garam logam yang sering dipakai adalah aluminium sulfat dari pada garam besi, karena harganya yang lebih murah. Bila aluminium sulfat ditambahkan ke air maka ion aluminium akan terhidrasi sehingga anion yang ada dalam air akan menyerang ion aluminium. Selanjutnya terjadi olasi (olation) di mana mikroflokk yang terbentuk akan bergabung. Hasilnya muatan elektrik dari partikel tersebut berkurang, suspensi terdestabilisasi.

2. Koagulan polimer kationik, antara lain :
  - a. Poly Aluminium Chloride (PAC)
  - b. Chitosan
  - c. Curie flock

Koagulan jenis polimer kationik yang sering digunakan adalah PAC. PAC merupakan polimer pendek berantai panjang yang memiliki rumus umum kimiawi  $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ . Penggunaan koagulan jenis ini akan menghasilkan flok-flok yang lebih padat dan dengan kecepatan mengendap yang tinggi untuk fluktuasi kualitas yang besar (range pengolahan lebih besar), juga pH air olahan yang dihasilkan lebih stabil (rangnya sangat kecil) bila terjadi kelebihan dosis.

Perbedaan dari kedua jenis koagulan ini adalah pada tingkat hidrolisisnya di dalam air. Koagulan bahan logam mengalami hidrolisis sedangkan koagulan polimer tidak.

Koagulan yang umum dan sering digunakan pada pengelolaan air adalah seperti terlihat pada Tabel 2.2. berikut :

Tabel 2.2. Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan air	pH Optimum
Tawas	$Al_2(SO_4)_3 \cdot X H_2O$ X = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$NaAlO_2$ atau $Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Poly Aluminium Chloride (PAC)	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4 - 9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkahan, cairan	Asam	4 - 9
Ferro sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	> 8,5

Sumber : Mulyadi, 2007

Zat koagulan yang paling umum digunakan dalam proses pengolahan air minum adalah garam besi (ion  $\text{Fe}^{3+}$ ) atau aluminium (ion  $\text{Al}^{3+}$ ) yang terdapat di dalam bentuk yang berbeda-beda seperti tercantum di atas dan bentuk lainnya seperti :  $\text{AlCl}_3$ , aluminium klorida dan sulfat yang bersifat basa/alkalis dan senyawa kompleks dari zat-zat tersebut diatas.

## 2.8. Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) tersedia secara komersil dalam bentuk bubuk dan cair. Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam alum bubuk berkisar antara 11–17 % tergantung jumlah air kristal yang bervariasi dari 13–18. Baik untuk bubuk ataupun cair, kualitas alum ditentukan dari kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) merupakan turunan aluminium yang paling luas penggunaannya dan tersedia secara komersil dalam bentuk bubuk dan cair.

Alum sebagian besar tidak larut pada harga pH antara 5-7. Pada  $\text{pH} \leq 5$ , alum mengurangi membentuk ion aluminium. Pada  $\text{pH} \geq 7$ , alum mengurangi menjadi ion aluminat.

Karakteristik jenis koagulan aluminium adalah seperti dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut :

Tabel 2.3. Karakteristik Koagulan Aluminium

Koagulan	Jenis	Rumus	BM	Density Kg/m <sup>3</sup>	Kons (gr/L)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)
Tawas	Bubuk	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$	666.3	960 s/d 1200		15.30
		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$	630.3			16.18
		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$	594.3			17.17
		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$	576.3			17.70
Alum	Cair	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	342	1.28 s/d 1.32	650 s/d 720	> 8.0
PAC	Cair	$\text{Al}_m(\text{OH})_n(\text{Cl})_{3m-n}$		1190		10 - 13
PAC	Bubuk	$\text{Al}_m(\text{OH})_n(\text{Cl})_{3m-n}$		850		Min 30

