

363.f394
KAE
m e1

**MINIMISASI POTENSI PENCEMARAN ALUMINIUM
DAN LIMBAH AIR BACK WASH FILTER
DI PUSDIKLAT MIGAS CEPU
(Studi Kasus : Unit Pengolahan Air Minum)**



TESIS

**NURHENU KARUNIASTUTI
NIM : L4K001113**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2003**

UPT-PUSTAK-UNDIP

TESIS
MINIMISASI POTENSI PENCEMARAN ALUMINIUM
DAN LIMBAH AIR BACK WASH FILTER
DI PUSDIKLAT MIGAS CEPU
(Studi Kasus : Unit Pengolahan Air Minum)

disusun oleh
NURHENU KARUNIASTUTI
NIP : L4K001113

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	2002/T/mil/21
Tgl.	30 Jan 04

Diajukan sebagai syarat untuk mencapai
Derajat Strata Dua Magister Ilmu Lingkungan

Menyetujui :

Pembimbing I

Ir. Sumarno, MSi

Pembimbing II

Ir. Agus Hadiyanto, MT

Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
UNIVERSITAS DIPONEGORO



Prof. Dr. H. Sudharto P. Hadi, MES.

Judul Tesis : Minimisasi Potensi Pencemaran Aluminium dan
Limbah Air Back Wash Filter di Pusdiklat Migas Cepu.
(Studi Kasus : Unit Pengolahan Air Minum)

Nama Mahasiswa : Nurhenu Karuniastuti

Nomor Mahasiswa : L4K001113

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 04 Juli 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing I



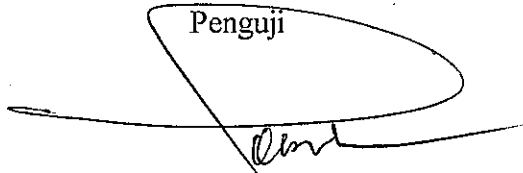
Ir. Sumarno, MSi

Pembimbing II



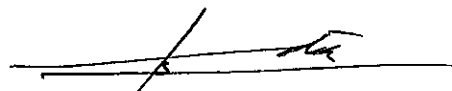
Ir. Agus Hadiyanto, MT

Penguji



Dr. Ir. Purwanto, DEA

Penguji



Ir. Syafrudin, CES.MT



Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan

Prof. Dr. H. Sudharto P. Hadi, MES

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juli 2003



Nurhenu Karuniastuti

KATA PENGANTAR

Tesis ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

Judul tesis yang saya ajukan adalah : “Minimisasi Potensi Pencemaran Aluminium dan Limbah Air Back Wash Filter di Pusdiklat Migas Cepu dengan studi Kasus : Unit Pengolahan Air Minum”.

Dengan selesainya penelitian dan penulisan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Sumarno, Msi selaku Pembimbing utama yang telah mencurahkan waktu dan tenaga sejak penyusunan proposal hingga selesainya penulisan tesis ini.
2. Bapak Ir. Agus Hadiyanto, MT selaku Pembimbing Kedua yang telah mencurahkan waktu dan tenaga sejak penyusunan proposal hingga terselesaikannya penulisan tesis ini.
3. Bapak-bapak Penguji thesis yang telah memberikan masukan serta arahan demi kesempurnaan tesis ini.
4. Bapak Prof. Dr. H. Sudharto P. Hadi, MES selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan yang telah memberikan dorongan moril.
5. Bapak Dr. Ir. H. Moedjito, selaku Kepala Pusdiklat Migas Cepu yang telah memberikan dorongan serta segala bantuannya hingga terselesaikannya penulisan tesis ini.
6. Bapak-bapak/Ibu-ibu dosen serta Staff di Lingkungan Magister Ilmu Lingkungan yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya tesis ini.
7. Bapak-bapak/Ibu-ibu di Laboratorium maupun di lapangan tempat saya melaksanakan penelitian, yang telah banyak membantu hingga selesainya penelitian ini.
8. Rekan-rekan dan pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penyelesaian tesis ini.

Semoga hasil penulisan tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, walaupun hasil yang dicapai pada penulisan ini masih terdapat beberapa kekurangan. Masukkan untuk penyempurnaan tesis ini sangat diharapkan baik untuk masa kini maupun untuk masa mendatang.

Semarang, Juli 2003

Hormat penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nurhenu Karuniastuti', with a horizontal line underneath.

Nurhenu Karuniastuti

NIM : L4K001113

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Ruang Lingkup	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Sasaran Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum Tentang Teknologi Bersih	4
2.2. Teknologi Pengolahan Air	5
2.3. Tinjauan Umum Tentang Penggunaan Air di Pusdiklat Migas	10
2.3.1. Teknologi Pengolahan Air Corrugated Plate Interceptor (CPI).....	12
2.3.2. Bak Penyaring (Sand Filter)	15
2.4. Kerangka Teoritik	17
2.4.1. Sedimentasi	17
2.4.2. Menghitung Kecepatan pengendapan	19
2.4.3. Menghitung Waktu Pengendapan	21
2.4.4. Pemakaian Koagulan pada Proses Penjernihan Air Bersih	22
2.4.5. Penentuan Dosis Optimum	24
2.4.6. Indikator Pencemar Lingkungan karena Aluminium ..	25
2.4.7. Metoda Perhitungan Biaya Investasi	25
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1. Lokasi Kegiatan Penelitian	31
3.2. Bahan dan Peralatan	31
3.3. Pelaksanaan Penelitian	32
3.4. Tahapan Penelitian	32
3.4.1. Penelitian untuk limbah air back wash	32
3.4.2. Penelitian untuk TSS dan TDS	32
3.4.3. Penelitian untuk recycling	33

3.5.	Tahapan Pengujian di Laboratorium	33
3.5.1.	Pemeriksaan Turbidity dan pH	33
3.5.2.	Pemeriksaan dengan Jar test	34
3.5.3.	Pemeriksaan TS, TSS dan TDS	34
3.6.	Perhitungan Hasil Analisa di Laboratorium	36
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1.	Kebutuhan Aluminium Sulfat untuk Proses Daur Ulang (Recycle)	37
4.2.	Settling Time sesuai Baku Mutu Air Bersih	46
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1.	Kesimpulan	59
5.2.	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Diagram Alir Proses Pengolahan Air Minum Pusdiklat Migas	11
Gambar 2 : Diagram Alir Pengolahan Air di CPI	14
Gambar 3 : Diagram Alir Back Wash Filter di Sand Filter pada Unit Pengolahan Air Minum	16
Gambar 4 : Sand Filter Unit Pengolahan Air Minum	17
Gambar 5 : Pengendapan Partikel tunggal dalam fluida yang tenang	19
Gambar 6.a : Arah Gerakan Partikel Tegak Lurus Kebawah	21
Gambar 6.b : Partikel mendapat 2 arah gerakan	21
Gambar 7.a : Aliran yang seragam	22
Gambar 7.b : Aliran terjadi Olakan.....	22
Gambar 7 : Tipe dan jenis aliran	22
Gambar 8 : Proses pembentukan flok di dalam Bak pada proses flokulasi	23
Gambar 9 : Grafik kebutuhan Aluminium Sulfat untuk proses recycle	42
Gambar 10 : Grafik rasio endapan dan kebutuhan Aluminium Sulfat	44
Gambar 11 : Grafik lama pengendapan dengan turbidity	48
Gambar 12 : Grafik lama pengendapan dengan Total Solid	49
Gambar 13 : Situasi Penempatan Bak Tandon di Unit Pengolahan Air Minum	51
Gambar 14 : Bak Tandon	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1	: Hasil Penelitian Pemakaian Aluminium Sulfat	40
Tabel 2	: Hasil Penelitian pada Settling Time rata-rata untuk Turbidity dan Total Solid.	47

INTISARI

Pusdiklat Migas Cepu mempunyai berbagai kegiatan antara lain pengolahan air minum, yang dalam kegiatannya akan menghasilkan limbah cair dan pencemaran lingkungan karena penggunaan bahan kimia untuk proses penjernihannya. Dalam kegiatan pengolahan air minum proses yang dilakukan memerlukan beberapa alat antara lain adalah Sand Filter. Sand Filter ini dipakai untuk menyaring air agar menjadi bersih dan memenuhi syarat sebagai air minum. "Filter" pada Sand Filter ini dengan berjalannya waktu akan menjadi kotor. Oleh karena itu "filter" tersebut harus dicuci dengan air yang dinamakan air bersih. Kebutuhan air untuk pencucian filter ± 180 m³ untuk 5 buah filter. Terdapat 14 unit filter. Setiap hari dilakukan pencucian sebanyak 5 buah filter dan setiap filter membutuhkan 36 m² air dengan waktu pencucian 1 jam. Dengan demikian kebutuhan Aluminium Sulfat untuk penjernihan air ini cukup besar. Disamping itu limbah air back wash tersebut dibuang begitu saja ke bak segaran dan sebagian lagi ke Sungai Bengawan Solo, padahal endapan dari limbah air back wash tersebut mengandung kadar Aluminium sebanyak ± 113.656 mg/kg yang akan mencemari lingkungan. Masalah yang timbul adalah belum ada minimisasi limbah air back wash dan pemakaian Aluminium Sulfat dalam proses penjernihan air bersih tersebut serta pemanfaatan kembali limbah air back wash dan endapannya untuk kegiatan yang sama di Unit Pengolahan Air Minum. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi pemakaian air back wash dengan cara me "recycle" limbah air back wash menjadi air bersih dan mereduksi pemakaian Aluminium Sulfat dengan me "recycle" endapan limbah air back wash dan air baku dari Bak Segaran. Dari hasil penelitian di laboratorium dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa : dengan mendaur ulang lumpur yang kemudian dicampur dengan air baku dengan rasio volume 50 : 50; 25 : 75; 10 : 90 dan penambahan larutan Aluminium Sulfat 45 ppm dan 60 ppm dan 85 ppm, masih bisa dihasilkan air bersih dengan turbidity 23 NTU dan pH 7,3; turbidity 20 NTU dan pH 7,24 ; turbidity 24 NTU dan pH 7,29. Air bersih dapat dihasilkan dengan mengendapkan limbah air back wash tanpa Aluminium Sulfat dalam bak tandon rata-rata selama 2 ¼ jam dengan pH = 6,5 – 9 dan turbidity ≤ 25 NTU (baku mutu air bersih). Bak tandon yang direncanakan dengan ukuran 9 m x 9 m x 4 m senilai Rp. 138.650.000,00.

ABSTRACT

Oil and Gas Training Centre, Cepu, has several activities such as water treatment which processes waste water and also causes environmental pollution since it uses chemical. In the water treatment, there are a lot of equipment needed, one of which is Sand Filter. This equipment is used to filter the water in order to make it clean and drinkable. As days go on, the filter in the sand filter becomes dirty. Therefore, it needs to be cleaned by clean water. The need of "Clean Water" is about 180 m³ to back wash for 5 filters. There are 14 units of filter in Sand Filter. Each day the back wash of 5 filters is done, and each filter needs 36 m³ of water for 1 hours. Hence, the need of Aluminium Sulphate is also quite a lot. The back wash waste water is sometimes thrown into "Bak Segaran" and sometimes it is also thrown into Bengawan Solo. Since the sediment of the back wash waste water contains Aluminium for about 113.656 mg/kg, it will pollute the environment. The problems that may raise now is that there are no efforts to minimize the back wash waste water, to minimize the use of the Aluminium Sulphate in the water treatment and to recycle back wash waste water its sediment for rebacking wash. Concerning the problems, this research is done in order to minimize the use of the back wash waste water to become clean water and to reduce the use Aluminium Sulphate by "recycling" the back wash waste sediment and raw water in "Bak Segaran". Based on the result of the research in the laboratory and the calculation, it can be concluded that : by recycling the sediment which is mixed with raw water with the ratio volume of 50 : 50; 25 : 75; 10 : 90 and Aluminium Sulphate blend at 45 ppm and 60 ppm and 85 ppm, the clean water with the turbidity of 23 NTU and pH 7,36; 20 NTU and pH 7,24; and also 24 NTU and pH 7,29 can be produced. Clean water produced by settling the back wash waste water without using the Aluminium Sulphate in the water tank for about 2 ¼ hours with pH = 6,5 – 9 and turbidity ≤ 25 NTU (standard quality for clean water). The water tank is designed to have a measurement of 9 m x 9 m x 4 m with the cost of Rp138.650.000,00.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas Bumi (Pusdiklat Migas) Cepu mempunyai berbagai kegiatan antara lain kegiatan pengolahan air minum, yang dalam kegiatannya akan menghasilkan limbah cair dan pencemaran terhadap lingkungan karena penggunaan bahan kimia untuk kegiatan penjernihan airnya. Limbah cair yang dihasilkan selama ini langsung dibuang ke Sungai Bengawan Solo.

Pusdiklat Migas Cepu mengoperasikan unit pengolahan air minum dengan kapasitas 200 m³/jam, air baku diambil dari Sungai Bengawan Solo, sebagai konsekwensinya timbul limbah cair dan limbah bahan kimia (lumpur) dari proses pengolahannya.

Khususnya pada kegiatan back wash filter di Sand Filter ternyata digunakan air yang cukup banyak $\pm 180 \text{ m}^3$ untuk 5 buah filter selama 5 jam (data dari pengukuran di Unit Pengolahan Air Minum Pusdiklat Migas). Limbah air back wash tersebut hanya ditampung di Bak Segaran sebagai air baku yang digunakan lagi melalui proses dengan menggunakan aluminium sulfat, yang tentunya dalam kurun waktu tertentu akan menimbulkan pencemaran lingkungan berupa polutan Aluminium. Dari data yang ada endapan limbah air back wash mengandung kadar Aluminium sebanyak 113.656,58 mg/kg sehingga sangat potensial mencemari lingkungan. Untuk itu perlu dikaji apakah sistim yang ada masih bisa ditingkatkan efisiensinya, seperti misalnya merecycle limbah air back wash filter di Unit Pengolahan Air Minum.

Dengan demikian perlu kiranya peninjauan kembali mengenai "*house keeping*" di Unit Pengolahan Air Minum, apakah masih bisa ditingkatkan efisiennya.

Good House Keeping adalah mencakup tindakan prosedural, administratif atau institusional yang dapat digunakan oleh suatu perusahaan untuk mengurangi terbentuknya emisi limbah.

Konsep ini sudah diterapkan di Pusdiklat Migas Cepu untuk meningkatkan efisien dengan cara "good operating best practices" antara lain mencakup :

- Pengembangan program produksi bersih;
- Pengembangan Sumber Daya Manusia;
- Tata penanganan dan inventarisasi bahan;
- Pencegahan kehilangan bahan atau material;
- Tata Cara penghitungan biaya .

1.2. Ruang Lingkup

Belum dilakukannya upaya minimisasi dan pemanfaatan limbah air back wash untuk mengurangi pemakaian aluminium sulfat dalam rangka mengurangi kadar aluminium yang ada di Sungai Bengawan Solo.

Untuk itu ruang lingkup penelitian ditentukan :

1. Penggunaan aluminium sulfat pada endapan limbah air back wash filter dan perhitungan biayanya.
2. Perhitungan bak tandon limbah air back wash filter dan investasinya beserta pengembalian investasi.

1.3. Tujuan Penelitian.

1. Pengembangan sistim yang digunakan dengan mendaur ulang antara endapan limbah air back wash filter dan air baku dari Bak Segaran.
2. Mengevaluasi apakah limbah air back wash filter masih bisa digunakan kembali tanpa menambah bahan aluminium sulfat.

1.4. Sasaran Penelitian

1. Meminimalkan penggunaan aluminium sulfat pada air back wash filter dan penghematan biaya operasi di Unit Pengolahan Air Minum.
2. Mencegah potensi pencemaran lingkungan akibat polutan Aluminium.

1.5. Manfaat penelitian.

1. Dengan tersedianya data penggunaan aluminium sulfat dan proses produksinya maka dapat diusahakan untuk mengurangi penggunaan bahan aluminium sulfat tersebut.

2. Dengan adanya data produksi limbah air back wash filter tersebut maka dapat direkomendasikan upaya minimisasi limbah air back wash filter tersebut.
3. Kinerja pengelolaan limbah cair hasil evaluasi sebelum penelitian dapat dipakai sebagai acuan untuk penyempurnaan keberlanjutan bagi Sistem manajemen Lingkungan Pusdiklat Migas Cepu.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Tentang Teknologi Bersih.

Pada dekade tujuh puluhan, negara-negara industri maju telah mengeluarkan berbagai peraturan perundang-undangan yang dirancang untuk mengendalikan masuknya limbah industri kedalam lingkungan. Peraturan perundang-undangan ini dapat membatasi jumlah limbah pencemar ke lingkungan. Tetapi dalam banyak kasus, pendekatan pengendalian pencemaran tersebut banyak mengeluarkan biaya mahal, beresiko dan kurang efektif. Seperti misal; limbah B3 dan Sludge di buang pada tempat yang telah ditentukan sebagai tempat pembuangan akhir masih beresiko mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan, apabila tidak dikelola dengan baik. Dengan teknologi remediasi memang bisa dilaksanakan tetapi memerlukan biaya yang tinggi. Untuk itu perlu upaya lain yang pada dekade delapan puluhan muncul pemikiran untuk mengurangi atau jika mungkin menghilangkan sama sekali limbah yang dihasilkan oleh suatu proses produksi.

