

PERANCANGAN INCLINE TUBE CLARIFIER

Pasymi

Staf Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta
Kampus III Universitas Bung Hatta, Jl. Gajahmada no. 19, Olo Nanggalo,
Padang (25143), Telp. (0751) 7054257 ext. 7108, Fax. (0751) 7051341, HP 08153505702

Abstract

The settlement of clean water requirement per man per day in Indonesia is about 60 liters. But many people can not fulfil that requirement because of its resources is very limited. So its needed to threath raw water to be clean water and to distribute it to the people. The fulfilment of clean water requirement of the people will impact their health and their productivity. This research aimed to study the effect of resident time and tube inclination to the performance of tube clarifier. In the rank of 60° – 90° , tube inclination proportional to the clarifier performance; high clarifier performance obtained at tube inclination 60° . While, the influent of flow rate depend on the ratio of flow rate itself to the tube volume (residen time). The turbidity of clean water yielded opposite with the residen time implemented. It can be concluded that standardized clean water can be produced if clarifier operated at 1 minutes residen time and 60° tube inclination.

Key words: raw water, clean water, clarifier, turbidity

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia mensyaratkan kebutuhan air bersih bagi masyarakatnya sebesar 60 liter per orang per hari. Air bersih tersebut harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : jernih, tidak bewarna, tidak berasa, tidak berbau, tidak beracun, pH netral dan bebas mikroorganisme. Namun kenyataannya ketersediaan air bersih secara alami sangat terbatas sehingga banyak masyarakat yang tidak mampu memenuhi persyaratan yang ditetapkan pemerintah tersebut. Karena itu diperlukan upaya-upaya untuk mengolah air mentah menjadi air bersih dan mendistribusikannya kepada seluruh masyarakat.

Upaya pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat perkotaan dan pedesaan memerlukan pendekatan yang berbeda. Pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat perkotaan umumnya didapatkan melalui Perusahaan Penyedia Air Bersih yang didirikan pemerintah di setiap perkotaan

(PDAM). Hal ini dimungkinkan karena letak pemukiman dipertanian berkelompok dan sudah tertata dengan baik sehingga memudahkan dan dapat menekan biaya pendistribusian air bersih ke masyarakat. Disamping itu, standar pendidikan dan perekonomian masyarakat perkotaan yang relatif lebih tinggi dibandingkan masyarakat pedesaan memungkinkan masyarakat perkotaan dapat memenuhi kebutuhan air bersih sesuai dengan yang dipersyaratkan. Bahkan tidak jarang masyarakat perkotaan atas inisiatif sendiri atau kelompok mendirikan unit pengolahan air sendiri untuk memenuhi kebutuhan air bersih.

Sementara pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat pedesaan memerlukan pendekatan yang berbeda dibandingkan masyarakat perkotaan. Hal ini disebabkan oleh (1) kualitas air mentah pedesaan relatif lebih baik; (2) standar pendidikan dan perekonomian masyarakat pedesaan relatif lebih rendah; (3) letak pemukiman masyarakat pedesaan cenderung terpisah-

pisah dan belum tertata dengan baik. Karena itu pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat pedesaan harus dimulai dengan upaya memberikan kesadaran kepada masyarakat akan pentingnya pemenuhan air bersih untuk menjaga kesehatan. Selanjutnya diikuti dengan upaya menyediakan teknologi tepat guna bagi masyarakat pedesaan yakni suatu sistem pengolahan air bersih yang dapat dibangun dan dioperasikan oleh masyarakat pedesaan dengan segala keterbatasan yang mereka miliki. Pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat pedesaan akan meningkatkan taraf kesehatannya sehingga akan berdampak pada produktivitas kerja mereka.

Pengolahan air pada dasarnya adalah upaya menyisahkan zat-zat pengotor/pencemar dari air mentah. Secara garis besar kelompok zat pencemar air tersebut terbagi atas tiga yakni padatan terdispersi (*suspended solid*), padatan terlarut (*dissolved solid*), dan gas terlarut (*dissolved gass*). Khusus untuk produksi air bersih upaya pengolahan dititik beratkan pada penyisihan padatan terdispersi dari air mentah. Proses penyisihan padatan terdispersi dari air mentah terdiri dari tiga tahapan yakni tahap pengendapan alami (*natural sedimentation*), tahap penjernihan (*clarification*) dan tahap penyaringan (*filtration*). Tahap yang paling menentukan dari ketiga tahap tersebut adalah tahap penjernihan. Tahap penjernihan ini didefinisikan sebagai tahap pengendapan padatan tersuspensi dengan bantuan zat kimia tertentu.