Sumber : Anonim 1, 2007

Turunan Al yang lain adalah PAC yang merupakan polimer polihidroksida klorida yang merupakan senyawa kompleks antara ion Al, ion hidroksida dan ion klorida yang membentuk molekul besar (polimer) dengan rumus  $Al_m(OH)_n(Cl)_{3m-n}$ . Keuntungan PAC dibanding alum adalah pH flokulasi yang terjadi tidak mengakibatkan penurunan pH yang tajam dibanding alum atau pH flokulasi yang terjadi tidak asam dibanding alum, karena dalam air PAC akan terhidrolisis membentuk flok dan ion klorida yang terlepas akan bergabung dengan flok struktur, sehingga terhindar terbentuk HCl sebagai produk samping. Sehingga dalam operasionalnya koagulan ini akan menekan biaya produksi melalui penggunaan pH adjustment.

## 2.9. PAC

Poli Aluminium Chlorida (PAC) adalah polimer kompleks berantai panjang  $Al_m(OH)_n(Cl)_{3m-n}$ . Flok yang terbentuk lebih padat dan kecepatan yang mengendap tinggi. Poli elektrolit merupakan koagulan pembantu yang digunakan untuk memantapkan flok yang terbentuk.

Koagulan polimer adalah zat yang bisa terlarut dalam air dengan berat molekul relatif (Mr) antara 1.000– 5.000.000 gr/mol dalam proses komersil sering kali sampai 1.000.000 gr/mol yang berbentuk pola kecil dinamik dengan ukuran beberapa ratus nanometer.

Bahan kimia flokulan polimer sering dipakai sebagai koagulan pembantu dalam proses flokulasi di IPA, polimer berfungsi membantu membentuk makroflok yang akan menahan abrasi setelah terjadi destabilisasi dan pembentukan mikroflok disebabkan oleh koagulan.

Adsorpsi koagulan pembantu pada mikroflok penting, supaya makroflok dapat terbentuk. Hal ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik batas permukaan antara molekul dan hal ini sangat tergantung dari komposisi air. Sesuai dengan muatan elektrostatik dalam larutan air, koagulan pembantu dikelompokkan menjadi “non ionogen, anion aktif dan kation aktif”.

## **2.10. Jar Test**

### **2.10.1. Pengertian**

Jar Test adalah suatu percobaan yang berfungsi untuk menentukan dosis optimal dari koagulan yang digunakan pada proses pengolahan air bersih. Apabila percobaan dilakukan secara tepat, informasi yang berguna akan diperoleh untuk membantu operator instalasi dalam mengoptimalkan proses-proses koagulasi, flokulasi dan penjernihan.

Jar test memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter proses seperti :

1. Dosis koagulan dan koagulan pembantu
2. pH
3. Metode pembubuhan bahan kimia (pada atau dibawah permukaan air, pembubuhan beberapa bahan kimia secara bersamaan atau berurutan, lokasi pembubuhan relatif terhadap peralatan pengadukan)
4. Kecepatan larutan kimia
5. Waktu dan intensitas pengadukan cepat dan pengadukan lambat (flokulasi)
6. Waktu penjernihan

Terpisah dari parameter-parameter proses yang disebutkan di atas, variable-variable berikut juga harus dimonitor dan dikontrol, yaitu seperti :

1. Temperatur air di dalam gelas beaker jar.
2. Kekeruhan, warna air baku dan air yang telah diolah.
3. Metode pengeluaran contoh (sample) air.
4. Peralatan percobaan laboratorium dan prosedur analisa laboratorium.

### **2.10.2. Peralatan**

Bagian-bagian penting dari sebuah Jar test sebagai berikut :

1. Sebuah motor yang dapat diatur.
2. Batang-batang pengaduk dengan impeller atau rotor dan kecepatan rotasi rotor dapat diatur.

3. Sebuah gelas beaker atau tabung di bawah setiap rotor.
4. Sebuah pengatur waktu (otomatis dan manual).
5. Perlengkapan pada setiap tabung :
  - a. Stater pada setiap tabung.
  - b. Tabung pembubuh bahan kimia, satu atau dua buah untuk setiap jar yang dipasang pada sebuah jar.
  - c. Siphon untuk mengambil sample air (alat ini biasa diganti dengan slang plastik kecil).
  - d. Tempat sample (sebuah untuk jar).