Strategi pengelolaan limbah ini disebut paradigma “pencegahan”. Konsep “pencegahan” atau “pengurangan limbah” pada sumbernya ini antara lain memanfaatkan “*teknologi bersih*” (Clean Production). Maksud dari produksi bersih disini adalah sebagai pendekatan operasional kearah pengembangan sistim produksi dan konsumsi, yang dilandasi suatu pendekatan pencegahan bagi perlindungan lingkungan (Surna Tjahja Djajadiningrat, 215).

Ada 2 hal penting dalam pendekatan “pencegahan” yaitu :

1. Dampak lingkungan dari proses, daur produk dan kegiatan ekonomi dapat diminimisasikan dengan mengurangi aliran bahan kedalam proses, daur produk dan kegiatan ekonomi sehingga diharapkan ada peningkatan “*efisiensi*”.
2. Karena beberapa jenis senyawa kimia dapat meracuni dan berbahaya bagi lingkungan maka perlu upaya “*Substitusi*” bahan atau produk yang berbahaya atau beracun.

Peningkatan efisiensi dalam proses produksi dapat berupa house keeping yang baik (good house keeping). Sebagai contoh adalah perlu adanya kaji ulang mengenai teknologi proses yang ada sehingga tercapai efisiensi bahan baku maupun bahan kimia. Selain itu prinsip-prinsip reuse, recycling dan recovery dalam “daur produk” juga merupakan peningkatan efisiensi. Misal; Air yang telah digunakan untuk suatu proses tertentu, yang biasanya tidak digunakan lagi dapat dipakai ulang (reuse) atau dengan mendaur ulang produk bekas menjadi bahan baku (recycle) sehingga akan lebih efisien dalam penggunaan airnya. Tindakan penerapan ini akan memberi peluang untuk mendapatkan keuntungan antara lain :

1. Memberi keuntungan ekonomi, sebab didalam produksi limbah terdapat strategi pencegahan pencemaran pada sumbernya;
2. Mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan;
3. Mendukung prinsip “environmental equity” dalam rangka pembangunan berkelanjutan, sekaligus;
4. Memelihara ekosistem lingkungan.

2.2. Teknologi Pengolahan Air.

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan manusia yang tidak dapat digantikan dengan bahan yang lain.

Pengolahan air adalah mengolah air baku agar memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan sesuai dengan tujuan penggunaan air tersebut. Sebelum air digunakan dalam kebutuhan sehari-hari, terlebih dahulu air tersebut harus melalui proses penjernihan.

Sistim pengolahan air dilihat dari prosesnya terbagi atas :

- Proses menghilangkan kekeruhan;
- Proses menghilangkan kesadahan (Softening);
- Proses menghilangkan unsur-unsur garam terlarut;
- Proses menghilangkan/membunuh bakteri (Sterilisasi).

Adapun tahapan proses pengolahan air dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Proses Adsorpsi;
- b. Proses Sedimentasi;
- c. Proses Koagulasi;

- d. Proses Flokulasi;
- e. Proses Klarifikasi;
- f. Proses Filtrasi;
- g. Proses Desinfeksi.

a. Proses Adsorpsi.

Merupakan proses fisika yaitu proses penyerapan bahan terhadap zat lain yang terjadi .

Proses ini penting untuk :

- Membantu terbentuknya flok;
- Penyerapan partikel kecil oleh partikel besar pada permukaannya. Proses ini berlangsung dengan sendirinya atau dibantu pengadukan atau penambahan bahan kimia;
- Penyerapan warna, bau, jasad renik, dan gas-gas yang tidak dikehendaki.

b. Proses Sedimentasi.

Proses sedimentasi adalah proses pengendapan zat-zat yang tersuspensi yang dilakukan dengan cara menenangkan air dalam bak atau tangki, sehingga zat-zat yang tersuspensi tersebut mengendap didasar bak atau tangki karena adanya gaya gravitasi.

Keuntungan dari proses sedimentasi pendahuluan adalah :

1. Mengurangi beban pada proses-proses penjernihan tahap berikutnya;
3. Penggunaan bahan kimia untuk proses berikutnya berkurang;
4. Biaya pembersihan untuk bak/tangki koagulasi berkurang;
5. Proses penjernihan berikutnya dapat dikontrol dengan suatu cara yang lebih baik karena proses sedimentasi memberikan sedikit variabel kualitas air.

Adapun dasar proses sedimentasi adalah air didiamkan didalam bak/tangki sehingga partikel-partikel yang tersuspensi (partikel tidak larut) memisah dan mengendap hanya karena gaya gravitasi. Setelah pengendapan terjadi air ditarik keluar dari bak/tangki tanpa menimbulkan gangguan terhadap partikel yang mengendap. Yang perlu diperhatikan dalam proses sedimentasi adalah waktu pengendapan dan laju aliran air.

c. Proses Koagulasi.

Proses koagulasi adalah proses mengurangi kekeruhan air dengan cara membentuk gumpalan-gumpalan (flok) dari partikel-partikel padat dengan menggunakan bahan kimia (koagulan). Mula-mula zat koagulan dicampur dengan air didalam tangki dan pencampuran ini membentuk larutan dengan konsentrasi tertentu. Melalui bak pencampur larutan bahan kimia/koagulan tersebut diinjeksikan kedalam air yang akan dijernihkan dan selanjutnya air tersebut dialirkan ke daerah pengendapan. Bahan kimia/ koagulan yang ditambahkan akan membentuk gelatin yang akan mengikat partikel-partikel tersuspensi yang ada disekitarnya dan membentuk gumpalan.

Gumpalan-gumpalan tersebut segera membentuk suatu kelompok yang lebih besar dan disebut flok, kemudian flok yang berat akan mengendap dan yang ringan akan terapung diatas permukaan air.

Bahan koagulan yang dapat digunakan dalam proses penjernihan air adalah :

- Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$);
- Sodium Aluminat ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$);
- Ferri Chlorida (FeCl_3);
- Ferri Sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$).

Pemberian koagulan yang harus ditambahkan didalam air tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

1. Macam koagulan yang digunakan;
2. Kekeruhan air yang diolah;
3. Warna air yang diolah;
4. Harga pH (derajat keasaman) air yang diolah;
5. Suhu/temperatur air yang diolah;
6. Waktu pencampuran dan flokulasi.

Jika air yang diolah lebih keruh dan suhu rendah, maka diperlukan jenis koagulan yang lebih baik, artinya yang mempunyai kemampuan membentuk flok lebih cepat. Harga pH air harus diatur sedemikian rupa agar pembentukan flok menjadi lebih baik dan lebih cepat. Dosis optimum pemakaian koagulan yang diperlukan ditentukan dengan Jar Test Apparatus.

Didalam unit penyediaan air, test semacam ini harus dilakukan sesering mungkin untuk menentukan jumlah koagulan yang optimum dan penggunaan bahan koagulan yang paling ekonomis. Jika mutu dan karakteristik air yang diolah selalu berubah-ubah maka Jar Test harus dilakukan secara kontinyu agar setiap perubahan yang terjadi dapat diketahui secara cepat, sehingga pengendalian mutu air dapat terlaksana dengan baik.

d. Proses Flokulasi.

Merupakan proses pengendapan flok yang turun memisah kebawah merupakan proses kombinasi fisika - kimia. Faktor-faktor yang menentukan :

- Penambahan flocculating agent;
- Pengadukan yang sempurna;
- Kontak yang baik.

Bahan-bahan yang ditambahkan misalnya :

- Silika aktif;
- Bentonit, Barit ($BaSO_4$);
- Karbon aktif;
- Zat-zat organik (algae, pati);
- Clay (lumpur).

e. Proses Klarifikasi.

Merupakan proses penjernihan, yaitu merupakan gabungan dari proses sedimentasi, koagulasi dan flokulasi. Proses ini dapat dilakukan dengan memperbesar konsentrasi flok dan recycle sludge (untuk mendorong flok agar lebih cepat mengendap). Untuk memperbesar flok dapat dilakukan dengan memberikan kontak yang baik antar partikel, dan ini dapat dilakukan dengan pengadukan atau sirkulasi.

Ada dua macam proses kontak sludge, yaitu :

- Sludge Circulation Clarifiers;
- Sludge Blanket Clarifiers.

f. Proses Filtrasi.

Merupakan proses pemisahan dengan cara penyaringan, yaitu melewatkan air melalui media penyaring yang berupa tumpukan pasir atau bahan butiran lainnya.

Secara umum filter dapat diklarifikasikan sebagai berikut :

- Gravity Filter
 - Slow Sand Filter (saringan pasir lambat)
 - Rapid Sand Filter (saringan pasir cepat)
- Pressurized Filter (saringan pasir tekan).

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan metode filtrasi adalah :

- Kualitas dari filtrat dan toleransi kandungan bahan yang diijinkan;
- Kualitas air yang disaring;
- Kualitas dari bahan yang dipisahkan;
- Fasilitas pencucian;
- Kondisi instalasi filter.

Kendala yang sering ditemui dalam proses filtrasi adalah kebuntuan dari pori-pori/lubang dari bahan filter. Adanya hambatan ini akan mengurangi efektifitas filtrasi, untuk menghilangkannya dengan jalan pencucian balik. Fungsi pencucian balik (back wash) adalah untuk memperlancar proses filtrasi, mencegah pembusukan bahan organik dalam lumpur yang dapat menimbulkan bau dan menyempurnakan proses pengolahan air. Periode pencucian balik tergantung dari faktor-faktor yang menyebabkan kebuntuan.

g. Proses Desinfeksi.

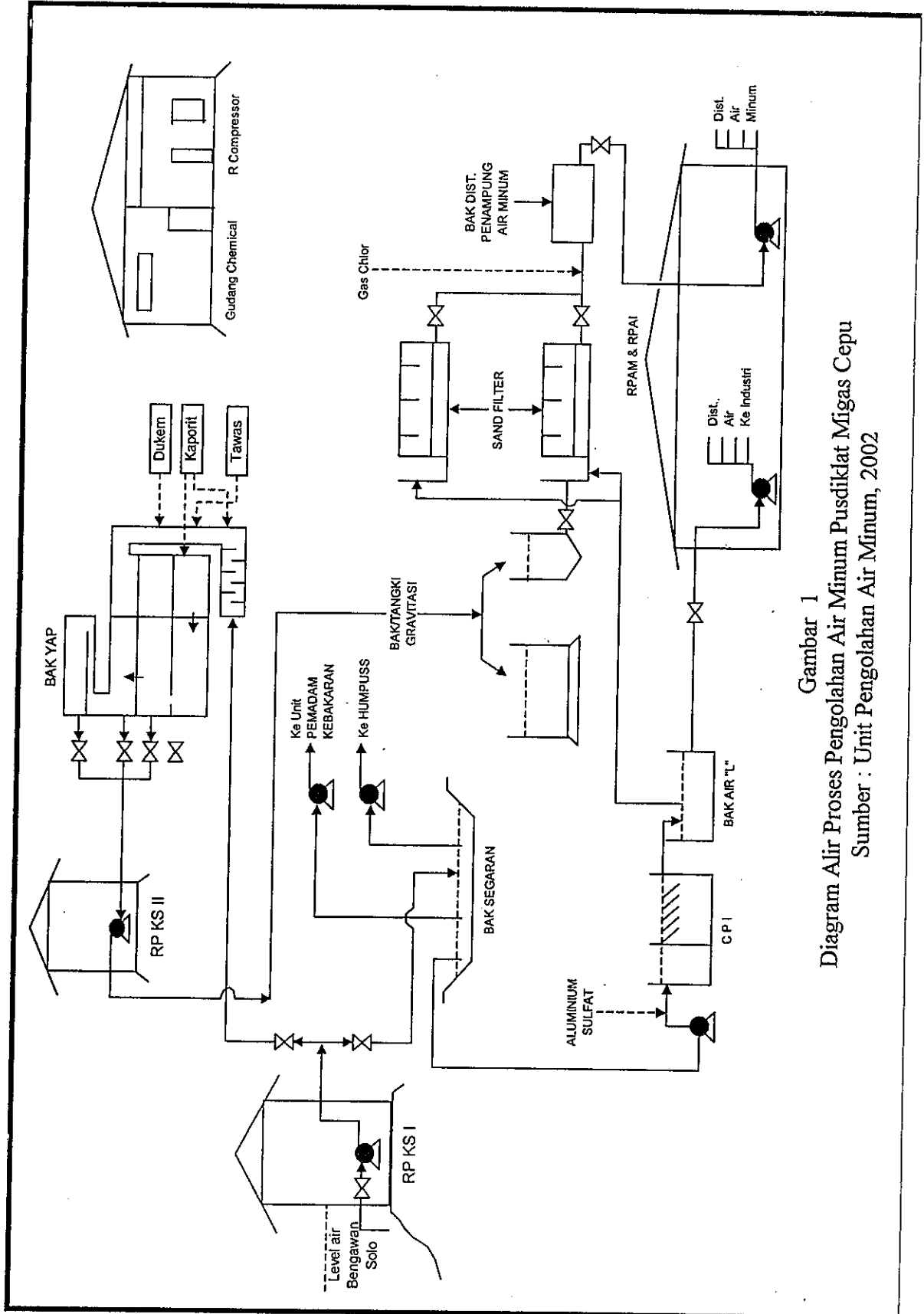
Merupakan proses penghilangan/pembunuhan bakteri/kuman yang bersifat patogen (menyebabkan penyakit). Desinfeksi yang umum digunakan pada pengolahan air adalah senyawa chlorine dan derifatnya, biasanya berupa gas chlor, chlor cair, sodium hypochloride atau calcium hypochlorite. Hal ini disebabkan senyawa chlorine mempunyai efektifitas yang tinggi walaupun dalam jumlah yang kecil serta mempunyai kemampuan oksidasi yang kuat untuk menghancurkan bahan-bahan organik.

2.3. Tinjauan Umum tentang Penggunaan Air di Pusdiklat Migas.

Air yang dikonsumsi oleh Pusdiklat Migas adalah air dari intake Sungai Bengawan Solo melalui pengolahan di Unit Pengolahan Air Minum. Air dari Sungai Bengawan Solo tersebut merupakan bagian dari air hujan, air dari buangan industri dibagian hulu yang mengandung aneka ragam senyawa, air dari buangan limbah domestik, serta dari kegiatan lainnya. Sehingga untuk mengolahnya perlu perlakuan-perlakuan khusus agar air yang dihasilkan dari olahan tersebut dapat digunakan untuk kegiatan rumah tangga maupun industri. Peruntukan air olahan di Pusdiklat Migas Cepu digunakan untuk mensuplai air umpan boiler, air pendingin kilang dan air back wash Sand Filter di Unit Pengolahan Air Minum (data Unit Pengolahan Air Minum Pusdiklat Migas tahun 2002).

Khusus air back wash pada Sand Filter ini dipakai untuk mencuci filter pada Sand Filter. Sand Filter digunakan untuk menyaring air dari tangki gravitasi yang kemudian setelah disaring dimasukkan kedalam bak distribusi penampung air minum. Dengan kegiatannya tersebut maka filter mengalami kebuntuan sehingga perlu dicuci dengan air dari CPI. Air yang digunakan untuk kegiatan back wash Sand Filter di Unit Pengolahan Air Minum dengan total pemakaian $\pm 4.500 \text{ m}^3/\text{bulan}$. Konsekwensi yang ditimbulkan berupa limbah cair dari kegiatan tersebut.

Limbah cair dari buangan back wash pada Sand Filter tersebut selama ini sebagian besar dibuang ke Bak Intake/ Bak Segaran dan sebagian lagi dibuang ke Sungai Bengawan Solo. Untuk itu perlu kiranya dikaji mengenai kinerja dari kegiatan tersebut sehingga alternatif pengelolaan limbah cair dengan teknologi bersih/minimisasi limbah perlu dikembangkan.



Gambar 1
Diagram Alir Proses Pengolahan Air Minum Pusdiklat Migas Cebu
Sumber : Unit Pengolahan Air Minum, 2002

2.3.1. Teknologi Pengolahan Air Corrugated Plate Interceptor (CPI)

a. Proses pengolahan Air di CPI :

Corrugated Plate Interceptor (CPI)

CPI sebuah unit pengolahan air yang didirikan di instalasi penjernihan air minum. Unit ini relatif baru, digunakan dalam pengolahan air produk CPI di Pusdiklat Migas Cepu.

Untuk CPI ini terdiri dari :

- 3 buah flokulator yang dipasang seri dengan mixernya.
- 8 buah klarifier, yang masing-masing dilengkapi dengan satu set plate paralel.
- 2 buah bak pengaduk larutan aluminium sulfat dengan mixernya.
- 2 buah unit pompa CPI

1. Flokulator

Air baku dari rumah KS I (air dari bak segaran) diinjeksi larutan aluminium sulfat, sebelum masuk flokulator I dengan mixer melewati pipa masuk kedalam flokulator I, II, III, sehingga terjadi proses pengendapan serta pembentukan flok secara berkesinambungan.