Proses penjernihan air (*clarifying process*) juga terdiri dari tiga tahap yakni tahap koagulasi (*coagulation step*), tahap flokulasi (*floculation step*) dan tahap sedimentasi (*sedimentation step*). Tahap koagulasi adalah tahap penetralan muatan atau penyediaan jembatan dari padatan terdispersi dengan penambahan zat kimia tertentu (*coagulant aid*). Pada tahap ini dikehendaki pencampuran yang baik (*rapid mixing*) untuk menjamin kontak yang maksimal antara padatan terdispersi dengan zat kimia yang ditambahkan. Tahap flokulasi

adalah tahap penggabungan dari padatan-padatan terdispersi untuk membentuk flok (*aglomerat*). Pada tahap ini dibutuhkan zona yang relatif tenang agar penggabungan dari padatan-padatan terdispersi dapat berlangsung dengan baik. Sementara tahap sedimentasi adalah tahap pengendapan flok-flok ke dasar klarifier. Agar proses pengendapan ini berjalan dengan baik maka tahap ini harus berlangsung pada zona yang sangat tenang.

Pada alat penjernih konvensional (*conventional clarifier*) masing-masing tahap penjernihan tersebut diatas dilaksanakan pada tempat terpisah sementara pada alat penjernih moderen (*modern clarifier*) ketiga tahap penjernihan diatas dilaksanakan dalam satu alat yang terintegrasi. Salah satu contoh ganerasi *modern clarifier* adalah *vertical tube clarifier* yang merupakan *clarifier* yang dilengkapi dengan sekelompok *tube* yang dimaksudkan untuk :

1. Membantu proses pembentukan flok
2. Memperbesar hambatan flok untuk naik ke zona jernih (memperbaiki proses sedimentasi)

Bila *tube* yang terdapat pada *clarifier* tersebut dimiringkan dengan kemiringan tertentu maka kinerja dari *vertical tube clarifier* diperkirakan akan meningkat karena dapat memperbaiki proses pembentukan flok dan memperbesar tingkat kesulitan flok untuk naik ke zona jernih.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan disain *tube clarifier* yang handal dalam menjernihkan air. Variable penelitian yang dikaji adalah pengaruh kemiringan tube dan laju alir terhadap kinerja *tube clarifier*. Penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi terhadap persoalan bangsa yakni penyediaan air bersih bagi seluruh masyarakat, terutama bagi masyarakat yang kualitas air mentahnya sangat rendah. Unit ini dapat dibangun dan dioperasikan oleh masyarakat awam sehingga bisa dijadikan sebagai unit pengolahan air bersih alternatif bagi masyarakat pedesaan.

Bila masyarakat dapat memenuhi kebutuhan air bersihnya dengan murah dan mudah maka selanjutnya akan berdampak

pada peningkatan taraf kesehatan, kecerdasan dan produktivitas kerja mereka.

TINJAUAN PUSTAKA

Air bersih (*sanitation water*) adalah air yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan pada sektor rumah tangga seperti untuk mandi, mencuci dan kakus. Persyaratan air bersih antara lain adalah jernih, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, tidak beracun, pH netral dan bebas mikroorganisme. Pengertian ini harus dibedakan dengan pengertian air minum, yakni air yang memenuhi syarat-syarat kesehatan sehingga dapat langsung diminum. Pada umumnya masyarakat mendapatkan air minum dengan cara memasak air bersih.

Beberapa sumber air mentah yang lazim digunakan/diolah masyarakat menjadi air bersih antara lain :

1. Air permukaan seperti air sumur dangkal, air sungai, air danau, air rawa dan lain-lain
2. Air tanah seperti air mata air, air sumur dalam dan lain-lain
3. Air hujan
4. Air laut

Sementara beberapa jenis kualitas air yang sering diproduksi antara lain :

1. Air sanitasi/air bersih
2. Air demin (air bebas mineral) digunakan untuk air proses dan air pendingin)
3. Air umpan boiler

Proses Pengolahan Air Bersih

Pada umumnya proses pengolahan air bersih terbagi dalam tiga tahap yakni tahap pengendapan alami, tahap penjernihan dan tahap penyaringan.

Proses pengendapan alami dimaksudkan untuk mengendapkan pengotor-pengotor sebelum masuk ke dalam klarifier. Pada tahap ini kotoran (padatan terdispersi) dibiarkan mengendap secara alami (efek grafitasi) dengan mendiamkannya dalam selang waktu tertentu tanpa bantuan zat penolong.