Jar test yang sederhana dapat untuk survey, monitoring dari proses koagulasi-flokulasi sehingga dapat memberikan hasil yang relevan dalam pengontrolan proses koagulasi-flokulasi.

### 2.10.3. Prosedur Percobaan

Prosedur untuk mengukur kekeruhan air dan nilai pH dari suatu air baku tertentu dimisalkan dalam percobaan menggunakan suatu Jar test dengan 6 tabung yang masing-masing diberi tanda 1, 2, 3, 4, 5 dan 6.

Adapun prosedur langkah-langkah dalam pengujian jar test, antara lain :

1. Mengambil contoh air baku dalam beker glass sebanyak 1000 ml (1 liter)
2. Mengencerkan larutan bahan koagulan menjadi larutan 1 %
  - a. Untuk bahan koagulan dalam bentuk bubuk :

$$\% \text{ konsentrasi yang diinginkan} = \frac{gr}{100ml} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

- b. Untuk bahan koagulan dalam bentuk cair :

Rumus :

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

- Dengan :
- $V_1$  = volume larutan mula-mula
  - $N_1$  = konsentrasi larutan mula-mula
  - $V_2$  = volume larutan setelah diencerkan
  - $N_2$  = konsentrasi larutan setelah diencerkan

3. Memasukkan larutan bahan koagulan 1 % ke dalam 1000 ml air baku sesuai dengan dosis larutan yang diinginkan (sesuai dengan perbandingan)
4. Melakukan Jarrest dengan pedoman sebagai berikut :
  - a. Melakukan pengadukan dengan kecepatan sebesar 100 rpm selama 1 menit.
  - b. Menurunkan kecepatan menjadi 20 rpm dan lakukan pengadukan selama 15 menit.
  - c. Mengamati pembentukan flok.
  - d. Mematikan mesin dan diamkan selama 10 menit.
  - e. Mengamati kecepatan penurunan flok tersebut.
  - f. Setelah sudah 10 menit, melakukan pengukuran kekeruhan air dan nilai pH.

#### 2.10.4. Penentuan Dosis Optimum

Dosis optimum penggunaan bahan koagulan didapat dari air hasil pengujian jar test harus memenuhi syarat antara lain :

- a. Kekeruhan < 5 NTU, dan
- b. pH yang dihasilkan antara 6,5 – 8,5.

Syarat tersebut dipakai oleh IPA Jurug PDAM Surakarta yang mengacu pada Kep Menkes 907/2002.

#### 2.10.5. Perhitungan Biaya Penggunaan Koagulan

Setelah didapat dosis optimum dari kedua koagulan tersebut, pemakaian bahan koagulan dihitung dalam kg/jam, rumus :

$$X = \frac{QxD}{10^6} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Dengan :
- X = bahan koagulan yang digunakan (kg/jam)
  - Q = debit olahan (liter/jam)
  - D = dosis bahan koagulan (ppm = mg/liter)



Menghitung biaya penggunaan koagulan per jam di IPA Jurug

= pemakaian koagulan (kg/jam) x harga koagulan per kg di pasaran... (2.4)

Menghitung biaya penggunaan koagulan per m<sup>3</sup> di IPA Jurug

= harga penggunaan koagulan per jam / debit olahan (m<sup>3</sup>)..... (2.5)

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan hasil yang menunjukkan hubungan antara variable yang ada.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jurug PDAM Surakarta.

#### **3.2. Variabel Penelitian**

Variabel yang perlu didapat dalam penelitian ini adalah debit olahan IPA Jurug, kekeruhan air (NTU), dosis penggunaan bahan koagulan (ppm), dosis optimum penggunaan bahan koagulan dengan jenis alum ataupun PAC dengan cara uji jar test terhadap air olahan IPA Jurug serta harga jenis bahan koagulan alum dan PAC yang beredar di pasaran.