2. Klarifier

Air dari flokulator diteruskan dengan melewati talang masuk ke dalam 8 (delapan) buah *Klarifier* yang dipasang secara paralel. Didalam *Klarifier* terjadi pemisahan antara air jernih dengan flok yang sudah terbentuk dengan bantuan *shell plate paralel*, sehingga flok hasil dari flokulator akan segera jatuh ke ruang pengendap, sehingga air jernih hasil pemisahan akan terus naik ke atas secara *over flow* menjadi air produk CPI.

b. Tahapan Pengolahan Air pada Corrugated Plate Interceptor (CPI)

1. Bak Segaran (Bak Intake)

Bak intake ini merupakan fasilitas penampungan air untuk dijadikan air bersih.

Bak ini menampung air dari Sungai Bengawan Solo yang di pompa (KS I) kemudian diendapkan secara fisika. Air dari Bak Segaran dipompa dengan diinjeksi larutan aluminium sulfat ke fasilitas CPI sebagai air bersih.

2. Pompa Penyadap Air

Ada 2 buah pompa yang berfungsi sebagai penyadap air dari bak segaran untuk disalurkan ke Corrugated Plate Interceptor (CPI).

Data Pompa :

- Jenis = Centrifugal Single Stage
- Total Head = 225 m
- Kapasitas = 200 m³/jam
- Putaran = 1450 Rpm
- Penggerak = Motor Listrik 22 KW

Kondisi operasi 1 buah beroperasi, sedangkan yang satu lagi stand by atau sesuai dengan kebutuhan.

3. Bak Pengaduk larutan Aluminium Sulfat dengan mixernya.

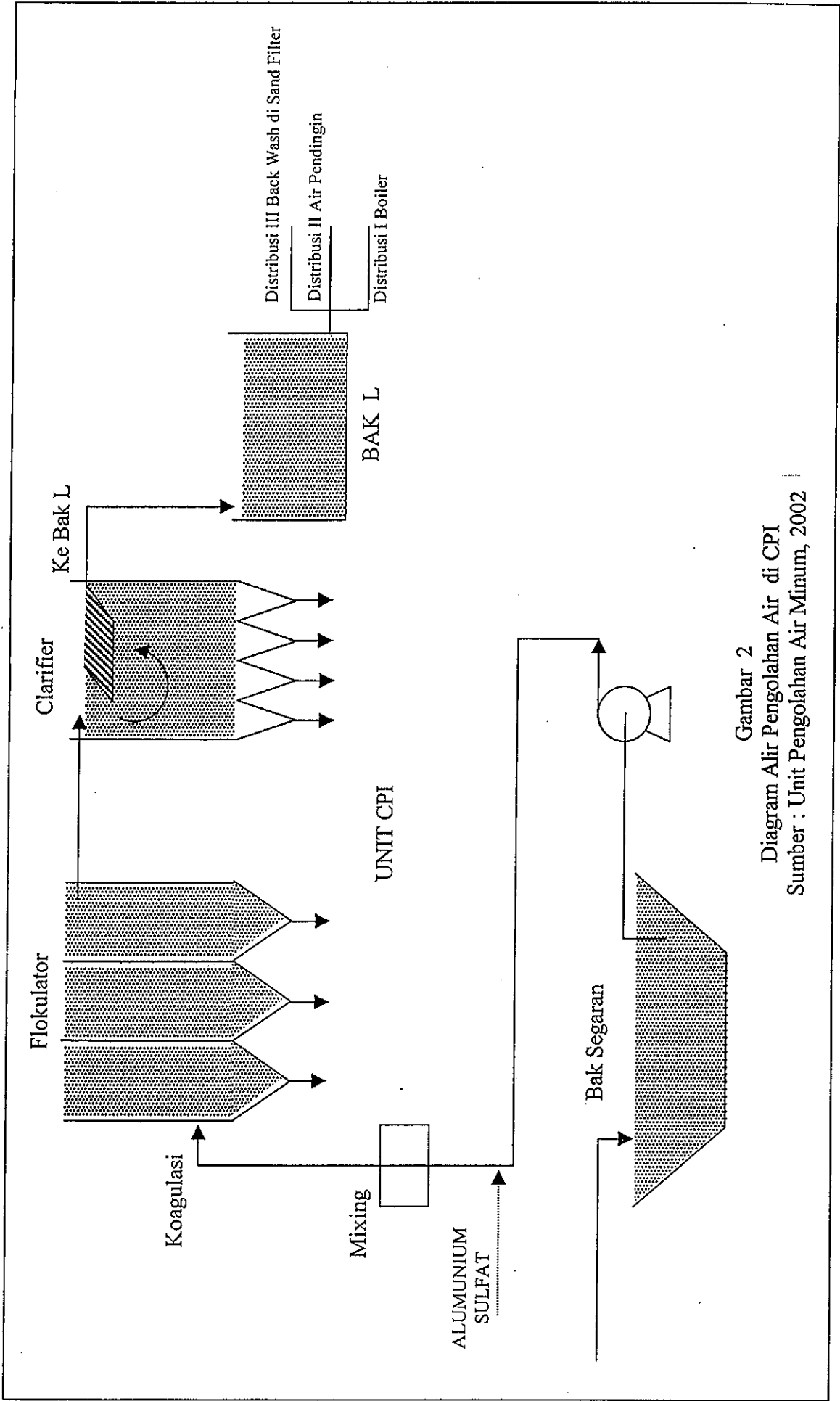
Bak ini merupakan fasilitas penampung untuk mencampur larutan aluminium Sulfat dan air yang kemudian dimixer. Larutan tersebut dialirkan ke CPI.

4. C P I (Corrugated Plate Interceptor)

Air dari Bak Segaran yang sudah diinjeksi larutan Aluminium Sulfat diolah pada flokulator. Pada flokulator terjadi pembentukan flok dan pengendapan. Setelah itu melalui talang dialirkan dan diolah di Klarifier. Pada Klarifier terjadi pemisahan air jernih dan flok. Flok akan jatuh ke bak pengendap dan air jernih dialirkan ke Bak Penampung (Bal L).

5. Bak Penampung (Bak L)

Bak ini menampung air jernih dari CPI yang kemudian didistribusikan ke Boiler, Air Pendingin dan Air Back Wash pada Sand Filter.



Gambar 2
Diagram Alir Pengolahan Air di CPI
Sumber : Unit Pengolahan Air Minum, 2002

2.3.2. Bak Penyaring (Sand Filter)

Bak penyaring terdiri dari 14 (empat belas) buah, dengan jenis saringan adalah *gravity filter* dengan menggunakan pasir silica.

Back Wash dilakukan untuk membersihkan filter di Sand Filter agar filter tidak mengalami kebuntuan.

Pencucian ini dilakukan setiap hari untuk 5 filter baik untuk Sand Filter lama dan baru.

Proses Penyaringan:

Air dari tangki gravitasi (dalam proses untuk mendapatkan air minum) masuk ke filter masuk ke bagian atas lapisan pasir, air tersebut akan mencoba menembus ketebalan pasir filter dan kemudian akan mengalir melalui nozel-nozel di bawah pasir filter menuju ke ruang air bersih. Dari ruang air bersih air mengalir menuju bak penampungan air minum. Pemakaian filter yang terus menerus akan menyebabkan kapasitas penyaringan akan menurun yang antara lain disebabkan partikel-partikel yang ada tidak dapat menembus pasir penyaringan akibat kebuntuan/tertutupnya pori-pori penyaring (filter).

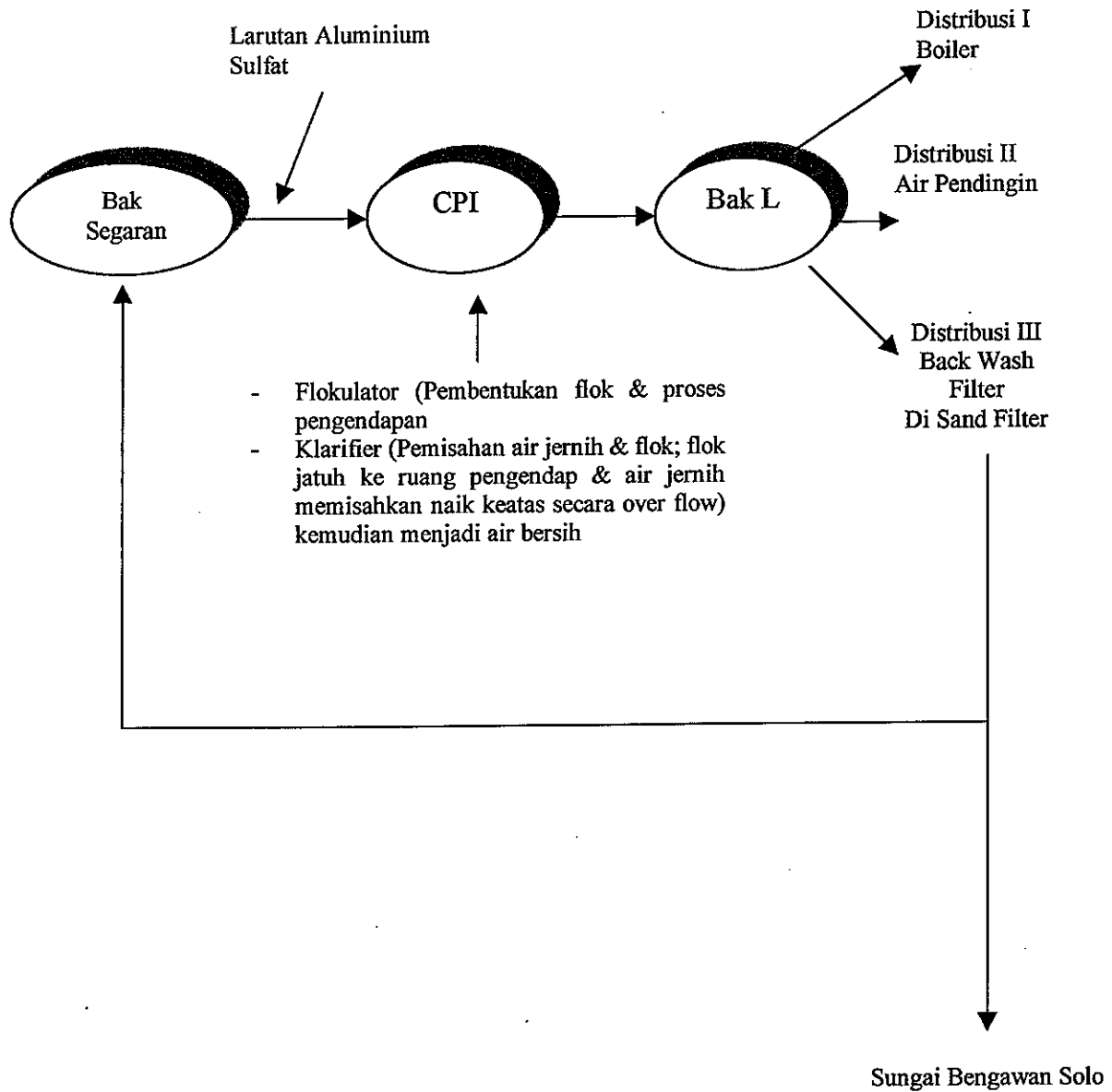
Oleh karena itu, unit penyaringan secara periodik dan bergantian harus dicuci (*back Wash*) dengan udara bertekanan dan air bersih secara bersama-sama dialirkan berlawanan dengan arah normal operasi.

Data bak penyaringan yang lama :

Jenis	: Saringan pasir berbentuk empat persegi
Ukuran	: $5 \times 1,5 \times 3$ m
Jumlah	: 7 (tujuh) buah
Kapasitas	: 50 m^3 /jam

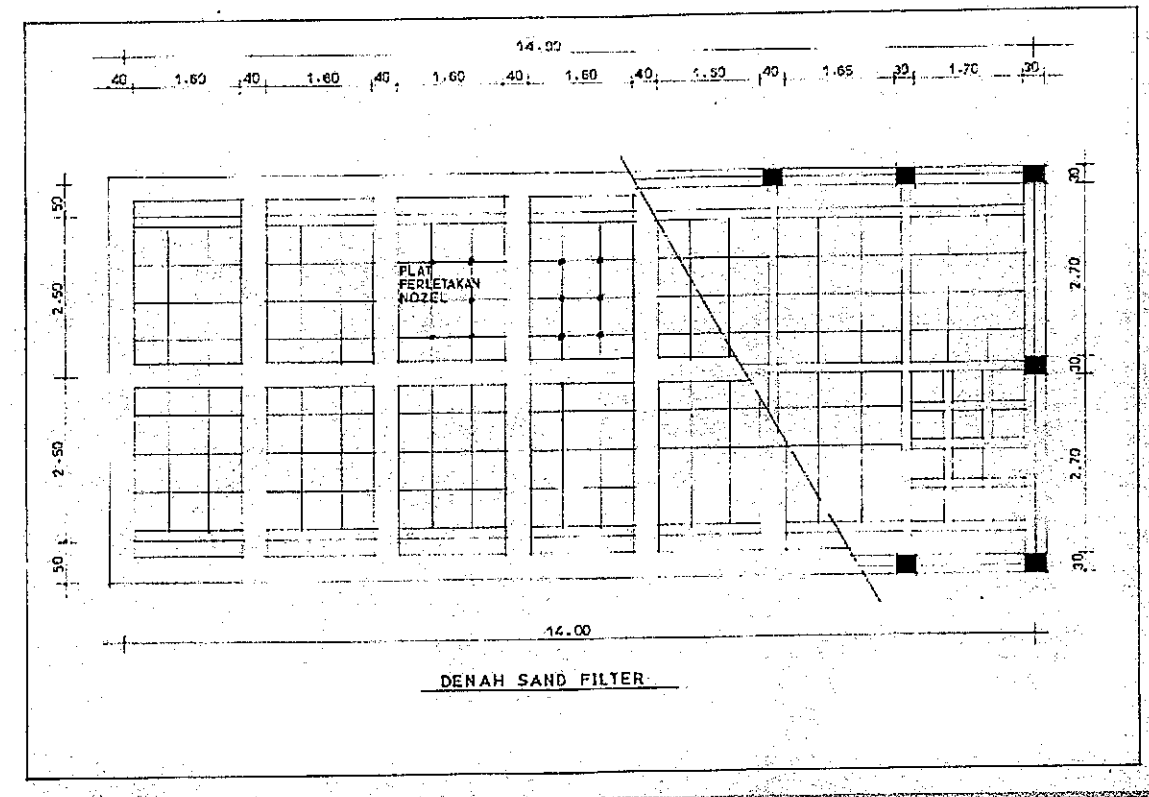
Data bak penyaringan yang baru

Jenis	: saringan pasir berbentuk empat persegi
Ukuran	: $6 \times 2 \times 3$ m
Jumlah	: 7 (tujuh) buah
Kapasitas	: 60 m^3 /jam.



Gambar 3

Diagram Alir Back Wash Filter di Sand Filter pada Unit Pengolahan Air Minum



Gambar 4
Sand Filter Unit Pengolahan Air Minum

2.4. Kerangka Teoritik.

2.4.1. Sedimentasi

Pada penelitian ini proses yang dilakukan adalah proses sedimentasi/pengendapan kotoran-kotoran padat yang lebih berat dari air. Proses ini merupakan proses fisika

Tujuan proses sedimentasi ini adalah :

- Menghilangkan kekeruhan;
- Mengurangi kesadahan;
- Mengurangi kebutuhan bahan kimia pada proses selanjutnya.

Dasar Proses sedimentasi adalah :

- Perbedaan berat jenis lumpur dan air;

- Lumpur yang memiliki berat jenis lebih besar dari air akan turun memisah keluar dari air karena gaya gravitasi;
 - Partikel lain yang memiliki berat secara gravitasi tertarik ikut turun kebawah; sehingga terjadi pemisahan.
- Kriteria desain yang perlu diperhatikan dalam proses sedimentasi adalah :
- Waktu Pengendapan.
Pemberian waktu harus cukup sehingga partikel dapat memisah sempurna.
 - Jenis Aliran.
Aliran harus laminer, sifat aliran teratur, lambat dan tidak mengaduk. Kondisi tipe aliran dapat diketahui dari harga Nre (bilangan Reynold)
 - Memperlama Aliran dalam Bak.
Dengan tujuan memperpendek waktu pengendapan (dalam belokan-belokan aliran) atau bak disekat-sekat.
- Menghitung Bilangan Reynold untuk Pengendapan.
Bilangan Reynold menunjukkan suatu aliran dalam kondisi turbulen atau laminer. Pada kondisi pemisahan aliran harus laminer.
- Bilangan Reynold < 2100, partikel mengendap pada aliran laminer;
 - Bilangan Reynold 2100 – 2300, merupakan daerah transisi;
 - Bilangan Reynold > 2300, partikel mengendap pada aliran turbulen.

Menghitung bilangan Reynold dengan rumus :

$$Re = \frac{V_o \cdot R}{\nu} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

Re = Bilangan Reynold;

R = Hydraulic radius (m), dihitung berdasarkan $w.h/w + 2 h$;

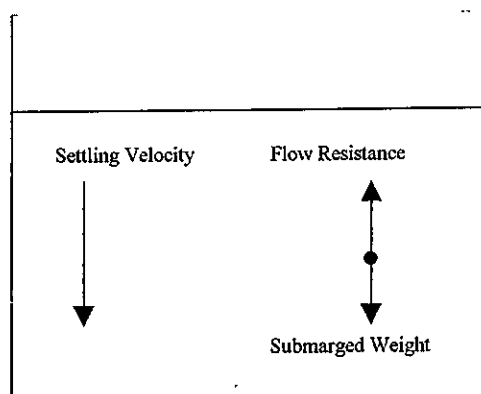
V_o = Kecepatan horizontal aliran (m/detik);

ν = Viscositas kinetis air pada suhu operasi ($m^2/detik$).