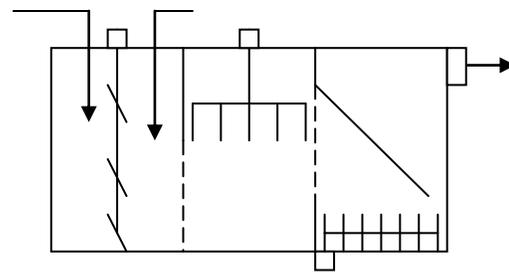
Sementara pada tahap penjernihan, kotoran (padatan terdispersi) diendapkan dengan bantuan zat penolong (*coagulation*

aid). Ada tiga tahapan proses penjernihan air yakni tahap koagulasi, tahap flokulasi dan tahap pengendapan. Tahap koagulasi adalah tahap penetralan muatan atau penyediaan jembatah dari padatan terdispersi dengan penambahan zat kimia tertentu (*coagulant aid*). Pada tahap ini dikehendaki pencampuran yang baik (*rapid mixing*) untuk menjamin kontak yang maksimal antara padatan terdispersi dengan zat kimia yang ditambahkan. Tahap flokulasi adalah tahap penggabungan padatan-padatan terdispersi untuk membentuk flok (*aglomerat*). Pada tahap ini dibutuhkan zona yang relatif tenang agar penggabungan dari padatan-padatan terdispersi dapat berlangsung dengan baik. Sementara tahap sedimentasi adalah tahap pengendapan flok-flok ke dasar klarifier. Agar proses pengendapan ini berjalan dengan baik maka tahap ini harus berlangsung pada zona yang sangat tenang.

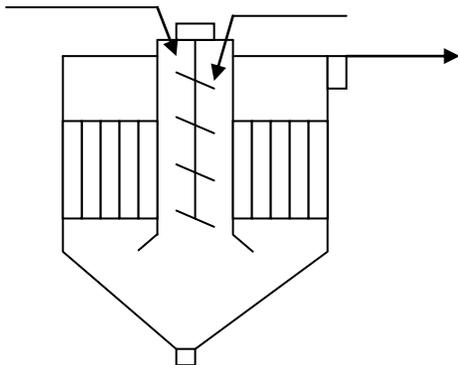
Pada tahap penyaringan, air hasil proses klarifikasi dilewatkan pada media penyaring (unggun berpori) untuk menjebak flok-flok yang masih tersisa dari proses klarifikasi sehingga air yang dihasilkan akan memenuhi kualitas air bersih.

Klarifier

Ada dua generasi klarifier yakni klarifier konvensional dan klarifier moderen. Pada klarifier konvensional (*conventional clarifier*) masing-masing tahap penjernihan air dilaksanakan pada tempat terpisah sementara pada klarifier moderen (*modern clarifier*) ketiga tahap penjernihan air dilaksanakan dalam satu alat yang terintegrasi.



Gambar 2 *Conventional Clarifier*



Gambar 3 *Modern Clarifier*

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja klarifier antara lain :

1. Bentuk/disain

Disain klarifier yang baik adalah disain yang mampu mengakomodasi ketiga tahap klarifikasi (tahap koagulasi, tahap flokulasi dan tahap pengendapan) secara efektif dan efisien.

2. Penambahan zat penolong

Jenis maupun dosis zat penolong (*Coagulant Aid*) akan sangat berpengaruh pada proses pembentukan flok, sehingga secara keseluruhan juga akan berpengaruh terhadap kinerja klarifier.

Ada dua jenis kelompok zat penolong yakni kelompok anorganik dan kelompok organik. Kelompok anorganik pada umumnya bersifat basa sehingga cenderung menurunkan pH air hasil olahan. Untuk menetralkannya kembali biasanya ditambahkan larutan basa seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Sementara penggunaan kelompok organik tidak mempengaruhi pH, hanya saja zat penolong kelompok ini lebih mahal dan sulit untuk didapatkan.

Dosis zat penolong ditentukan oleh kualitas air umpan, bila kekeruhan air umpan tinggi maka dosis zat penolongnya juga harus tinggi dan sebaliknya. Untuk menentukan dosis zat penolong ini biasanya dilakukan test pendahuluan (*Jar test*) untuk setiap kali perubahan kualitas air umpan.

3. Waktu tinggal/laju alir air

Laju alir umpan air olahan dan volume klarifier akan menentukan waktu tinggal dalam klarifier. Untuk volume *Effluent* sama semakin besar laju air maka semakin kecil waktu tinggal flok dalam klarifier dan sebaliknya. Selanjutnya semakin kecil waktu tinggal flok dalam klarifier maka semakin besar kemungkinan lolosnya flok ke zona jernih dan sebaliknya.