#### **3.3. Teknik Pengumpulan Data**

##### **3.3.1 Tahap Persiapan**

Tahap persiapan dimaksudkan untuk mempermudah jalannya penelitian seperti pengumpulan data, analisis dan penyusunan laporan. Tahap persiapan meliputi:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dimaksudkan untuk memberikan arahan dan wawasan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisis data maupun dalam penyusunan hasil penelitian.

## 2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis bahan koagulan yang kebanyakan dijual di pasaran serta harga jenis koagulan tersebut.

### 3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data diperoleh melalui studi literatur serta menggunakan data-data yang dimiliki oleh instansi-instansi terkait dalam hal ini adalah PDAM Surakarta sebagai pembanding dan pelengkap.

Adapun data-data tersebut adalah :

1. Data jar test yang telah dilakukan sebelumnya oleh laboratorium IPA Jurug.
2. Data prosedur jar test.
3. Data penawaran harga per kg koagulan jenis Alum dan PAC(harga berdasarkan penawaran di pasaran yang berlaku pada bulan Mei 2007) adalah :
  - a) Alum ( $Al_2SO_4$ ) per kg di pasaran dijual dengan harga Rp. 1.500,-
  - b) PAC per kg di pasaran dijual dengan harga Rp. 5.000,-

### 1.3.3 Tahap Pembuatan Larutan Koagulan

Tahapan pembuatan larutan koagulan ini adalah : pembuatan larutan koagulan sesuai dengan konsentrasi yang telah ditetapkan dalam pengolahan di IPA Jurug untuk jar test yaitu dengan kadar  $Al_2O_3$  1 %.