2.4.2. Menghitung Kecepatan Pengendapan.

Pengendapan partikel diskrit terjadi, bila selama proses pengendapan tidak terjadi perubahan bentuk, ukuran dan berat partikel dalam fluida yang tenang. Partikel akan bergerak kebawah jika massa jenisnya lebih besar dari fluida disekitarnya, dan partikel akan bergerak keatas jika massa jenisnya lebih kecil dari fluida disekitarnya. Partikel akan mengalami percepatan sampai gaya hambat cairan sebanding dengan gaya dorong, selanjutnya kecepatan partikel dalam fluida akan tetap.

Kecepatan pengendapan dipengaruhi oleh adanya tipe aliran dan stabilitas pengendapan. Tipe aliran dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan pada nilai bilangan Reynold (NRE) sedangkan kestabilan pengendapan dapat dihitung berdasarkan nilai bilangan Froude.



Gambar 5 :

Pengendapan partikel tunggal dalam fluida yang tenang.

Sumber : L.Huisman, Sedimentasi and Flotation Mechanical Filtration

- a. Kecepatan pengendapan sangat dipengaruhi oleh tipe aliran yang ditentukan oleh bilangan Reynold.

Bilangan Reynold sangat berpengaruh terhadap kecepatan, karena ada hubungan dengan kondisi aliran yaitu aliran laminar atau turbulen.

$Re < 1$, kondisi air mengalir, partikel bergerak di sepanjang aliran.

$Re > 2000$, partikel mengendap pada kondisi aliran turbulen.

$1 < Re < 2000$, merupakan daerah transisi, dimana Re dibawah 10^4 , kondisi aliran laminer yaitu daerah partikel dapat diendapkan.

b. Stabilitas Pengendapan, bilangan Froude ;

Pengendapan partikel pada kondisi laminer dipandang dari segi bilangan Reynold, ternyata masih belum menjamin, tidak terganggunya pengendapan karena adanya pengaruh gravitasi bumi.

Keadaan laminer memerlukan kecepatan aliran yang rendah tetapi makin rendah laju aliran, makin mudah dan makin besar pengaruh gravitasi bumi. Keadaan laminar pada aliran yang semula seragam, menjadi tertarik melengkung menghasilkan olakan-olakan vertikal yang mengganggu pengendapan. Dengan kata lain ; dibutuhkan kecepatan yang cukup tinggi agar tidak terpengaruh gravitasi bumi. Ini berarti, aliran memberikan hasil yang kontradiktif yaitu dari segi turbulensi dibutuhkan kecepatan rendah, namun dari segi stabilitas dibutuhkan kecepatan tinggi guna memperoleh pengendapan yang sempurna.

Pengaruh stabilitas pengendapan oleh gravitasi, diukur dengan bilangan berdimensi yang menggambarkan aliran, radius hidraulis dan gravitasi yang dikenal sebagai bilangan Froude.

$$Fr = V_o^2/gR \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

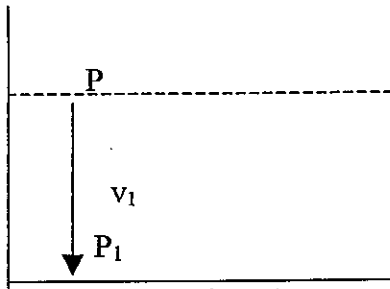
Fr = Bilangan Froude ($> 10^{-5}$);

V_o = Kecepatan aliran (m/det);

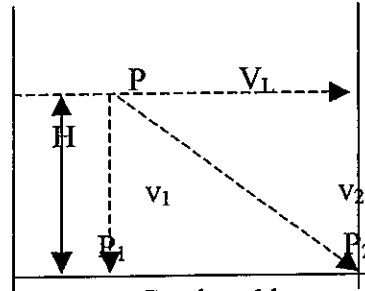
g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/dt}^2$);

R = Hydraulic radius (m)

2.4.3. Menghitung waktu Pengendapan.



Gambar. 6.a :



Gambar 6.b :

Arah Gerakan Partikel \perp kebawah Partikel mendapat 2 arah gerakan

Waktu Pengendapan $t = H/v_1$

Sumber : Mustakim, Gravity Separation

Pada gambar 6.a, arah gerakan partikel tegak lurus kebawah dan Partikel mengendap di titik $P_1 \perp$ dibawah posisi semula, sehingga waktu pengendapan = $t = H/v_1$.

Pada gambar 6.b, partikel mendapat 2 arah gerakan; yakni mendatar karena pengaruh aliran horizontal air masuk dan keluar (v_L) serta kebawah (v_1). Dengan demikian lintasan gerakan partikel dapat ditentukan menuju ke P_2 karena resultante gerakan adalah v_1 dan v_L . Sehingga dapat dihitung waktu pengendapannya adalah sesuai rumus :

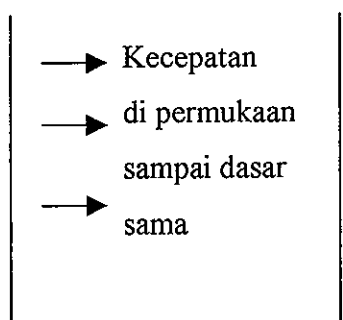
$$t = \frac{P_1 - P_2}{v_2} = H/v_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- t : waktu pengendapan
- $P_1=P_2$: partikel mengendap
- H : jarak yang ditempuh
- v : arah gerakan partikel

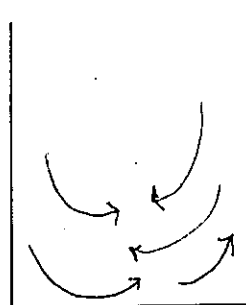
Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa :

Untuk pengendapan tenang dan berkesinambungan dengan aliran, membutuhkan volume bak dan waktu pengendapan yang sama.



Gambar 7.a :

Aliran yang seragam



Gambar 7.b :

Aliran terjadi Olakan

Gambar 7 : Tipe dan jenis aliran

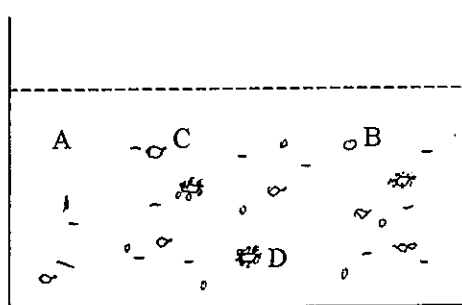
Sumber : Mustakim, Gravity Separation

Dari gambar 7 terlihat adanya olakan aliran akibat sifat turbulensi aliran dan adanya gravitasi. Sehingga suatu bak sedimentasi seyogyanya memiliki karakteristik hidrolis sebagai berikut :

1. Aliran air horizontal dan mempunyai kecepatan seragam dalam seluruh tempat dalam bak. Aliran horizontal mempunyai kecepatan linier (tidak terjadi turbulensi) dengan waktu pengendapan setara waktu tinggalnya yang merupakan pembagian dari volume dan debitnya.
2. Pada saat masuk bak sedimentasi, semua partikel padatan dalam air terdistribusi merata pada seluruh kedalaman bak dengan asumsi partikel dikatakan mengendap bilamana ia mencapai dasar bak.

2.4.4. Pemakaian Koagulan pada Proses Penjernihan Air Bersih.

Koagulasi merupakan proses untuk mempercepat pengendapan kotoran padatan dalam air dengan penambahan bahan kimia yang disebut koagulan. Koagulan yang ditambahkan dalam air akan membentuk inti flok. Inti flok akan berbenturan dengan partikel-partikel kotoran membentuk gumpalan flok yang lebih besar karena partikel kotoran menempel di dinding flok. Gumpalan flok yang lebih berat akan mengendap lebih cepat demikian seterusnya akan terjadi pengendapan akibat terjadinya flokulasi.



Gambar 8

Proses Pembentukan Flok didalam Bak pada proses Flokulasi.

Sumber : Risayekti, Pengolahan Air.

Keterangan :

- A = Air yang dijernihkan
- B = Partikel kotoran
- C = Inti flok
- D = Flok

Bahan koagulan yang ditambahkan pada proses koagulasi adalah merupakan bahan yang dapat membentuk inti flok dengan kemampuan menyerap atau ditempel partikel padatan kotoran dalam air. Bahan koagulan adalah garam mineral, yang makin tinggi kation valensinya akan semakin baik.

Contoh :

Aluminium Sulfat $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ dengan inti flok $Al(OH)_3$ kationnya; Al^{+++} dengan nilai pH efektif adalah 5,6 – 7,4

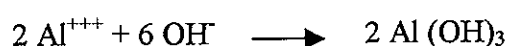
Dibawah range ini air bersifat asam sehingga daya larut tinggi menyebabkan inti flok dan flok pecah serta larut. Diatas range ini air akan bersifat basa sehingga inti flok $Al(OH)_3$ yang bersifat amphoter akan kembali menjadi asam aluminat yang larut dalam air dan flok tidak terbentuk.

Reaksi yang terjadi bila Aluminium Sulfat ditambahkan dalam air adalah :

- $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O] \rightleftharpoons 2 Al^{+++} + 3 SO_4^{=} + 18 H_2O$ terbentuk kesetimbangan.

- Reaksi kesetimbangan air dengan harga α sangat kecil $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

Al^{+++} bereaksi dengan OH^- dari air membentuk inti flok $Al(OH)_3$



Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi sebagai proses pengendapan kotoran adalah :

- Macam dan jumlah koagulan yang digunakan
- Tingkat kekeruhan dan warna air yang akan dijernihkan;
- Nilai kebasaaan dan keasaman air;
- Suhu air dan waktu pencampuran hingga terjadinya flokulasi.

Air yang lebih keruh pada suhu rendah memerlukan mutu koagulan yang lebih baik. Harga pH air harus diatur secara sempurna agar terbentuk flok yang lebih baik. Bahan koagulan yang dipakai oleh Pusdiklat Migas Cepu untuk kegiatan penjernihan air adalah Aluminium Sulfat $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ dengan dosis : 15 – 100 g/m^3 (diperdagangkan), atau sesuai dengan kekeruhan air. Karakteristik bahan aluminium sulfat $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ yang digunakan dalam pengolahan air adalah sebagai berikut

- pH untuk koagulan = 5,5 – 8,0;
- Dosis = 5,2 – 8,5 mg/liter ;
- Kekuatan = 0,25 % - 5 %;
- Sifat = asam & korosif;
- Densitas = 514,3 kg/m^3 .

2.4.5. Penentuan Dosis Optimum.

Penentuan dosis optimum koagulan untuk efisiensi dan kualitas air produk yang baik digunakan cara Jar test Apparatus. Peralatan Jar test Apparatus terdiri dari 4 atau lebih gelas beaker yang mempunyai ukuran 1 liter – 2 liter. Pedal pengaduk dari bahan yang tahan korosi ditempatkan pada masing-masing gelas yang dapat berputar sebagaimana yang dikehendaki. Alat pengaduk dihentikan dan flok mulai terbentuk pada masing-masing gelas, kemudian diamati serta dicatat setiap saat terjadi perubahan dalam pembentukan flok atau agregat.

Dosis koagulan yang memberikan hasil flok yang paling baik dalam waktu yang relatif singkat adalah yang optimum dan dosis inilah yang selanjutnya dijadikan patokan dalam operasi.

2.4.6. Indikator Pencemar Lingkungan karena Aluminium.

Pada Unit Pengolahan Air Minum, proses untuk mendapatkan air bersih digunakan bahan koagulan Aluminium Sulfat $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$. Pemakaian bahan koagulan Aluminium Sulfat untuk menjernihkan air produk CPI dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Cukup efektif;
- Harganya murah dan mudah didapat;
- Relatif gampang penanganannya;
- Efek negatifnya rendah.

Walaupun demikian, buangan air pengendapan dari proses back wash yang masih mengandung Aluminium ini adalah merupakan pencemar lingkungan. Oleh karena itu pencemar aluminium sangat potensial mencemari lingkungan, untuk itu perlu diketahui nilai ambang batas (NAB).

Nilai ambang batas aluminium :

1. Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai logam aluminium dan debu $Al_2O_3 = 10 \text{ mg/m}^3$;
2. Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai Pyro Powder = 15 mg/m^3 ;
3. Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai asap = 15 mg/m^3 ;
4. Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai garam terlarut = 12 mg/m^3 ;
5. Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai gugus alkil = 12 mg/m^3 (Documentation of the Threshold Limit Values).

Air yang diperoleh dari proses pengolahan CPI tersebut salah satunya dipakai untuk mencuci/back wash filter pada Sand Filter yang dilakukan tiap hari.

Menurut data penggunaan air untuk back wash $\pm 180 \text{ m}^3$ untuk pencucian 5 buah filter selama 5 jam (data pengukuran di Unit Pengolahan Air Minum). Berdasarkan atas hasil analisa dari laboratorium kandungan Aluminium endapan limbah air back wash sebesar 113656,58 mg/kg, sehingga dapat diketahui besar kadar Aluminium yang akan mencemari lingkungan.

2.4.7. Metoda Perhitungan Biaya Investasi.

Metode Perhitungan Biaya Investasi ini ada 5 (lima) yang biasa dipertimbangkan dalam penilaian investasi yang dapat dipakai sebagai dasar perhitungan optimasi penerapan pembiayaan pada teknologi bersih suatu industri.

Metode-metode tersebut adalah :

1. Metode Average Rate of Return
2. Metode Payback
3. Metode Net Present Value
4. Metoda Tingkat Pengembalian (Rate of Return)
5. Metoda Profitability Index

Mekanisme dan perbedaan masing-masing metode tersebut adalah sebagai berikut :

1. Metode "Average Rate of Return"

Metode ini mengukur berapa tingkat keuntungan rata-rata yang diperoleh dari suatu investasi. Angka yang dipergunakan adalah laba setelah pajak dibandingkan dengan total atau average investment. Apabila lebih besar daripada tingkat keuntungan yang disyaratkan, maka proyek dikatakan menguntungkan, apabila lebih kecil daripada tingkat keuntungan yang disyaratkan proyek ditolak. Metode ini sangat sederhana, sehingga mudah menggunakannya. Tetapi karena kesederhanaan tersebut mengandung kelemahan. Kelemahan yang utama adalah diabaikannya nilai waktu dan uang, padahal ini sangat penting. Kedua, digunakannya konsep laba menurut akuntansi dan bukan kas. Padahal sesuai prinsip ekonomi kas adalah merupakan factor utama aliran keuangan. Untuk mencari nilai ARR perlu kita ketahui perbandingan antara Rate of Return dengan keuntungan yang disyaratkan. Jika nilai Rate of Return lebih besar dari keuntungan yang disyaratkan maka proyek menguntungkan, sebaliknya jika nilainya lebih kecil proyek dianggap tidak layak diteruskan.

Rumus Rate of Return adalah:

$$\frac{\text{cash inf low / rata - rata tingkat keuntungan per tahun}}{\text{cash out flow / biaya operasional}} \times 100 \%$$

Rumus Average Rate of Return/keuntungan yang disyaratkan adalah :

$$\frac{\text{Rata - rata tingkat keuntungan dari rata - rata investasi}}{\text{Cash inf low / rata - rata tingkat keutungan per tahun}} \times 100 \%$$

Rata-rata investasi dapat dicari dengan diketahui umur ekonomis aktiva tetap dan nilai penyusutan aktiva tetap.

2. Metode Payback.

Metode ini mencoba mengukur seberapa cepat investasi bisa kembali. Karena itu satuan hasilnya bukan presentasi, tetapi satuan waktu (bulan, tahun dan sebagainya). Kalau periode payback ini lebih pendek daripada yang disyaratkan, maka proyek dikatakan menguntungkan, sedangkan kalau lebih lama proyek ditolak. Karena metode ini mengukur seberapa cepat suatu investasi bisa kembali, maka dasar yang dipergunakan adalah aliran kas, bukan laba. Untuk itu perlu dihitung dulu aliran kas dari proyek tersebut. Problem utama dari metode ini adalah sulitnya menentukan periode payback maksimum yang disyaratkan, untuk dipergunakan sebagai angka pembanding. Secara normatif memang tidak ada pedoman yang bisa dipakai untuk menentukan payback maksimum ini. Dalam praktek yang dipergunakan adalah payback umum dari perusahaan-perusahaan yang sejenis.

Kelemahan-kelemahan lain dari metode ini adalah :

1. Diabaikannya nilai waktu uang
2. Diabaikannya aliran kas setelah periode payback.

Untuk mengatasi kelemahan yang pertama, maka tidak dihitung besar pengembalian (discounted payback), dimana aliran kas operasional dan terminal cash flow tidak diperhitungkan dengan tingkat bunga yang dianggap relevan.

Meskipun diakui adanya kelemahan-kelemahan ini, dalam praktiknya masih banyak organisasi yang menggunakan metode payback sebagai pelengkap penilaian investasi. Cara ini terutama dipergunakan untuk perusahaan-perusahaan yang menghadapi problem likuiditasi atau kelancaran keuangan jangka pendek.