Pengaruh laju alir terhadap kinerja klarifier juga ditentukan oleh volume tube, jenis coagulan, dosis coagulan dan pH air olahan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara uji disain eksperimental yang terdiri dari 3 tahap yakni (1) merumuskan dan mengkonstruksi disain baru yang diduga akan memiliki kinerja lebih baik dari disain yang ada; (2) menguji dan menganalisis kinerja disain; (3) penyempurnaan disain. Uji dan analisis kinerja disain akan diarahkan untuk melihat pengaruh kemiringan tube dan laju alir/waktu tinggal terhadap tingkat kejernihan air yang dihasilkan. Disamping itu pengujian juga akan dilakukan untuk menentukan dosis zat kimia (*coagulan*) yang bersesuaian.

Jadi variabel perubah dalam penelitian ini adalah kemiringan tube dan laju alir/waktu tinggal. Sementara variabel responnya adalah tingkat kejernihan air yang dihasilkan. Variasi kemiringan tube yang digunakan adalah 64^0 , 74^0 , 80^0 dan 90^0 . Sementara variasi laju alir yang digunakan adalah 2 lt/menit, 4 lt/menit, 6 lt/menit, 8 lt/menit dan 10 lt/menit. Pengujian tingkat kejernihan air akan dilakukan dengan menggunakan alat *turbidity metre*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dosis Zat Kimia

Penentuan dosis zat kimia (*coagulant*) dilakukan dengan teknik coba-coba (*jar test*). Caranya dengan menambahkan berbagai

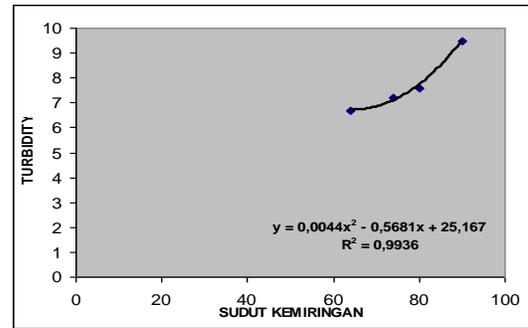
dosis *coagulant* ke dalam air sample kemudian membandingkan tingkat kejernihan hasilnya. Hasil yang paling jernih menunjukkan dosis *coagulant* yang bersesuaian. Penentuan dosis *coagulant* ini harus dilakukan setiap kali terjadi perubahan kualitas air mentah karena bila kualitas air mentah berubah maka dosis coagulan yang dibutuhkan akan berubah pula. Disamping dipengaruhi dosis coagulan, tingkat kejernihan air juga dipengaruhi oleh jenis dan pH air olahan. Untuk penggunaan *coagulant* alum ($(Al_2(SO_4)_3)$), agar pembentukan flok optimal maka pH air olahan harus dipertahankan pada rank 6 – 7 dengan penambahan $Ca(OH)_2$ atau $Ca(OCl)_2$ (Betz, 1976).

Pada penelitian ini air sample yang digunakan mempunyai turbidity 26 NTU dan dosis *coagulant* yang digunakan adalah 2 ppm. Sementara untuk mempertahankan pH ditambahkan larutan kaporit ($Ca(OCl)_2$) yang sekaligus berfungsi sebagai disinfektan.

Pengaruh Kemiringan Tube Terhadap Tingkat Kejernihan Air Hasil Olahan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam rank kemiringan yang diujikan ($64^0 - 90^0$) kemiringan tube sangat berpengaruh terhadap tingkat kejernihan air yang dihasilkan; makin miring peletakan tube makin tinggi tingkat kejernihan air hasil olahannya (gambar 5.1). Hal ini sesuai dengan dugaan awal bahwa dengan memiringkan letak tube maka proses pembentukan flok dan tingkat kesulitan flok untuk naik ke zona jernih akan meningkat pula. Namun pada kemiringan sekitar 60^0 kecenderungan kurva pada gambar 5.1 memperlihatkan bahwa, kemiringan tube tidak berpengaruh lagi terhadap kejernihan air yang dihasilkan.

Dari penelitian awal yang dilakukan juga terlihat bahwa konsentrasi lumpur pada zona lumpur berpengaruh terhadap kinerja tube klarifier; makin tinggi konsentrasi lumpur pada zona lumpur (sampai batas tertentu) maka makin baik kinerja tube klarifier dan sebaliknya.