### 1.3.4 Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan dengan cara jar test sesuai dengan prosedur.

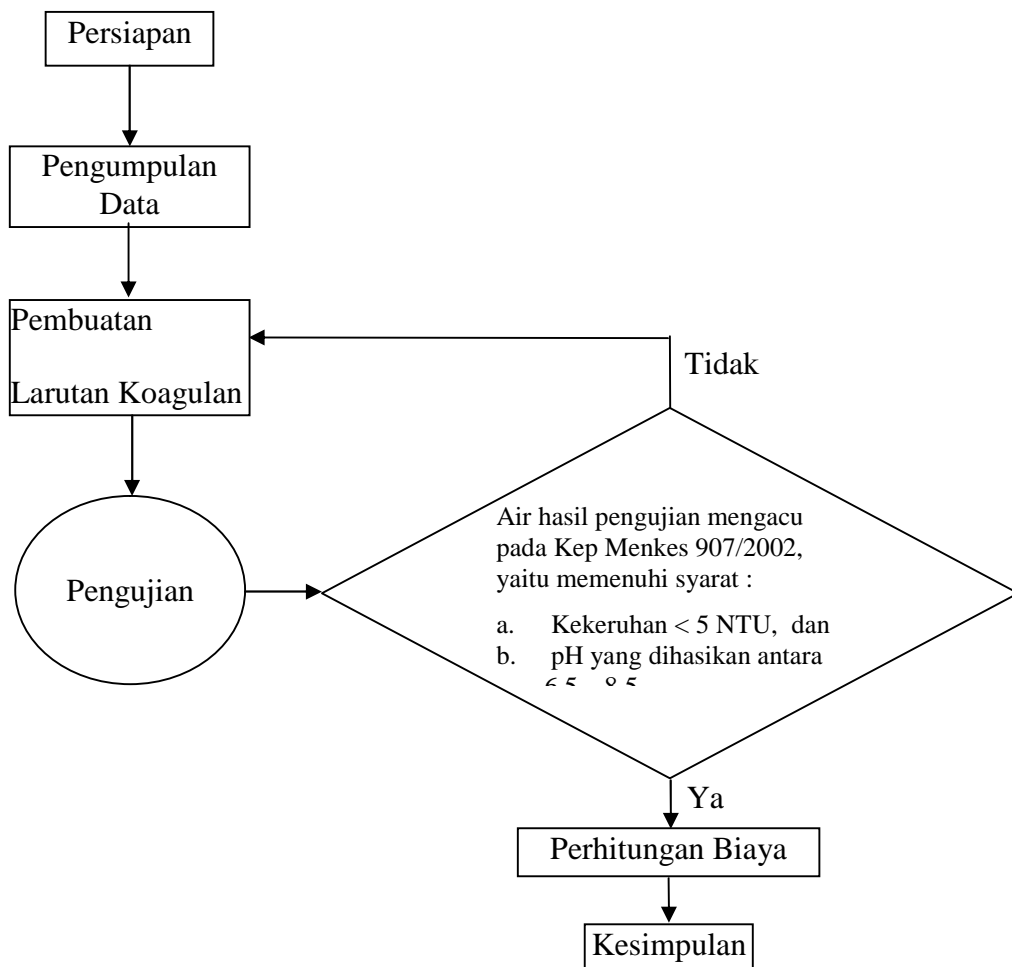
### 1.3.5 Tahap Analisis Data

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian jar test terhadap air olahan IPA Jurug dianalisis untuk mendapatkan suatu perbandingan biaya penggunaan koagulan.

### 1.3.5 Tahap Pengambilan Keputusan

Tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan alir tahap-tahap penelitian.

## **BAB 4**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pengujian Jar Test**

Lokasi pengujian jar test : Laboratorium IPA Jurug PDAM Surakarta

Hari dan Tanggal pelaksanaan : Senin, 9 Juli 2007

Waktu Pelaksanaan : 11.00 WIB

Bahan yang dipakai :

1. Bubuk Alum Sulfat (kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17\%$ )

2. Bubuk PAC (kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10\%$ )

Larutan Yang Dipakai :

1. Larutan Alum Sulfat (kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1\%$ )

2. Larutan PAC (kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1\%$ )

#### **4.2. Langkah Pengujian Jar Test**

1. Mengambil sampel air baku.
2. Menyiapkan larutan koagulan dengan perbandingan dosis yang diinginkan.
3. Memasukkan dosis koagulan tersebut ke dalam beker glass untuk masing-masing, misalnya tabung 1 = 10 mg/liter, 2 = 20 mg/liter, 3 = 30 mg/liter, 4 = 40 mg/liter, 5 = 50 mg/liter dan 6 = 60 mg/liter, jadi pembubuhan koagulan masing-masing : (1; 2; 3; 4; 5 dan 6 ml).
4. Melakukan jar test sesuai dengan pedoman.
5. Menentukan dosis optimum koagulan.
6. Menghitung biaya penggunaan koagulan.

#### **4.3. Hasil Pengujian Jar Test**

1. Dengan Koagulan Alum

Hasil pengujian jar test pertama adalah koagulan alum dapat disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Hasil Penelitian Jar Test Dengan Koagulan Alum

Kekeruhan Air Baku (NTU)	No. Tabung	Dosis Alum (ppm)	Kekeruhan Air Hasil Jar Test (NTU)	pH
25,7	1	10	13,9	7,1
	2	20	11,8	7,0
	3	30	6,42	6,9
	4	40	4,99	6,9
	5	50	3,04	6,8
	6	60	2,8	6,5

Mengacu Kep Menkes 907/2002, dosis optimum koagulan Alum dari hasil pengujian ini sudah dapat dilihat yaitu pada beker glass 4 dengan penggunaan dosis koagulan Alum 40 ppm, air yang dihasilkan mengandung kekeruhan 4,99 NTU dan pH 6,9.

## 2. Dengan PAC

Hasil pengujian jar test kedua adalah koagulan PAC dapat disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Hasil Penelitian Jar Test Dengan Koagulan PAC

Kekeruhan Air Baku (NTU)	No. Tabung	Dosis Alum (ppm)	Kekeruhan Air Hasil Jar Test (NTU)	pH
25,7	1	10	3,84	7,5
	2	20	2,93	7,3
	3	30	0,35	7,3
	4	40	0,00	7,0
	5	50	0,00	6,9
	6	60	0,00	7,1

Dari pengujian yang kedua ini masih ada beberapa perbandingan dosis dengan kekeruhan nol (0) NTU, mulai dari beker glass 4 dengan dosis PAC 40 ppm menghasilkan kekeruhan nol (0) NTU. Mungkin dengan pengujian kembali diharapkan kekeruhan air hasil jar test masih tetap < 5 NTU atau mencapai dosis optimum. Karena pada dosis sebelumnya 40 ppm sudah mencapai kekeruhan nol (0) NTU, maka perbandingan dosis diturunkan mulai dari 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, dan 30 ppm.