Nilai dari metoda Payback dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{\text{Investasi (cash outflow)}}{\text{Pemasukan kas (cash inflow) pertahun}} \times \text{tahun}$$

3. Metode Net Present Value

Metode ini dipakai untuk menilai proyek penanaman modal yang sudah lama ditetapkan. Metode ini dikenal sebagai metode nilai sekarang atau metoda nilai bersih sekarang (NPV = net present value). Metode ini lebih mudah diterapkan pada situasi berbagai jumlah uang yang dibayarkan atau diterima selama periode waktu.

Dasar dari metode ini adalah semua penerimaan atau pembayaran mendatang yang berhubungan dengan suatu proyek investasi diubah ke nilai sekarang dengan menggunakan tingkat bunga, yang seperti sebelumnya menunjukkan biaya uang yang terlibat atau tingkat pengembalian yang pantas untuk uang tersebut.

Apabila nilai sekarang penerimaan kas bersih / PV dimasa yang akan datang lebih besar daripada nilai sekarang, investasi (positif), maka proyek ini dikatakan menguntungkan sehingga diterima. Sedangkan jika nilainya lebih kecil (negatif) proyek ditolak karena dinilai tidak menguntungkan. Apabila nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih/PV dimasa yang akan datang lebih besar daripada nilai sekarang investasi (positive), maka proyek ini dikatakan menguntungkan sehingga diterima. Sedangkan jika nilainya lebih kecil (negatif) proyek ditolak karena dinilai tidak menguntungkan.

$$\text{Rumus} = - \text{investasi} + \frac{\text{Cash inf low}}{(1+r)^1} + \frac{\text{Cash inf low}}{(1+r)^2} + \frac{\text{Cash inf low}}{(1+r)^t} + PV$$

r = rate/bunga relevan

t = tahun t = tahun yang diharapkan modal kembali

PV = present valve = investasi sekarang

4. Metoda Tingkat Pengembalian (Rate of Return Method).

“Rate of Return” adalah metoda perbandingan alternatif-alternatif investasi atau tingkat bunga pendapatan atas investasi yang tidak dibayar, jadwal pembayaran membuat investasi yang tidak dibayar sesuai dengan nol di akhir masa/umur investasi. Metoda ini yang paling terkenal dikenal sebagai “internal rate of return” (IRR) dan “return on investment” (ROI).

Konsep rate of return (RR) memberikan suatu gambaran prosentase yang menunjukkan hasil relatif pada penggunaan modal yang berlainan. Nilai tahunan dan nilai sekarang adalah merupakan dasar untuk perhitungan rate of return (RR). Secara ekuivalen, rate of return (RR) dapat dihitung dengan mempersamakan baik Cashflow tahunan ataupun Cashflow sekarang sama dengan nol dan memberikan pemecahan untuk tingkat bunga (RR) yang memberikan kesamaan.

Pada proyek pembuatan bangunan maka yang perlu diperhatikan adalah biaya membangun sebuah bangunan (bak tandon) dihitung kemudian langkah selanjutnya menghitung pendapatan dari penghematan yang bisa dilakukan dari proses produksi yang ada untuk membayar bunga dan pengembalian modal. Untuk tingkat kesamaan investasi dan tingkat bunga maka perlu dibuat secara proporsional yang merupakan perbandingan yang berbalikan.

IRR didefinisikan sebagai tingkat pendiskontoan yang mengakibatkan nilai sekarang dari arus kas masuk yang diharapkan dari suatu proyek sama dengan nilai sekarang dari perkiraan proyek tersebut.

PV arus kas masuk = PV biaya investasi atau

PV arus kas masuk – PV biaya investasi = 0

Bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

atau

$$\sum_{t=0}^n CF_t (PVIF_{IRR,t})$$

Keterangan :

PVIF = Present Value

t = Tahun

n = Jumlah

CF = Cash Inflow

5. Metode Profitability Index

Metode ini menghitung perbandingan antara nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa datang dengan nilai sekarang investasi. Kalau Profitability index (PI)-nya lebih besar dari 1, maka proyek dikatakan menguntungkan, tetapi kalau kurang dikatakan tidak menguntungkan. Sebagaimana metode NPV, maka metode ini perlu menentukan terlebih dulu tingkat bunga yang akan dipergunakan.

Rumus :
$$\frac{NPV}{Total\ Investasi}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada kasus ini digunakan metoda :

- a. Average Rate of Return.
- b. Pay Back.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Kegiatan Penelitian.

Lokasi pengambilan data primer dilakukan di Unit Pengolahan Air Minum Pusdiklat Migas Cepu dan pengujian dilakukan dilaboratorium Pusdiklat migas Cepu terutama untuk data berikut :

- Data kuantitas debit limbah air back wash filter ;
- Data kualitas limbah air back wash filter atas dasar pengujian dilaboratorium;
- Mengambil sampel limbah air back wash filter untuk dilakukan penelitian di laboratorium;
- Data sampel endapan limbah air back wash filter dan air baku dari lapangan untuk diteliti di laboratorium;
- Data-dara sekunder sesuai kebutuhan.

3.2. Bahan dan Peralatan.

1. Bahan.

Sebagai bahan yang utama adalah air back wash filter yang digunakan pada Sand Filter Unit Pengolahan Air Minum, endapan limbah air back wash filter dan air baku sebagai bahan baku lainnya, sedangkan untuk bahan tambahan untuk pengujian adalah bahan aluminium sulfat.

2. Peralatan yang digunakan untuk penelitian.

Peralatan-peralatan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengukur turbidity dengan alat : Turbidimeter (Nephelometer Turbidity Unit), Tabung gelas, Beaker glass;
- b. Untuk mengukur pH dengan alat : pH meter, beaker glass;
- c. Untuk menghitung Total Solid (TS) dengan alat :
 - Cawan porselin, oven, desikator, timbangan, graduate pipete.
- d. Untuk menghitung Total Suspended Solid (TSS) dengan alat :
 - Sintered glass (Crucible Gooch-5);

- Waterjet/vacuum pump;
 - Oven;
 - Desikator;
 - Timbangan;
- e. Untuk menghitung kebutuhan Aluminium Sulfat dalam kegiatan recycle dengan alat :
- Jar test;
 - Beaker glass;
 - Turbidimeter;
 - pH meter;

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai bulan Maret 2003 sampai dengan Juni 2003. Dilakukan pada pagi hari hingga siang hari di Laboratorium Pusdiklat Migas Cepu. Tahapan dalam penelitian dibagi menjadi 2 bagian , pada tiap bagian akan dapat menghasilkan suatu analisis perhitungan penyelesaian suatu masalah dari tujuan penelitian ini.

3.4. Tahapan Penelitian.

3.4.1. Penelitian untuk limbah air *back wash*.

- a. Pengambilan bahan limbah air back wash filter di lapangan;
- b. Limbah air back wash filter dimasukkan dalam elemeyer besar kemudian diambil sebagian dalam beaker glass kecil untuk diteliti;
- c. Di test dengan turbidimeter dan pH meter untuk mengukur turbidity dan derajat keasaman;
- d. Limbah air back wash filter dari elemeyer besar dimasukkan dalam cawan porselin untuk diteliti Total Solidnya dengan cara dioven, dimasukkan desikator, ditimbang;
- e. Selanjutnya dilakukan pencatatan tabulasi hasilnya.

3.4.2. Penelitian untuk TSS dan TDS.

- a. Pengambilan bahan limbah air back wash filter di lapangan;
- b. Limbah air back wash filter disaring dengan sintered glass (memakai vacuum pump);

- c. Dioven kemudian ditimbang;
- d. Selanjutnya dilakukan pencatatan tabulasi hasilnya.

3.4.3. Penelitian untuk Recycling

Penelitian endapan limbah air back wash filter dan air baku dilakukan dengan cara :

- a. Pengambilan air baku dari Bak Segaran (bak intake);
- b. Pengambilan bahan limbah air back wash filter dari lapangan;
- c. Endapan dan air baku dimasukkan kedalam beaker glass;
- d. Ditambahkan larutan aluminium sulfat;
- e. Ditest dengan alat Jar test;
- f. Diendapkan;
- g. Ditest airnya dengan turbidimeter dan pH meter;
- h. Selanjutnya dilakukan pencatatan tabulasi hasilnya.

3.5. Tahapan Pengujian di laboratorium.

3.5.1. Pemeriksaan Turbidity dan pH.

Pemeriksaan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- ❖ Limbah air back wash filter dimasukkan kedalam beaker glass untuk 6 buah;
- ❖ Diendapkan masing-masing 45 menit sampai air tersebut mencapai baku mutu air bersih (Turbidity : 25 NTU dan pHnya 6,5 – 9);
- **Cara pemeriksaan turbidity dengan alat Nephelometer, Monitek TA.1 :**
 - a. Masukkan contoh air yang diperiksa kedalam tabung yang tersedia hingga ketinggian tertentu (80 % total ketinggian tabung);
 - b. Kemudian pasang tabung berisi contoh air tersebut pada “Sample Chamber” dan tutup;
 - c. Tunggu angka pada “Digital Volt Meter (DVM)” pada penunjukkan yang stabil;
 - d. Catat angka tersebut dan angka ini sebagai kekeruhan dalam satuan NTU.

- **Cara pemeriksaan pH dengan elektrometri dengan alat pH meter :**
 - a. Limbah air back wash filter dimasukkan kedalam beaker glass 50 ml, kemudian elektrode dicelupkan kedalam contoh air tersebut;
 - b. Tunggu sampai penunjukan skala pH stabil. Pembacaan skala pH terlihat langsung pada digital meter peralatan tersebut;
 - c. Hasil analisis pH dilaporkan sebagai skala pH dan catat angka tersebut.
- ❖ Catat semua hasil penelitian turbidity dan pH pada tiap 45 menit sampai dengan air memenuhi syarat (baku mutu) air bersih.

3.5.2. Pemeriksaan dengan Jar test.

Metode Jar test.

- ❖ Metode Jar test dipakai untuk menentukan harga pemakaian dosis koagulan secara optimum.
- ❖ Prosedur Jar test :
 1. Siapkan alat Jar test (Multi Stirrer dan 5 glass beaker volume air 1 – 2 liter);
 2. Masukkan contoh air keruh dengan ukuran tertentu;
 3. Aduk dengan kecepatan 120 rpm (sebentar) untuk percobaan;
 4. Bubuhkan kedalam masing-masing tabung larutan aluminium sulfat dengan ukuran yang telah ditentukan;
 5. Aduk dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit kemudian turunkan menjadi 60 rpm. Putaran ini dijaga tetap selama 15 menit;
 6. Diamkan selama beberapa menit untuk settling kemudian amati yang mana diantara 5 buah tabung tersebut yang settling timanya paling cepat dan jernih;
 7. Catat berapa mg aluminium sulfat yang dipakai didalam 1 – 2 liter air tersebut;
 8. Periksa turbidity dan pH;
- ❖ Catat semua hasil penelitian untuk Jar test ini setelah proses settling setiap 45 menit sampai dengan memenuhi baku mutu air bersih.

3.5.3. Pemeriksaan TS, TSS dan TDS.

1. Metode yang digunakan untuk menganalisis Total Solid (TS) secara gravitasi.

Cara yang digunakan adalah :

- Contoh limbah air back wash filter dalam jumlah tertentu dimasukkan dalam cawan porselin (yang telah ditimbang beratnya);
- Keringkan dalam oven 105°C selama 4 jam;
- Setelah dingin (dalam desikator), kemudian ditimbang sampai didapat berat yang konstan;
- Perhitungan : Total Solid, mgr/l = $\frac{(B - A) \times 1000}{ml \text{ contoh air}}$ (1)

Keterangan :

A = berat cawan kosong (mgr)

B = berat cawan isi (mgr)

- Hasil perhitungan diatas merupakan zat padat terlarut (DS) dan zat padat tersuspensi (SS).

Perhitungan : Total Solid, mgr/l = SS + DS (2)

Keterangan :

SS = Suspended Solid

DS = Dissolved Solid

2. Metoda yang digunakan untuk menganalisis Total Suspended Solid (TSS).

Cara yang digunakan adalah :

- Contoh limbah air back-wash filter dalam jumlah tertentu, disaring dengan Sintered glass (Clucible Gooch-5) yang vacum pump atau waterjet.
- Crucible Gooch-5, sebelum digunakan dibersihkan dulu, kemudian dikeringkan dalam oven 105°C. Setelah dingin (dalam Desikator), kemudian ditimbang hingga didapat berat yang konstan (merupakan berat Crucible Gooch-5 kosong).
- Filtrat yang didapat (cairan) digunakan untuk penetapan zat padat terlarut (TDS).
- Endapan yang didapat pada sitered glass dikeringkan dalam oven 105°C selama 60 menit.

- Setelah dingin (dalam desikator) ditimbang sampai didapatkan berat yang konstan.
- Perhitungan :

$$\text{Suspended Solid, mgr/l} = \frac{(B - A) \times 1000}{\text{ml contoh air}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

A = Berat Crucible Gooch-5 kosong (mgr);

B = Berat Crucible Gooch-5 dan endapan (mgr);

- Hasil penelitian dicatat semua.

3. Metoda yang digunakan untuk menganalisis Total Dissolved (TDS).

Cara yang digunakan adalah :

- Hasil analisis TS kemudian dikurangi hasil analisis TSS maka diketemukan hasil dari TDS;
- Catat hasil penelitian semuanya

3.6. Perhitungan Hasil Analisa di Laboratorium.

1. Perhitungan kebutuhan aluminium sulfat untuk Proses Daur Ulang (recycle).
 - a. Perhitungan kebutuhan aluminium sulfat untuk pengolahan air back wash filter;
 - b. Penghitungan jumlah endapan limbah air back wash filter yang dapat dipakai untuk proses daur ulang (recycle);
 - c. Hasil penelitian kebutuhan aluminium sulfat pada proses daur ulang (recycle);
 - d. Perhitungan kebutuhan aluminium sulfat dan penghematan aluminium sulfat pada proses daur ulang (recycle).

2. Settling time sesuai baku mutu air bersih.
 - a. Dari hasil analisa di laboratorium berupa waktu pengendapan, dan lain-lain;
 - b. Perhitungan bak tandon;
 - c. Perhitungan investasi pembuatan bak tandon;
 - d. Perhitungan pengembalian investasi pembuatan bak tandon.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Kebutuhan Aluminium Sulfat untuk proses daur ulang (recycle).

Endapan/lumpur limbah air back wash filter berasal dari proses penjernihan air dari CPI.

Pada penjernihan air dari CPI ini, air baku dari Bak intake/Bak Segaran di proses dengan disuntikkan bahan aluminium sulfat sebanyak 25 kg untuk 80 m³ dalam sekali pengolahan.

Dalam 1 hari dilaksanakan sebanyak (3 x) pengolahan sehingga air yang dihasilkan dalam 1 hari = 240 m³ dan bahan aluminium sulfat yang digunakan sebanyak 75 kg.

Pada proses penjernihan air ini, air baku dari bak segaran disuntikkan bahan aluminium sulfat kemudian air tersebut diproses di flokulator, diteruskan di klarifier, yang pada akhirnya air hasil olahan tersebut masuk kedalam bak penampung "L".

Air ini dipakai antara lain untuk pencucian filter (back wash filter) yang memerlukan 180 m³ untuk pencucian 5 buah filter dalam waktu 5 jam.

Untuk mengetahui kebutuhan Aluminium Sulfat pada proses daur ulang (recycle) ini perlu dilakukan penelitian dan perhitungan yaitu :

1. Perhitungan kebutuhan Aluminium Sulfat untuk pengolahan air back wash filter.
2. Perhitungan jumlah endapan limbah air back wash filter yang dapat dipakai untuk proses daur ulang (recycle).
3. Hasil penelitian kebutuhan Aluminium Sulfat pada proses daur ulang (recycle).
4. Perhitungan kebutuhan Aluminium Sulfat dan penghematan Aluminium Sulfat pada proses daur ulang (recycle).

Berikut ini uraian dari ke 4 (empat) item diatas :

1. Perhitungan kebutuhan Aluminium Sulfat untuk pengolahan air back wash filter.

1 Filter memerlukan air sebanyak 36000 liter, perhari 5 filter yang dicuci, sehingga 5 filter = 5 x 36000 liter = 180.000 liter/hari = 180 m³/hr

❖ Perhitungan kebutuhan Aluminium sulfat yang digunakan untuk mengolah air di CPI adalah sebagai berikut :

Air yang dimasak adalah 240 m³, sedangkan pemakaian Aluminium Sulfat untuk mengolah air baku menjadi air bersih untuk industri adalah 25 kg per 80 m³ air baku.

Dalam 1 hari dilaksanakan 3 kali pengolahan sehingga diperlukan aluminium sulfat = 75 kg, sedangkan air untuk back wash filter per hari memerlukan aluminium sulfat sebanyak : $\frac{180}{240} \times 75 \text{ kg} = 56,25 \text{ kg}$.

- ❖ Aluminium sulfat yang dibutuhkan untuk mengolah air back wash filter selama 1 tahun bila 1 bulan dihitung selama 25 hari kerja adalah : $300 \times 56,75 \text{ kg} = 16.875 \text{ kg}$.