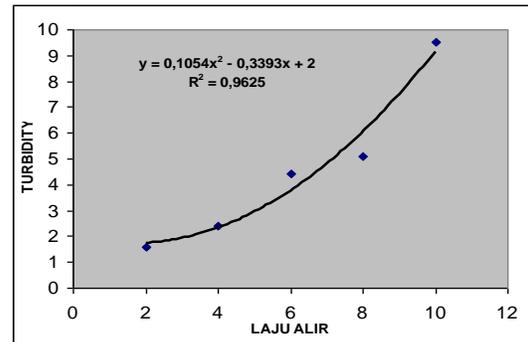


Gambar 5.1 Hubungan Kemiringan dengan Kekeruhan

Hal ini terlihat saat dilakukan uji kinerja klarifier dengan menggunakan simulasi lumpur (penambahan lumpur buatan kedalam zona lumpur). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian simulasi lumpur pada zona lumpur memberikan tingkat kejernihan air yang lebih baik dibandingkan dengan yang tanpa pemberian simulasi lumpur.

Pengaruh Waktu Tinggal/Laju Alir Terhadap Tingkat Kejernihan

Pengaruh laju alir air umpan terhadap tingkat kejernihan air hasil olahan diberikan pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Hubungan laju Alir dengan Kekeruhan

Makin besar laju alir maka makin rendah tingkat kejernihan air hasil olahan yang diperoleh. Hal ini terjadi karena pada laju alir yang besar kemungkinan lolosnya flok ke zona jernih akan semakin besar pula dan sebaliknya.

Hubungan laju alir dengan tingkat kejernihan air yang diperoleh sangat

ditentukan oleh volume tube. Bila volume tubenya besar maka laju alir yang diperbolehkan juga besar dan sebaliknya. Ratio volume tube terhadap laju alir dinamakan sebagai waktu tinggal. Hubungan waktu tinggal flok terhadap tingkat kejernihan air yang dihasilkan diberikan pada tabel berikut ini :

No.	Waktu tinggal	Turbidity
1	2,65	1,6
2	1,32	2,4
3	0,88	4,4
4	0,66	5,1
5	0,52	9,5

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kualitas air hasil olahan yang sesuai standar air minum (< 5 NTU) maka waktu tinggal minimum flok pada zona tube \pm 1 menit. Ketentuan tersebut diatas dapat dijadikan sebagai dasar dalam merancang volume tube klarifier. Bila ingin merancang tube klarifier dengan kapasitas 50 liter per menit maka volume tubenya minimal harus 50 liter juga dan seterusnya.

Untuk mendapatkan kualitas air minum yang lebih baik biasanya air hasil olahan klarifier selanjutnya diolah lagi pada unit *sand filter*. Air keluaran *sand filter* dapat mencapai tingkat kekeruhan < 1 NTU.

Penyempurnaan Disain

Dari data hasil uji coba dan analisis kinerja disain yang telah dilakukan didapatkan beberapa rumusan perbaikan terhadap klarifier yang dirancang yakni :

1. Perlu pemasangan *baffle* pada zona pengadukan (*coagulation zone*) untuk menghindari aliran vortex yang dapat mengganggu kestabilan lumpur pada zona flokulasi dan sedimentasi
2. Volume minimal tube pada tube klarifier harus besar atau sama dengan kapasitas laju alir maksimumnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Dosis *coagulan* sangat ditentukan oleh kualitas air mentah yang akan diolah.
2. Secara umum kemiringan tube berpengaruh terhadap kinerja tube klarifier, makin miring tube makin baik kinerja tube klarifiernya dan sebaliknya.
3. Laju alir/waktu tinggal air olahan dalam tube klarifier juga berpengaruh terhadap kinerja tube klarifier; makin tinggi waktu tinggal makin baik kinerja tube klarifiernya dan sebaliknya.
4. Kemiringan tube optimal yang diperoleh dari penelitian adalah 60^0 dan waktu tinggal minimum air olahan dalam tube adalah 1 menit.

Saran

1. Perlu dipelajari pengaruh awan lumpur (*sludge blanket*) terhadap kinerja tube klarifier
2. Perlu dipelajari pengaruh jenis *coagulant* terhadap kinerja klarifier

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2004, Sistem Pengolahan Air Bersih, Hand Out PT. Semen Padang
2. Betz, 1976, Hand Book Of Industrial Water Conditioning, Edisi VII, Trevoise, Pennsylvania
3. Kusnaedi, 2002, Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Air Minum, Penebar Swadaya, Jakarta.
4. Montgomery, 1985, Water Treatment : Principle and Disain, John Willey
5. Purwantu, dkk, 2002, Deteksi Pencemaran Air Bersih, Edisi I, Aneka Ilmu, Semarang
6. Sutrisno, dkk, 1987, Teknologi Penyediaan Air Bersih, Rineka Cipta, Jakarta
7. Untung, dkk, 1995, Menjernihkan Air Kotor, Puspa Swara, Bogor