### 3. Dengan PAC

Hasil pengujian jar test ketiga adalah koagulan PAC dapat disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Hasil Penelitian Jar Test Dengan Koagulan PAC

Kekeruhan Air Baku (NTU)	No. Tabung	Dosis Alum (ppm)	Kekeruhan Air Hasil Jar Test (NTU)	pH
25,7	1	5	5,6	7,5
	2	10	3,89	7,4
	3	15	1,64	7,3
	4	20	1,26	7,3
	5	25	1,03	7,3
	6	30	0,5	7,1

Mengacu Kep Menkes 907/2002, pengujian ketiga ini sudah dapat diketahui dosis optimum untuk koagulan PAC yaitu pada beker glass 2 dengan penggunaan dosis koagulan PAC 10 ppm, air yang dihasilkan mengandung kekeruhan 3,89 NTU dan pH 7,4.

## 4.4. Perhitungan Biaya Penggunaan Koagulan

### 4.4.1 Alum Sulfat

Debit pengolahan : 100 liter/detik  
: 360.000 liter/jam

: 360 m<sup>3</sup>/jam  
 Harga alum per kg : Rp. 1.500,-  
 Dosis alum optimum : 40 ppm

Pemakaian koagulan Alum dalam kg/jam :

$$X = \frac{Q \times D}{10^6} \quad (2.3)$$

$$X = \frac{360.000 \times 40}{10^6}$$

$$X = 14,4 \text{ kg/jam}$$

Biaya penggunaan koagulan alum per jam = 14,4 kg x harga alum per kg (2.4)  
 = 14,4 kg x Rp. 1.500,-  
 = Rp. 21.600,-

Biaya penggunaan koagulan alum per m<sup>3</sup> =  $\frac{\text{Rp. 21.600,-}}{360}$  (2.5)  
 = Rp. 60,-

#### 4.4.2 PAC

Debit pengolahan : 100 liter/detik  
 : 360.000 liter/jam  
 : 360 m<sup>3</sup>/jam

Harga PAC per kg : Rp. 5.000,-

Dosis PAC optimum : 10 ppm

Pemakaian koagulan PAC dalam kg/jam :

$$X = \frac{Q \times D}{10^6} \quad (2.3)$$

$$X = \frac{360.000 \times 10}{10^6}$$

$$x = 3,6 \text{ kg/jam}$$

Biaya penggunaan koagulan PAC per jam = 3,6 kg x harga PAC per kg (2.4)



$$= 3,6 \text{ kg} \times \text{Rp. } 5.000,-$$

$$= \text{Rp. } 18.000,-$$

$$\text{Biaya penggunaan koagulan PAC per m}^3 = \frac{\text{Rp. } 18.000,-}{360} \quad (2.5)$$

$$= \text{Rp. } 50,-$$

Dari perhitungan biaya penggunaan koagulan, dapat diketahui bahwa setiap m<sup>3</sup> air yang diolah bila menggunakan koagulan PAC akan menghemat biaya produksi.

$$\text{Penghematan biaya penggunaan koagulan per m}^3 = \text{Rp. } 60 - \text{Rp. } 50$$

$$= \text{Rp. } 10,-$$

#### **4.5. Keunggulan Dan Kekurangan PAC Dibanding Alum Sulfat Dari Pengamatan Jar Test**

Keunggulan PAC Dibanding Alum Sulfat Dari Pengamatan Jar Test, antara lain :