Harga aluminium sulfat (Pusdiklat Migas) = Rp. 1.390,00/kg

Jadi biaya untuk pembelian aluminium sulfat untuk mengolah air back wash filter adalah : $16.875 \text{ kg} \times \text{Rp. } 1.390,00 = \text{Rp. } 23.456.250,00/\text{tahun}$.

2. Perhitungan jumlah endapan limbah air back wash filter yang dapat dipakai untuk proses daur ulang (recycle).

Untuk menghitung endapan jumlah limbah air back wash filter dicari terlebih dahulu jumlah Total Suspended Solid (TSS) dan jumlah Total Dissolved Solid (TDS) melalui penelitian sebagai berikut :

- a. Mencari jumlah Total Suspended Solid (TSS)

Limbah air back wash filter diukur sebanyak 25 ml disaring dengan sintered glass. Sintered glass yang berisi endapan tersebut kemudian dimasukkan dalam oven 105°C selama 4 jam. Setelah itu masukkan dalam desikator sampai dengan kering kemudian ditimbang.

Hasil dari penimbangan antara sintered glass isi dan kosong merupakan hasil TSS.

Formulanya sebagai berikut :

$$\text{TSS} = \frac{1000 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} \times (\text{sintered glass.5 isi} - \text{sintered glass.5 kosong})$$

Penelitian/percobaan dilakukan sebanyak 6 kali hasilnya dapat dilihat didalam lampiran Tabel 2.

$$\text{Hasil perhitungan TSS rata-rata} = \frac{2.048}{6} = 341,33 \text{ mg/ltr}$$

b. Mencari Jumlah Total Dissolved Solid (TDS)

Untuk menghitung TDS (Total Dissolved Solid) adalah dengan formula perhitungan
 $TDS = TS - TSS$.

Hasil penelitian jumlah TDS (Total Dissolved Solid) dapat dilihat pada lampiran Tabel 3.

$$\text{Hasil perhitungan TDS rata-rata} = \frac{2036}{6} = 339,33 \text{ mg/ltr.}$$

c. Perhitungan Jumlah endapan Total Suspended Solid (TSS) dan jumlah Total Dissolved Solid (TDS)

* Limbah air back wash filter sebanyak : 36.000 ltr/1 filter

* 5 buah filter membutuhkan air sebanyak : $5 \times 36.000 \text{ ltr} = 180.000 \text{ ltr}$

Perhitungan Jumlah Total Suspended Solid (TSS) :

- TSS rata-rata = 341,33 mg/ltr

- Untuk 5 buah filter memerlukan air sebanyak 180.000 ltr, dan jumlah Total Suspended Solid (TSS) untuk 5 buah filter sebanyak $61.439.400 \text{ mg} = 61,44 \text{ kg}$

- Selama 1 tahun terdapat endapan sebanyak $25 \times 12 \times 61,44 \text{ kg} = 18.432 \text{ kg} = 18,4 \text{ ton}$

Perhitungan jumlah Total Dissolved Solid (TDS)

- TDS rata-rata = 339,33 mg/ltr

- Untuk 5 buah filter memerlukan air sebanyak 180.000 ltr, dan jumlah Total Dissolved Solid (TDS) untuk 5 buah filter sebanyak $61.079.400 \text{ mg} = 61,08 \text{ kg}$

- Selama 1 tahun terdapat zat padat terlarut sebanyak $25 \times 12 \times 61,08 \text{ kg} = 18.324 \text{ kg} = 18,3 \text{ ton}$

Sehingga terlihat bahwa antara zat padat yang berlarut dan yang tersuspensi mempunyai perbandingan yang kurang lebih sama (50 % : 50 %).

Dengan demikian endapan yang terkandung pada limbah air back wash filter cukup banyak, sehingga endapan tersebut dapat dipakai sebagai bahan baku untuk proses daur ulang (recycle).

3. Hasil Penelitian kebutuhan Aluminium Sulfat pada proses daur ulang (recycle).

Penelitian dilakukan dengan mencampur antara endapan/lumpur dari limbah air back wash filter dengan jumlah tertentu dan air baku dari Bak Segaran/bak intake dengan rasio volume 50 : 50 atau 500 ml : 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker glass kapasitas 1 liter. Diambil larutan aluminium sulfat untuk dimasukkan kedalam masing-masing beaker glass : beaker glass ke 1 sebanyak 5 ppm, beaker glass ke 2 sebanyak 15 ppm, beaker glass ke 3 sebanyak 25 ppm, beaker glass ke 4 sebanyak 35 ppm, beaker glass ke 5 sebanyak 45 ppm, kemudian beaker glass dipasang pada alat Jar test. Setelah itu di amkan untuk proses settling selama masing-masing ½ jam, 1 jam, 1 ½ jam dan 2 jam. Hasil penelitiannya dapat dilihat pada tabel 1.

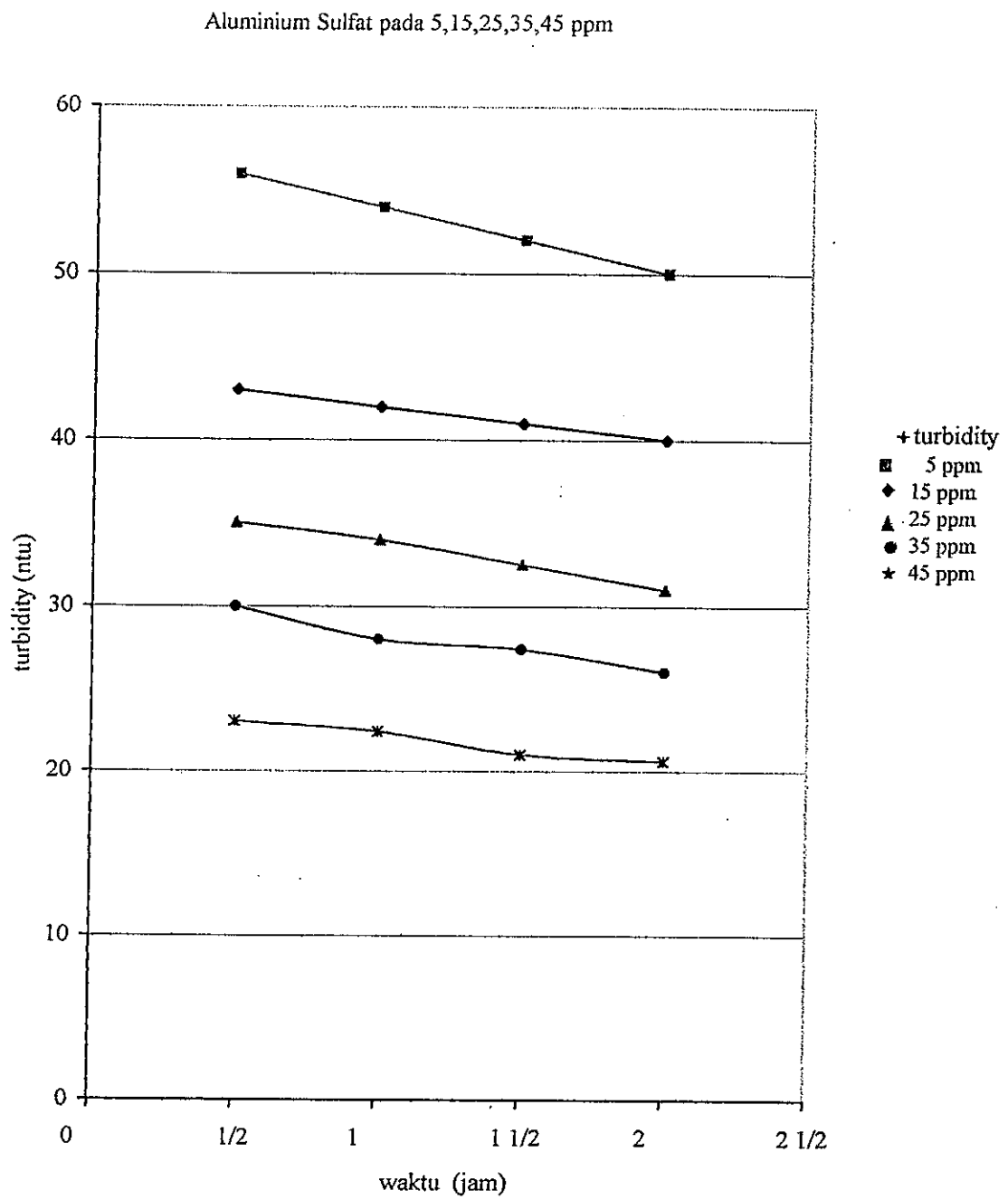
Tabel 1 :

Hasil penelitian pemakaian Aluminium Sulfat adalah sebagai berikut :

No	U r a i a n	Waktu (Jam)	Turbidity (ntu)
1.	Pemakaian Aluminium Sulfat pada 5 ppm	½	56
		1	54
		1½	52
		2	50
2.	Pemakaian Aluminium Sulfat pada 15 ppm	½	43
		1	42
		1½	41
		2	40
3.	Pemakaian Aluminium Sulfat pada 25 ppm	½	35
		1	34
		1½	32 ½
		2	31
4.	Pemakaian Aluminium Sulfat pada 35 ppm	½	30
		1	28
		1½	27,4
		2	26
5.	Pemakaian Aluminium Sulfat pada 45 ppm	½	23
		1	22,4
		1½	21
		2	20,6

Hasil penelitian yang dilakukan ternyata dengan penambahan larutan Aluminium Sulfat sebanyak 45 ppm sudah dapat dicapai turbidity 23 NTU dan pH = 7,36 dibawah baku mutu air bersih (turbidity : 25 NTU dan pH 6,5 – 9).

Dari hasil penelitian tersebut diatas dapat digambarkan grafiknya adalah sebagai berikut :



Gambar 9
Grafik Kebutuhan Aluminium Sulfat untuk Proses Recycle
Sumber : Hasil Pengukuran, 2003

Sebagai pembandingan membuat penelitian endapan dari limbah air back wash dan air baku dengan rasio volume 10 : 90 dan 25 : 75, dengan cara yang sama seperti diatas maka didapat hasil sebagai berikut :

➤ Untuk rasio volume 10 : 90, dengan penambahan aluminium sulfat = 85 ppm

I. Turbidity	= 50 ntu	III. Turbidity	= 28 ntu
pH	= 7,35	pH	= 7,30
II. Turbidity	= 32 ntu	IV. Turbidity	= 24 ntu
pH	= 7,32	pH	= 7,29

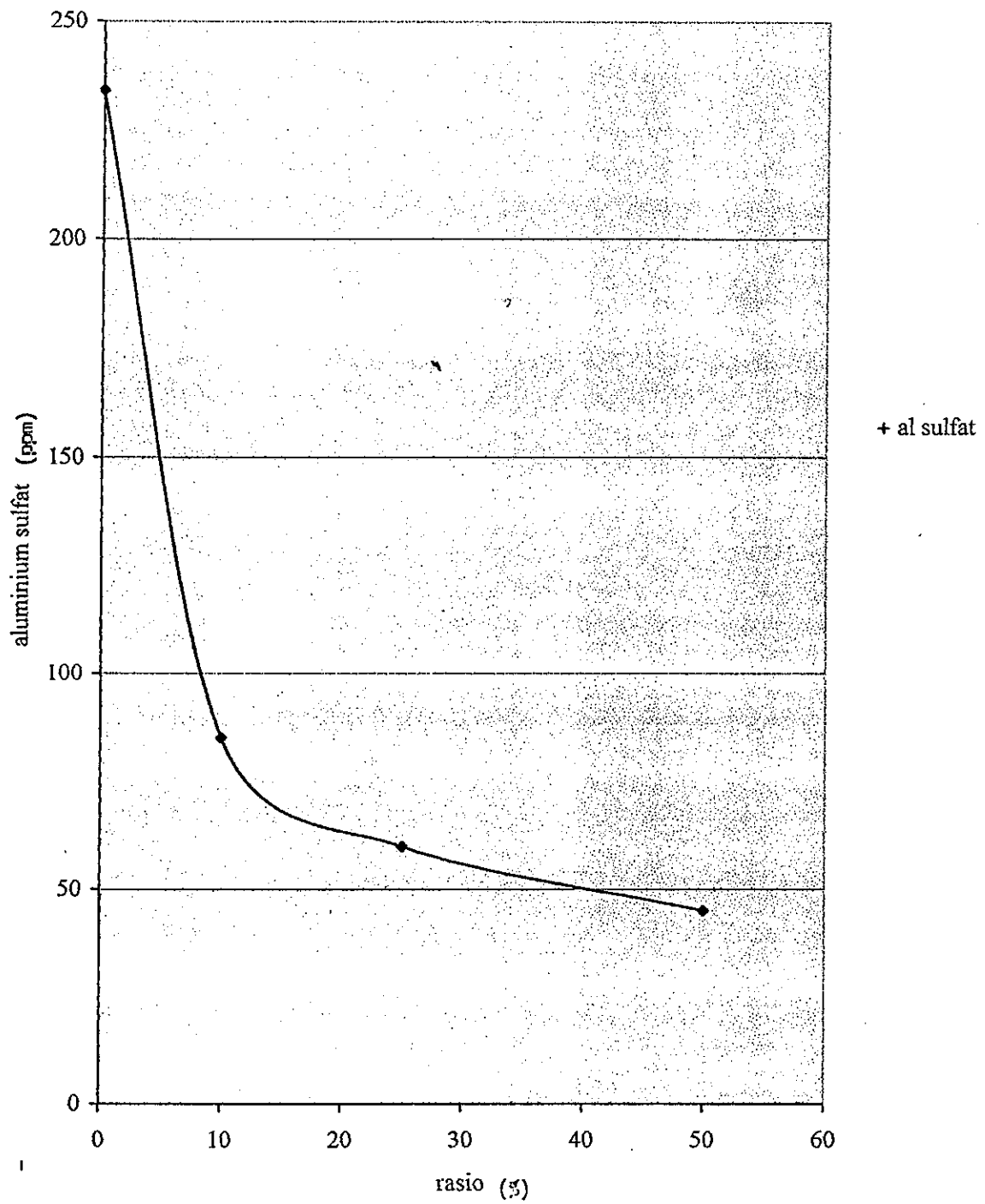
➤ Untuk rasio volume 25 : 75, dengan penambahan aluminium sulfat = 60 ppm

I. Turbidity	= 40 ntu	III. Turbidity	= 26 ntu
pH	= 7,34	pH	= 7,29
II. Turbidity	= 31 ntu	IV. Turbidity	= 20 ntu
pH	= 7,32	pH	= 7,24

Kebutuhan Aluminium Sulfat pada pencampuran antara endapan limbah air back wash filter dan air baku dengan rasio sebagai :

1. – Tanpa pencampuran : 0%
 - Aluminium Sulfat : 234 ppm
2. – Endapan limbah air back wash : 10 %
 - Air baku : 90 %
 - Aluminium Sulfat : 85 ppm
3. – Endapan limbah air back wash : 25 %
 - Air baku : 75 %
 - Aluminium Sulfat : 60 ppm
4. – Endapan limbah air back wash : 50 %
 - Air baku : 50 %
 - Aluminium Sulfat : 45 ppm

Dari hasil penelitian diatas maka grafiknya adalah sebagai berikut :



Gambar 10
Grafik Rasio endapan dan kebutuhan Aluminium Sulfat
Sumber : Hasil Pengukuran, 2003

Dengan rasio endapan semakin kecil maka aluminium sulfat yang dibutuhkan semakin banyak.

4. Perhitungan kebutuhan Aluminium Sulfat dan penghematan Aluminium Sulfat pada proses daur ulang (recycle).

a. Kebutuhan Aluminium Sulfat pada pengolahan air pada CPI untuk back wash filter =

$$\frac{180}{240} \times 75 \text{ kg} = 56,25 \text{ kg} = 234,375 \text{ ppm.}$$

b. Kebutuhan Aluminium Sulfat pada penelitian Pertama untuk memperoleh air bersih sebanyak 45 ppm.

❖ Untuk 1 hari dibutuhkan Aluminium Sulfat sebanyak 8,1 kg, sehingga selama 1 tahun kebutuhan Aluminium Sulfat sebanyak 2.430 kg. Sedangkan harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg, dengan demikian harga Aluminium Sulfat untuk 2.430 kg adalah Rp. 3.377.700,00.

❖ Penghematan Aluminium Sulfat yang dapat dilakukan sebanyak (234,375 – 45) ppm = 189,375 ppm atau sebanyak 34,09 kg/hari. Harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg. Penghematan yang dapat dilakukan sebesar Rp. 47.385,00/hari. Untuk 1 tahun dapat dihemat sebesar Rp. 14.215.500,00.

❖ Untuk air bersih yang dapat dihasilkan sebanyak 90 m³/hari, sehingga untuk 1 tahun dapat dihasilkan sebanyak 27.000 m³.

c. Kebutuhan Aluminium Sulfat pada penelitian ke-II untuk memperoleh air bersih sebanyak 60 ppm.

❖ Untuk 1 hari dibutuhkan Aluminium Sulfat sebanyak 10,8 kg, selama 1 tahun kebutuhan Aluminium Sulfat sebanyak 3.240 kg, sedangkan harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg. Dengan demikian harga Aluminium Sulfat untuk 3.240 kg adalah Rp. 4.503.600,00.

