

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KEMIRINGAN DAN DIAMETER *TUBE SETTLER*
TERHADAP PENURUNAN NILAI KEKERUHAN DAN EFESIENSI
PENYISIHAN TSS PADA REAKTOR SEDIMENTASI
*RECTANGULAR***



ANDI NUR QALBIH I

D121 14 313

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KEMIRINGAN DAN DIAMETER *TUBE SETTLER*
TERHADAP PENURUNAN NILAI KEKERUHAN DAN EFESIENSI
PENYISIHAN TSS PADA REAKTOR SEDIMENTASI
*RECTANGULAR***



ANDI NUR QALBIH I

D121 14 313

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : **Pengaruh Kemiringan dan Diameter Tube Settler Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan dan Efisiensi Penyisihan TSS pada Reaktor Sedimentasi Rectangular .**

Disusun Oleh :

Nama : **Andi Nur Qalbih Iqbal** **D12114313**

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 12 Juli 2021

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc.
NIDK : 8827760018

Pembimbing II

Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andi Nur Qalbih Iqbal dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Pengaruh Kemiringan dan Diameter Tube Settler Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan dan Efisiensi Peyisihan TSS pada Reaktor Sedimentasi Rectangular**" adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dan penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun-penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 24 Juli 2021

Yang membuat
pernyataan,



Andi Nur Qalbih Iqbal
D12 14 313

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, dan Salawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wassallam yang telah membawa iman dan islam. Penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul : **Pengaruh Kemiringan Dan Diameter *Tube Settler* Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan Dan Efisiensi Penyisihan Tss Pada Reaktor Sedimentasi *Rectangular***. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak, terutama kepada yang saya hormati:

1. Ayahanda dan Ibunda yang tiada hentinya mendukung, memberikan kasih dan sayangnya serta mendoakan disetiap ibadahnya kepada penulis agar dilancarkan dalam menyelesaikan tugas akhir.
2. Ibu Prof. Dr. Ir Mary Selintung, M.Sc selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan masukan selama penulis menyusun skripsi.
3. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. selaku selaku Pembimbing II yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing, memberi saran serta dukungan kepada penulis selama menyusun skripsi.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T. M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Ibu Sumi dan Kak Olan yang telah banyak membantu penulis dalam pengurusan administrasi untuk menunjang skripsi penulis.
6. Laboran Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Bapak Syarifuddin, S.T yang membimbing selama di laboratorium.
7. Kakak dan Adik saya yang senantiasa memberi masukan dan semangat.
8. Saudari Yuni S.T, Cipek S.T, Sela S.T, Luly S.T, Ode S.T, Nita S.T, Umi S.T, Tiara S.T, Kiki S.T, Ummu S.T, Nuril S.T yang telah menyumbangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam proses penelitian.
9. Saudara Ikhsan, Rizki, Arafat, Alvin, Icsan, Agus S.T, Iksan, Multazam, Tri S.T, Ghalib S.T, Baso S.T, Fian S.T, Nono yang telah menyumbangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam proses penelitian.
10. Mutia Fajriana Sulistyowati yang selalu memberi dukungan dan bantuan dalam penyusunan skripsi.
11. Keluarga bahagia Portal 2015 dan saudara-saudari Sipil/Lingkungan yang telah berbagi suka dan duka dari mahasiswa baru hingga saat ini dan telah mengajari arti sebuah proses.
12. Saudara-saudari Teknik 2014 yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dorongan dalam penyelesaian skripsi.
13. Serta semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Gowa, Mei 2021

Penulis

ABSTRAK

ANDI NUR QALBIH. *Pengaruh Kemiringan dan Diameter Tube Settler Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan dan Efisiensi Penyisihan TSS Pada Reaktor Sedimentasi Rectangular* (dibimbing oleh Mary Selintung dan Roslinda Ibrahim).

Secara umum pada sumber-sumber air, seperti air sumur atau air sungai, kekeruhan yang terjadi disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekitar. Hal tersebut dikarenakan dalam air terkandung angkutan sedimen yang terdiri atas material diskrit seperti kerikil, pasir, koloid, dan partikel-partikel tersuspensi (*Total Suspended Solid*) yang menyebabkan kekeruhan pada badan air, sehingga dalam penurunan TSS (*total suspended solid*) tersebut diperlukan bak pengendap sedimentasi. Pengembangan dari bak sedimentasi konvensional di tambahkannya *tube settler* yang merupakan peralatan pengendapan *multi Settler*. Ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *tube settler* pada bak sedimentasi seperti kemiringan dan diameter *tube settler* yang digunakan. Oleh karena itu, Bagaimana pengaruh kemiringan dan diameter *tube settler* terhadap penyisihan nilai kekeruhan dan efisiensi penyisihan TSS (*total suspended solid*) pada reaktor sedimentasi yang kemudian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam mendesain bak sedimentasi dalam pengolahan air bersih. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan dalam skala laboratorium. Pengukuran kekeruhan dilakukan menggunakan alat *turbidity meter* dan cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*) secara gravimetri. Dari hasil penelitian diketahui penggunaan *tube settler* memberi pengaruh positif terhadap penyisihan kekeruhan, terlihat dari variasi perlakuan yang memperlihatkan kemampuan penyisihan kekeruhan tertinggi adalah perlakuan dengan kemiringan 60° dan diameter 1 inch (M2D1). Sedangkan penggunaan *tube settler* juga memberi pengaruh positif terhadap penyisihan TSS dalam proses sedimentasi. Variasi perlakuan yang memperlihatkan kemampuan penyisihan TSS tertinggi adalah perlakuan dengan kemiringan 60° dan diameter 2 inch (M2D2).