1. Dengan bahan koagulan PAC pengendapan flok yang dihasilkan lebih cepat memudahkan operator untuk menentukan dosis optimum.
2. Dengan bahan koagulan PAC, air setelah koagulasi mempunyai kualitas yang baik.
3. Dengan bahan koagulan PAC, setelah koagulasi pH air yang dihasilkan tidak terjadi pH ekstrim sehingga tidak perlu desinfektan lagi untuk pengolahan air tersebut.
4. Kejernihan air karena penggunaan bahan koagulan PAC lebih jernih dibanding dengan koagulan alum.
5. Dalam pasaran PAC juga mudah ditemui dalam bentuk cair, sehingga operator akan lebih mudah lagi melakukan jartest untuk menentukan dosis optimum koagulan.

Kekurangan yang harus diperhatikan bila menggunakan koagulan PAC, yaitu :

1. Operator harus lebih sering melakukan jar test karena efektifitas PAC lebih panjang dibanding menggunakan alum sehingga kelebihan koagulan PAC perlu dipantau karena ada kaitannya dengan ongkos produksi.
2. Perlu pemakaian optimal dosis PAC.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Dari perhitungan biaya penggunaan koagulan alum dan PAC di IPA Jurug PDAM Surakarta, membuktikan bahwa koagulan PAC lebih ekonomis penggunaannya dari pada koagulan alum sebesar Rp. 10,- per m<sup>3</sup> debit olahan.
2. Dengan koagulan PAC kualitas air yang dihasilkan lebih baik daripada koagulan alum.

#### **5.2. Saran**

1. Jar test diusahakan dengan menggunakan air baku dengan kekeruhan yang sama.
2. Perlu dilakukan jar test dengan variasi waktu yang berbeda agar penentuan penggunaan bahan koagulan alum dan PAC lebih akurat.

## **PENUTUP**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan dalam dasar teori maupun kurang telitian dalam penghitungan, hal itu tidak lepas dari keterbatasan pengetahuan, pengalaman dan kemampuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat berguna bagi semua pihak, khususnya bagi penyusun sendiri dan bagi semua civitas akademika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UNS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 1, 2002, Pelatihan operator IPA, Modul IPA 003 (Proses Koagulasi - Flokulasi), Yogyakarta : PERPAMSI & YP Tirta Dharma.
- Anonim 2, 2002, Pelatihan operator IPA, Modul IPA 011 (Baku Mutu Air Minum dan Air Bersih), Yogyakarta : PERPAMSI & YP Tirta Dharma.
- Anonim 3, 2002, Pelatihan operator IPA, Modul IPA 001 (Kualitas Air Baku), , Yogyakarta : PERPAMSI & YP Tirta Dharma.
- Darmasetiawan, Martin, 2001, *Penggolongan Air*, Erlangga, Jakarta.
- Ibnu, Heriyanti, 1997, *Air Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Susanti, Aprilia, 2006, Regular Training : *Bangunan Pengolahan Air Minum*, Aprilia Susanti, Serpong : Aula IPA Cisadane.
- Mulyadi, 2007, Regular Training : *Chemical Proses Control In Water Treatment*, Serpong : Aula IPA Cisadane.

## LAMPIRAN

1. Grafik Hubungan Kekeruhan dan Dosis koagulan
2. Gambar Siteplan IPA Jurug
3. Tabel Hasil Pengujian Air Sungai Bengawan Solo
4. Gambar Alat Jar Test
5. Gambar Alat Turbiditimeter
6. Gambar Alat Comperator pH dan Sisa Chlor
7. Gambar Pipet
8. Gambar Koagulan PAC
9. Gambar Koagulasi-Flokulasi
10. Peraturan-peraturan



**Gambar Seperangkat Alat Jar Test**



**Gambar Alat Turbidity Meter**



**Gambar Comperator pH**



**Gambar Koagulan PAC Bubuk**



## Proses koagulasi



## Unit pengadukan lambat (flokulasi)



**Gambar Larutan Alum dan PAC**





**Gambar Comperator Sisa Chlor**



**Gambar Pipet**