❖ Penghematan Aluminium Sulfat yang dapat dilakukan sebanyak (234,375 – 60) ppm = 174,375 ppm atau sebanyak 31,39 kg/hari. Harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg. Penghematan yang dapat dilakukan sebesar Rp. 43.632,00/hari. Untuk 1 tahun dapat dihemat sebesar Rp. 13.089.600,00

- ❖ Untuk air bersih yang dapat dihasilkan sebanyak $135 \text{ m}^3/\text{hari}$, sehingga 1 tahun dapat dihasilkan sebanyak 40.500 m^3 .
- d. Kebutuhan Aluminium Sulfat pada penelitian ke-III untuk memperoleh air bersih sebanyak 85 ppm.
 - ❖ Untuk 1 hari dibutuhkan Aluminium Sulfat sebanyak 15,3 kg, selama 1 tahun kebutuhan Aluminium Sulfat sebanyak 4.590 kg, sedangkan harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg, dengan demikian harga Aluminium Sulfat untuk 4.590 kg adalah sebesar Rp. 6.380.100,00.
 - ❖ Penghematan Aluminium Sulfat yang bisa dilakukan sebanyak $(234,375 - 85) \text{ ppm} = 149,375 \text{ ppm}$ atau sebanyak 26,89 kg/hari. Harga Aluminium Sulfat (Pusdiklat Migas) Rp. 1.390,00/kg. Penghematan yang dapat dilakukan sebesar Rp. 37.377,00/hari. Untuk 1 tahun dapat dihemat sebesar Rp. 11.213.130,00.
 - ❖ Untuk air bersih yang dapat dihasilkan sebanyak $162 \text{ m}^3/\text{hari}$, sehingga 1 tahun dapat dihasilkan sebanyak 48.600 m^3 .

Dengan melihat hasil perhitungan diatas maka jika produksi air banyak, sisa polutan endapan yang tidak dipakai yang mengandung aluminium semakin banyak, atau dengan endapan yang banyak dapat diolah air baku yang semakin banyak yang dapat digunakan untuk kegiatan back wash filter.

Dengan demikian upaya mendaur ulang (mecycle) antara endapan limbah air back wash dan air baku dari Bak Segaran menjadi air bersih masih dapat direalisasikan.

4.2. Settling Time sesuai Baku Mutu Air Bersih.

Baku mutu air bersih ditetapkan untuk turbidity adalah 25 NTU dan pH adalah 6,5 – 9 sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Untuk mencapai baku mutu air bersih tersebut maka diperlukan penelitian untuk mengendapkan limbah air back wash filter dalam periode waktu setiap 45 menit untuk diambil contoh airnya yang kemudian diukur turbidity dan pHnya.

Dari hasil penelitian sebanyak 15 kali maka Settling time maksimum adalah 3 jam dengan turbidity 23 NTU dan pH 7,36 dan settling time rata-rata adalah 2 ¼ jam, antara lain adalah turbidity 19 NTU dan pH 7,44. Untuk hasil penelitian selengkapnya dapat dilihat pada tabel : 1 lampiran.

Sedangkan untuk meneliti jumlah Total Solid dengan cara :

Limbah air back wash filter diukur sebanyak 25 ml kemudian ditampung dalam cawan porselin sebanyak 6 buah yang diambil setiap 45 menit.

Air dalam cawan porselin kemudian dimasukkan dalam oven 105°C selama 4 jam. Setelah itu dimasukkan desikator sampai dengan kering kemudian ditimbang kembali.

Hasil dari penimbangan antara cawan berisi dan cawan kosong merupakan hasil Total Solid yang dicari, formulanya sebagai berikut :

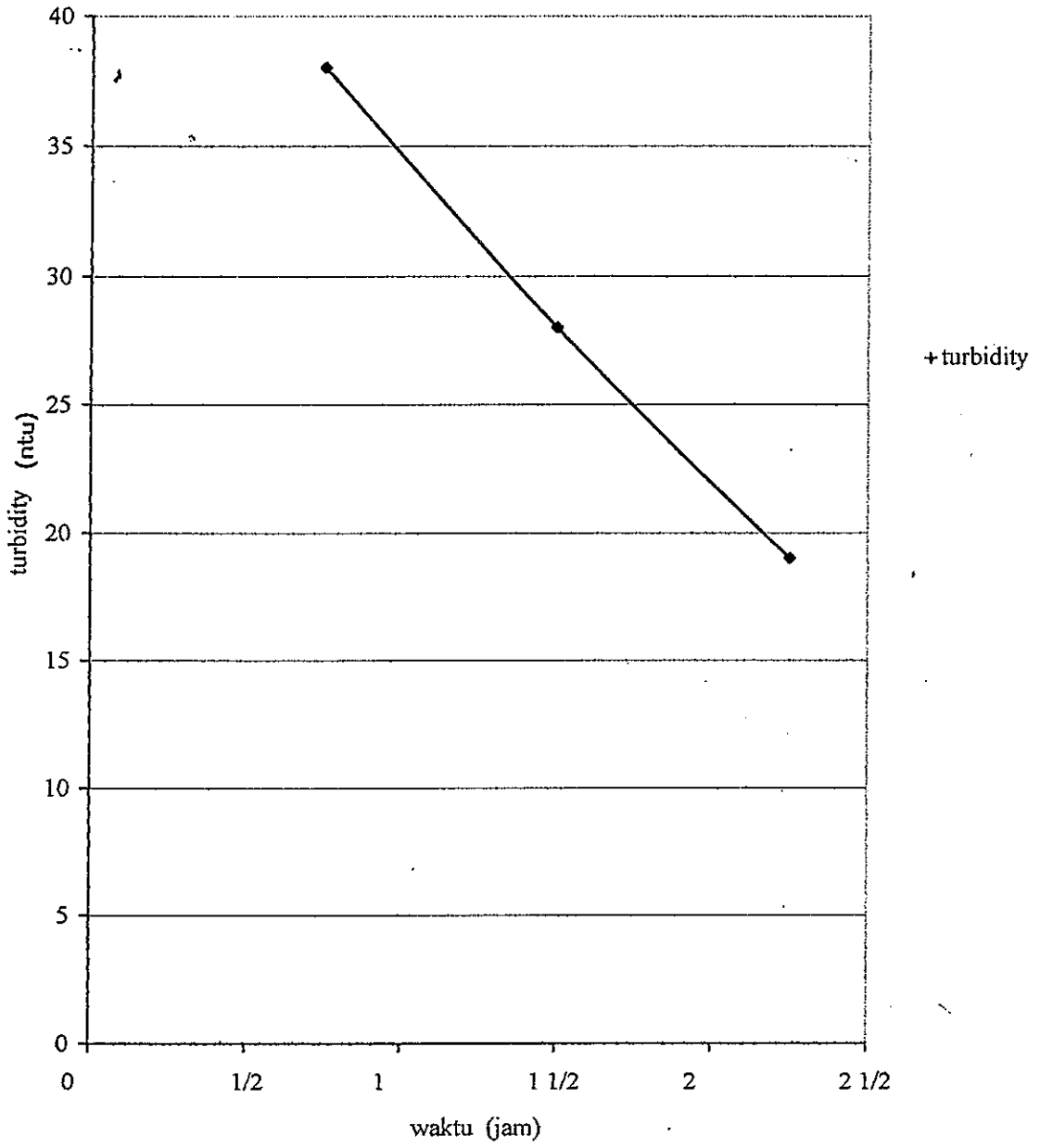
$$TS = \frac{1000ml}{25ml} \times (\text{Cawan isi} - \text{cawan kosong}) \text{ mg}$$

Dari hasil penelitian sebanyak 15 kali maka total solid pada settling time maximum 3 jam adalah 296 mg/lt dan total solid pada settling time rata-rata 2 ¼ jam antara lain adalah 316 mg/ltr.

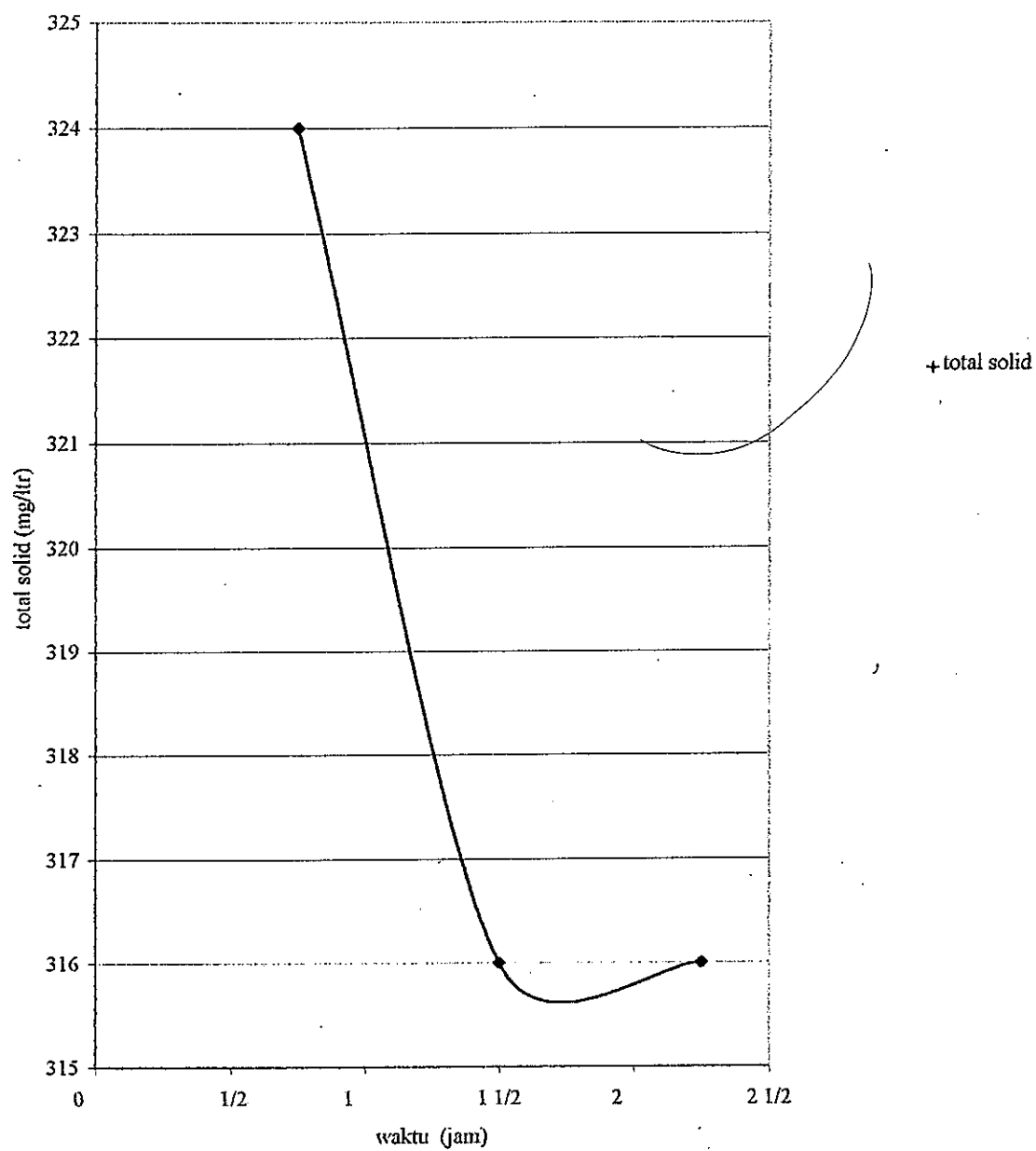
Tabel 2 : Hasil penelitian pada settling time rata-rata untuk turbidity dan total solid adalah sebagai berikut :

No	Uraian	Waktu (Jam)	Turbidity (ntu)	Total Solid (mg/ltr)
1.	Settling time rata-rata	¾	38	324
		1½	28	316
		2 ¼	19	316

Dari table diatas dibuat gambar grafiknya sebagai berikut :



Gambar 11
Grafik Lama Pengendapan dengan Turbidity
Sumber : Hasil Pengukuran, 2003



Gambar 12
Grafik Lama Pengendapan dengan Total Solid
Sumber : Hasil Pengukuran, 2003

Dari gambar grafik diatas maka terlihat bahwa untuk turbidity dan total solid semakin lama waktu pengendapan semakin turun kurvanya dan pada titik tertentu akan mengalami kejenuhan.

Dalam hal penampungan air back wash filter digunakan bak tandon yang dapat diisi sebanyak 180 m³. Pemakaiannya setiap hari sebanyak 180 m³ untuk 5 buah filter. Sedangkan bak tandon tersebut digunakan untuk mengurangi pemakaian air dari CPI dan mengurangi pencemaran Aluminium. Dimensi dari bak tandon tersebut adalah 9.00 m x 9.00 m x 4.00 m. Perhitungan selengkapnya bak tandon dapat dilihat pada lampiran.

Untuk membuat Bak Tandon tersebut diperlukan investasi yang perhitungannya adalah sebagai berikut :

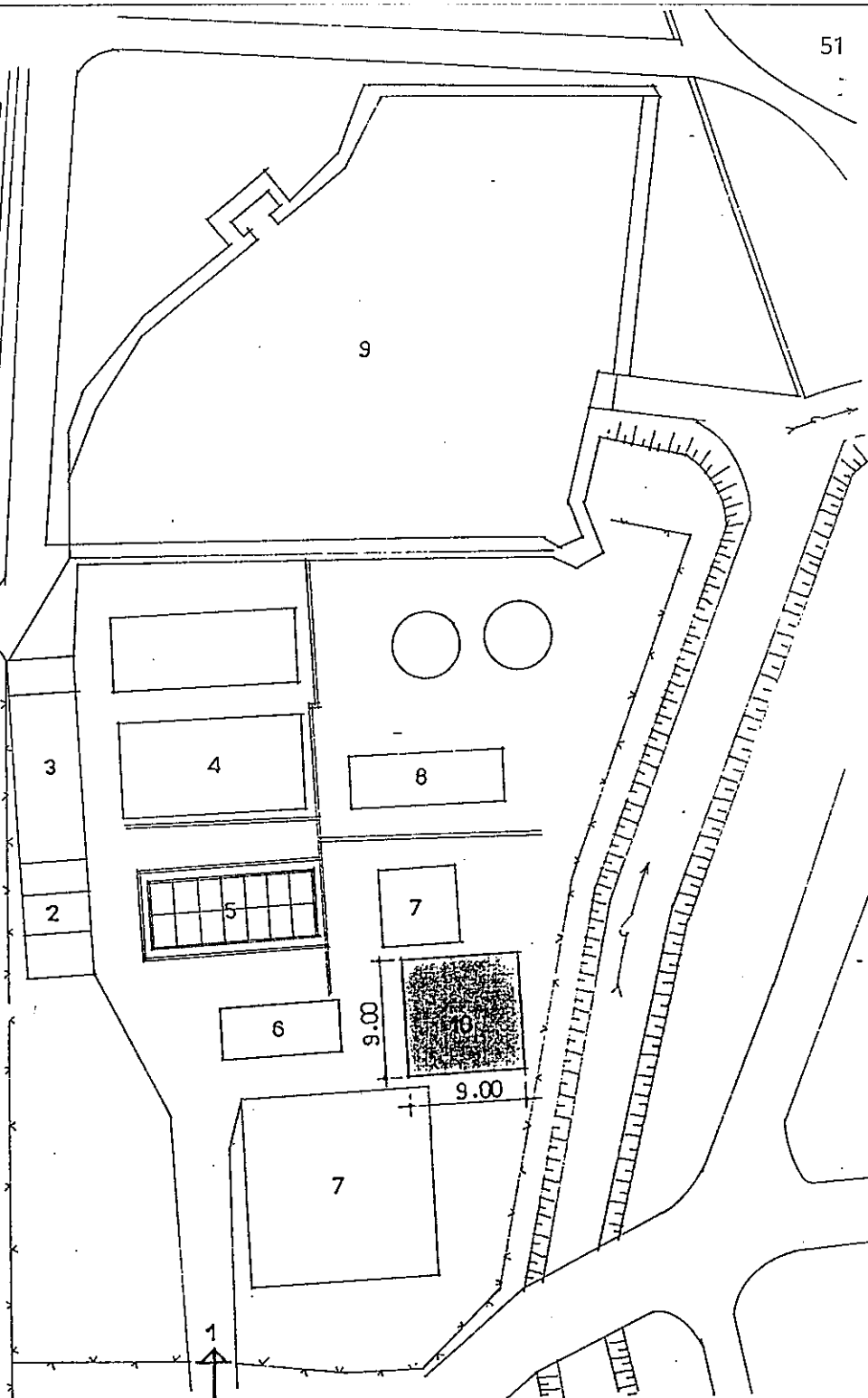
Perhitungan Investasi pembuatan Bak Tandon & kelengkapannya.

1. Pekerjaan Persiapan	Rp. 7.150.000,00
2. Pekerjaan Bak Tandon	Rp. 60.000.000,00
3. Pekerjaan perpipaan + Pompa Submersible (Pompa Lumpur)	<u>Rp. 71.500.000,00</u>
Jumlah	Rp. 138.650.000,00

skala 1 : 500

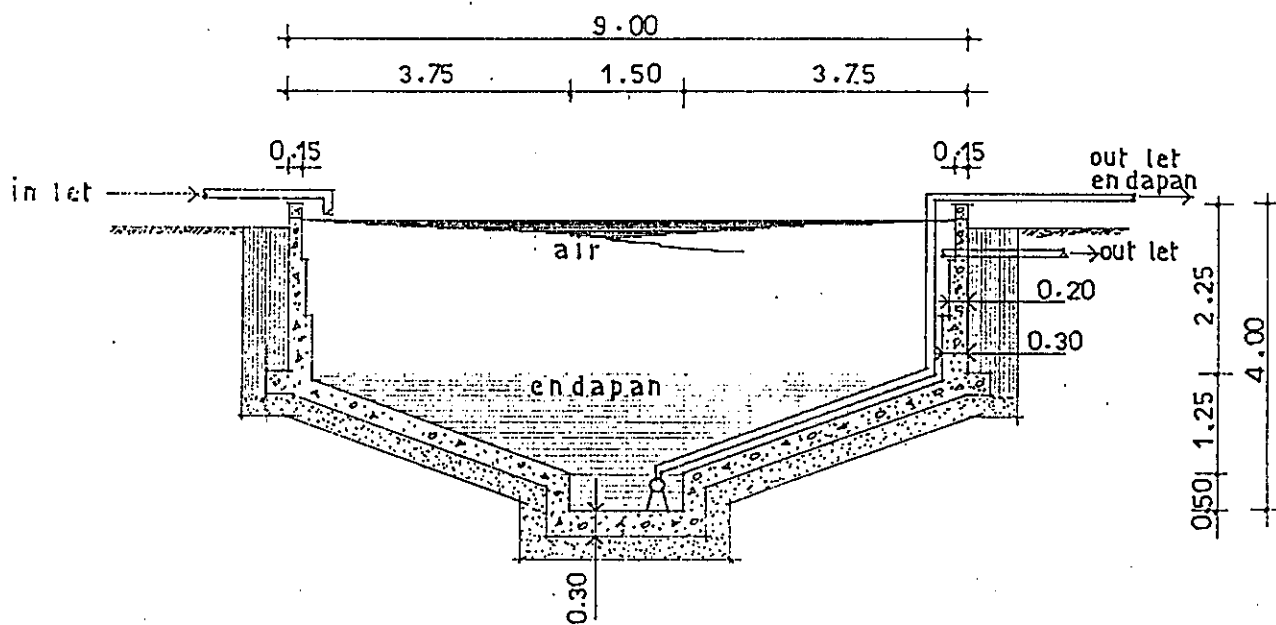
Gambar 13
Situasi Penempatan Bak
Tandon Unit Pengolahan
Air Minum

Sumber : Hasil Pemetaan
di Lokasi, 2003



KETERANGAN :

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. ENTRANCE | 6. RUANG OPERATOR |
| 2. KANTOR AIR MINUM | 7. BAK AIR |
| 3. RUMAH POMPA | 8. SAND FILTER |
| 4. BAK AIR | 9. BAK SEGARAN |
| 5. SAND FILTER | 10. BAK PENGENDAP |



skala 1 : 100

Gambar 14
Bak Tandon

Sumber : Hasil Perhitungan dan Perancangan, 2003

❖ Perhitungan Pengembalian Investasi Pembuatan Bak Tandon

Dari hasil penelitian pada ad. 4.1. yaitu Kebutuhan Aluminium Sulfat untuk proses daur ulang (recycle) terdapat 3 penyelesaian yang dapat dibahas.

Ke 3 penyelesaian tersebut akan dibahas dibawah ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 45 ppm; investasi Bak Tandon sebesar Rp. 138.650.000,00; Pemasukan dari penghematan pemakaian Aluminium Sulfat sebesar Rp. 23.456.250,00 – Rp. 3.377.700,00 = Rp. 20.078.550,00
2. Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 60 ppm; Investasi Bak Tandon sebesar Rp. 138.650.000,00; Pemasukan dari penghematan pemakaian Aluminium Sulfat sebesar Rp. 23.456.250,00 – Rp. 4.503.600,00 = Rp. 18.952.650,00
3. Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 85 ppm; investasi Bak Tandon sebesar Rp. 138.650.000,00; Pemasukan dari penghematan pemakaian Aluminium Sulfat sebesar Rp. 23.456.250,00 – Rp. 6.380.100,00 = Rp. 17.076.150,00

Dari ketiga item tersebut diatas maka dibuat perhitungan pengembalian investasinya dengan metoda :

- a). Average Rate of Return
- b). Pay Back

❖ Penyelesaian untuk penyelesaian ke 1 adalah sebagai berikut :

Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 45 ppm, investasi bak tandon sebesar Rp. 138.650.000,00 dan pemasukan/rata-rata tingkat keuntungan per tahun karena adanya penghematan Aluminium Sulfat sebesar Rp. 20.078.550,00 maka dapat dihitung : apakah investasi tersebut menguntungkan/tidak jika dibangun dan berapa tahun modal tersebut dapat kembali.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Investasi Bak Tandon Rp. 138.650.000,00
- Pemasukan atau penghematan Aluminium Sulfat/tahun atau rata-rata tingkat keuntungan atau Cash inflow = Rp. 20.078.550,00/tahun.
- Misal :

Biaya operasional/tahun = biaya maintenance/tahun = Rp. 10.000.000,00

Penyusutan nilai aktiva tetap = umur ekonomis bangunan = 20 tahun

Investasi aktiva tetap = harga material = Rp. 103.770.000,00

Penyusutan aktiva tetap per tahun = $\frac{Rp.103.770.000,00}{20} = Rp.5.188.000,00$

Upah tenaga kerja = modal kerja = Rp. 5.000.000,00/tahun

Ditanyakan :

- Bangunan menguntungkan atau tidak untuk dibangun
- Investasi dapat kembali setelah beberapa tahun.

Jawaban :

- Metode yang dipakai adalah Average Rate of Return

$$\begin{aligned} \text{Rumus : Rate of Return} &= \frac{\text{Cash inf low (laba)}}{\text{Cash outflow (biaya operasional)}} \times 100\% \\ &= \frac{Rp.20.078.550,00}{Rp.10.000.000,00} \times 100\% = 200,7\% \end{aligned}$$

Rata-rata dana yang tertanam pada investasi tersebut adalah :

Rp. 5.188.500,00 + Rp. 5.000.000,00 = Rp. 10.188.500,00

$$\begin{aligned} \text{Rumus : Average Rate of Return} &= \frac{\text{rata - rata tingkat keuntungan}}{\text{rata - rata dana yang ter tan am}} \times 100\% \\ &= \frac{Rp.10.078.550,00}{Rp.10.188.500,00} \times 100\% = 197,07\% \end{aligned}$$

Syarat : Rate of Return > Average Rate of Return

Hasil perhitungan : Rate of Return = 200,7 %

Average Rate of Return = 197,07 %

Jadi Rate of Return > Average Rate of Return sehingga pembangunan bak tandon ini menguntungkan untuk dilaksanakan.

- Metoda yang dipakai adalah Pay Back

$$\text{Rumus : Pay Back} = \frac{\text{Investasi yang dikeluarkan / Cash outflow}}{\text{Pemasukan / Cash inf low}} \times \text{tahun}$$

$$\frac{Rp. 138.650.000,00}{Rp. 20.078.550,00} \times \text{tahun} = 6,9 \text{ tahun}$$

Jadi dengan investasi Rp. 138.650.000,00 dan pemasukan per tahun karena penghemaran Aluminium Sulfat sebesar Rp. 20.078.550,00 maka dalam waktu 6,9 tahun investasi yang ditanamkan pada pembangunan bak tandon sudah dapat kembali.

❖ Penyelesaian untuk penyelesaian ke 2 adalah sebagai berikut :

Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 60 ppm, investasi Bak Tandon sebesar Rp.138.650.000,00 dan pemasukan/rata-rata tingkat keuntungan per tahun karena adanya penghematan Aluminium Sulfat sebesar Rp. 18.952.650,00 maka dapat dihitung apakah investasi tersebut menguntungkan/tidak jika dibangun dan beberapa tahun modal dapat kembali.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

Investasi Bak Tandon Rp. 138.650.000,00

Pemasukan atau Penghematan Aluminium Sulfat/tahun atau rata-rata tingkat keuntungan atau cash inflow = Rp. 18.952.650,00/tahun

Misal :

Biaya operasional/tahun = biaya maintenance/tahun = Rp. 10.000.000,00

Penyusutan nilai aktiva tetap = umur ekonomis bangunan = 20 tahun

Investasi aktiva tetap harga material = Rp. 103.770.000,00

Penyusutan aktiva tetap per tahun = $\frac{Rp.103.770.000,00}{20} = Rp.5.188.000,00$

Upah tenaga kerja (modal kerja) = Rp. 5.000.000,00/tahun

Ditanyakan :

- Bangunan tersebut menguntungkan atau tidak untuk dibangun
- Investasi dapat kembali setelah berapa tahun.

Jawaban :

- Metoda yang dipakai adalah Average Rate of Return

$$\begin{aligned} \text{Rumus : Rate of Return} &= \frac{\text{Cashinf low / laba}}{\text{Biaya operasional / Cash outflow}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp.18.952.650,00}}{\text{Rp.10.000.000,00}} \times 100\% = 189,52\% \end{aligned}$$

Rata-rata dana yang tertanam pada investasi tersebut adalah = Rp. 5.188.500,00 + Rp. 5.000.000,00 = Rp. 10.188.500,00

$$\begin{aligned} \text{Rumus : Average Rate of Return} &= \frac{\text{Rata - rata tingkat keuntungan}}{\text{Rata - rata dana yang ter tan am}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp.18.952.650,00}}{\text{Rp.10.188.500,00}} \times 100\% = 186,02\% \end{aligned}$$

Syarat : Rate of Return > Average Rate of Return

Hasil perhitungan = Rate of Return = 189,52 %

Average Rate of Return = 186,02 %

Jadi Rate of Return > Average Rate of Return sehingga pembangunan bak tandon ini menguntungkan untuk dilaksanakan.

b. Metoda yang dipakai adfalah Pay Back

$$\begin{aligned} \text{Rumus = Pay Back} &= \frac{\text{Investasi yang dikeluarkan / Cash outflow}}{\text{Pemasukan / Cashinf low}} \times \text{tahun} \\ &= \frac{\text{Rp.138.650.000,00}}{\text{Rp.18.952.650,00}} \times \text{tahun} = 7,3 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi dengan investasi Rp. 138.650.000,00 dan pemasukan per tahun karena penghematan Aluminium Sulfat sebesar Rp. 18.952.650,00 maka dalam waktu 7,3 tahun modal investasi yang ditanamkan pada pembangunan bak tandon sudah dapat kembali.

* Penyelesaian untuk penyelesaian ke 3 adalah sebagai berikut :

Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 85 ppm, investasi Bak Tandon sebesar Rp. 138.650.000,00 dan pemasukan/rata-rata tingkat keuntungan per tahun karena adanya penghematan Aluminium Sulfat sebesar Rp. 17.076.150,00 maka dapat dihitung apakah

investasi tersebut menguntungkan/tidak jika dibangun dan berapa tahun modal tersebut dapat kembali.

Perhitungannya sebagai berikut :

Diketahui :

- Investasi Bak Tandon Rp. 138.650.000,00
- Pemasukan atau penghematan Aluminium Sulfat/tahun atau rata-rata tahun keuntungan atau cash inflow = Rp. 17.976.150,00/tahun.

Misal :

- ❖ Biaya operasional/tahun = biaya maintenance/tahun = Rp. 10.000.000,00
- ❖ Penyusutan nilai aktiva tetap = umur ekonomis bangunan = 20 tahun
- ❖ Investasi aktiva tetap = harga material = Rp. 103.770.000,00
- ❖ Penyusutan aktiva tetap per tahun = $\frac{Rp.103.770.000,00}{20} = Rp. 5.188.000,00$
- ❖ Upah tenaga kerja = modal kerja = Rp. 5.000.000,00/tahun

Ditanyakan :

- a. Bangunan menguntungkan atau tidak untuk dibangun
- b. Investasi dapat kembali setelah berapa tahun.

Jawaban :

- a. Metoda yang dipakai = Average Rate of Return

$$\begin{aligned} \text{Rumus} = \text{Rate of Return} &= \frac{\text{Cash inflow / laba}}{\text{Cash out flow / biaya operasional}} \times 100\% \\ &= \frac{Rp17.076.150,00}{Rp.10.000.000,00} \times 100\% = 170,76\% \end{aligned}$$

Rata-rata dana yang yang tertanam pada investasi tersebut adalah =

$$Rp. 5.188.500,00 + Rp. 5.000.000,00 = Rp. 10.188.500,00$$

$$\text{Rumus} = \text{Average Rate of Return} = \frac{\text{Rata - rata tingkat keuntungan}}{\text{rata - rata dana tan g ter tan am}} \times 100\%$$

$$= \frac{Rp.17.076.150,00}{Rp.10.188.500,00} \times 100\% = 167,602\%$$

Syarat = Rate of Return > Average Rate of Return

Hasil perhitungan : - Rate of Return = 170,76 %

- Average Rate of Return = 167,60 %

Jadi Rate of Return > Average Rate of Return sehingga pembangunan Bak Tandon ini menguntungkan untuk dilaksanakan.

b. Metoda yang dipakai adalah Pay Back.

$$\begin{aligned} \text{Rumus = Pay Back} &= \frac{\text{Investasi yang dikeluarkan / Cash outflow}}{\text{Pemasukan / Cash inflow}} \times \text{tahun} \\ &= \frac{Rp.138.650.000,00}{Rp.17.076.150,00} \times \text{tahun} = 8,1 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi dengan investasi 138.650.000,00 dan pemasukan per tahun karena adanya penghematan Aluminium Sulfat sebesar Rp. 17.076.150,00 maka dalam waktu 8,1 tahun investasi yang ditanamkan pada pembangunan Bak Tandon sudah dapat kembali

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa sesuai hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan kembali endapan limbah air back wash filter serta penambahan larutan aluminium sulfat 45 ppm, 60 ppm, 85 ppm masih dimungkinkan untuk mengurangi pemakaian aluminium sulfat sebanyak 189,375 ppm, atau 174,375 ppm atau 149,375 ppm dalam proses penjernihan air bersih.
2. Dengan hasil penelitian maka dapat direncanakan bak tandon dengan dimensi : 9 m x 9 m x 4.00 m senilai Rp. 138.650.000,00 (seratus tiga puluh delapan juta enam ratus lima puluh ribu rupiah).

Pengembalian investasinya sebagai berikut :

- Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 45 ppm, investasi yang ditanamkan dapat kembali setelah 6,9 tahun dan investasi ini menguntungkan untuk dilaksanakan karena $\text{rate of return} > \text{average rate of return}$ sesuai yang disyaratkan.
- Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 60 ppm, investasi yang ditanamkan dapat kembali setelah 7,3 tahun dan investasi ini menguntungkan untuk dilaksanakan karena $\text{rate of return} > \text{average rate of return}$ sesuai yang disyaratkan.
- Dengan pemakaian Aluminium Sulfat sebanyak 85 ppm, investasi yang ditanam dapat kembali setelah 8,1 tahun dan investasi ini menguntungkan untuk dilaksanakan karena $\text{rate of return} > \text{average rate of return}$ sesuai yang disyaratkan.

5.2. Saran.

Dengan telah diketahui bahwa upaya minimisasi aluminium sulfat dan limbah air back wash filter tersebut dapat dilaksanakan maka disarankan :

1. Agar membuat bak tandon yang dapat mengurangi biaya proses penjernihan air untuk air back wash filter tanpa penambahan bahan aluminium sulfat.

2. Untuk kegiatan mengurangi pencemaran aluminium maka perlu diupayakan perubahan proses dengan membuat bak untuk filtrasi atau memakai proses CPI yang ada.
5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana upaya penampungan sisa endapan yang berkadar Aluminium tinggi agar tidak mencemari lingkungan dan upaya minimisasi untuk kegiatan penjernihan air minum yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kamala, DL. Kanth Rao, Environmental Engineering, Tata Mc.Graw-Hill Publishing Company Limited, 1989.
- Degremount, Water Treatment Hand Book, John Wilay & Sons, New York, 1979.
- Dosumentation of the Thrushold limit values,
American Conference of Govermental Industrial Hygenist Inc, Fourth edition, 1980.
- FX Marsudi Joyowiyono, Ekonomi Teknik 1, Departemen Pekerjaan Umum, Cetakan ke 3, 1993.
- Huisman L, *Sedimentation and Floatation Mechanical Filtration*, Delft University of Technology, Hendruk, 1977.
- Mustakim, Gravity Separation, PPT Migas Cepu, 1987.
- Pusdiklat Migas Cepu, Profil Pusdiklat Migas Cepu, 2002.
- Pusdiklat Migas Cepu, Laporan Unit Kilang dan Utilities Pusdiklat Migas Cepu, 2002.
- Risayekti, *Pengolahan Air*, Akademi Minyak dan Gas Bumi, "Akamigas" Cepu, 2000.
- Ruslan H. Prawiro, Ekologi Lingkungan Pencemaran, Satya Wacana, Semarang.
- Surna Tjahya Djajadiningrat, *Pemikiran, Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*, Studio Tekno Ekonomi Departemen Teknik Industri ITB, Bandung, 2001.