Kata Kunci: Kekeruhan, TSS, Bak Sedimentasi, Kemiringan *Tube Settler*, Diameter *Tube Settler*

ABSTRACT

ANDI NUR QALBIH. *Effect of Tube Settler Slope and Diameter on Decreasing Turbidity Value and TSS Removal Efficiency in Rectangular Sedimentation Reactors* (guided by Mary Selintung and Roslinda Ibrahim).

In general, in water sources, such as well water or river water, the turbidity that occurs is caused by the influence of the surrounding environment. This is because the water contains sediment transport which consists of discrete materials such as gravel, sand, colloids, and suspended particles (Total Suspended Solid) which cause turbidity in water bodies, so that in reducing TSS (total suspended solid) a settling basin is required sedimentation. The development of the conventional sedimentation basin is the addition of a tube settler which is a multi settling device. There are several criteria that need to be considered in using the tube settler in the sedimentation bath, such as the slope and diameter of the tube settler used. Therefore, How is the effect of the slope and diameter of the tube settler on the removal of the turbidity value and the efficiency of TSS (total suspended solid) removal in the sedimentation reactor which is then expected to be taken into consideration in designing the sedimentation basin in clean water treatment. The method used in this study is an experimental method which is carried out on a laboratory scale. Turbidity measurements were carried out using a turbidity meter and a gravimetric method of total suspended solids. The results showed that the use of a tube settler had a positive effect on the removal of turbidity. It was seen from the variation in the treatment that showed the highest turbidity removal ability was the treatment with a slope of 60 ° and a diameter of 1 inch (M2D1). Meanwhile, the use of tube settlers also has a positive effect on TSS removal in the sedimentation process. The treatment variation that showed the highest TSS removal ability was the treatment with a slope of 60 ° and a diameter of 2 inches (M2D2).

Keywords: *Turbidity, TSS, Sedimentation, Tube Settler Slope, Tube Settler Diameter*

DAFTAR ISI

	halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Ruang Lingkup	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Definisi Air	6
B. Sumber Air	7
1. Air Laut	7

2. Air Permukaan	7
3. Air Tanah	8
C. Kekeruhan	10
D. <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	11
E. Sistem Pengolahan Air	11
F. Koagulasi dan Flokulasi	13
G. Sedimentasi	16
H. Waktu Detensi	20
I. <i>Tube Settler</i>	21
J. Metode Gravimetri	24
K. Instrumen Penelitian	27
L. Penelitian Terdahulu	30
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Rancangan Penelitian	33
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
1. Lokasi Penelitian	35
2. Waktu Penelitian	36
C. Alat dan Bahan	36
1. Tahap Persiapan Alat dan Bahan	36
2. Tahap Perancangan Alat	37
D. Pelaksanaan Penelitian	38
E. Tahap Pengumpulan Data	39
1. Studi Literatur	39

2. Pengumpulan Data	39
F. Analisa Data	40
G. Diagram Alir Penelitian	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Kemiringan dan Diameter <i>Tube Settler</i> Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan dalam Reaktor Sedimentasi <i>Rectangular</i>	44
B. Pengaruh Kemiringan dan Diameter <i>Tube Settler</i> Terhadap Penurunan Penyisihan <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> dalam Reaktor Sedimentasi <i>Rectangular</i>	49
C. Pengaruh Dosis Koagulan dan Waktu Detensi Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan TSS	54

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	57
B. Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat)	14
2. Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengaduk Lambat)	14
3. Kriteria Desain Unit Sedimentasi	20
4. Kriteria Diameter <i>Tube Settler</i>	23
5. Penelitian Terdahulu	30
6. Rancangan Penelitian	33
7. Hasil Pengukuran Tingkat Kekeruhan	44
8. Hasil Pengukuran Nilai TSS	50
9. Kriteria Waktu Detensi Unit Sedimentasi	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Jenis Bentuk <i>Tube Settler</i>	23
2. Pengaruh Sudut Kemiringan dan Diameter <i>Tube Settler</i>	23
3. Proses Terbentuknya Endapan	26
4. Proses Terbentuknya Endapan 2	26
5. Fase Pengembangan Instrumen	29
6. Reaktor Kogulasi	34
7. Reaktor Flokulasi	35
8. Reaktor Sedimentasi	35
9. Reaktor	38
10. Pengukuran Tingkat Kekeruhan	41
11. Diagram Alir Penelitian	42
12. Grafik Perbandingan Kemiringan <i>Tube Settler</i> dengan Nilai Kekeruhan	46
13. Grafik Perbandingan Diameter <i>Tube Settler</i> dengan Nilai Kekeruhan	46
14. Grafik Efektifitas Nilai Kekeruhan	48
15. Grafik Perbandingan Kemiringan dengan Nilai TSS	51
16. Grafik Perbandingan Diameter dengan Nilai TSS	51
17. Grafik Efektifitas Nilai TSS	52

DAFTAR LAMPIRAN

1. Spesifikasi Reaktor.
2. Dokumentasi Penelitian.
3. Data Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. SNI 06-6989.3-2004 Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) secara gravimetric

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar manusia, sudah menjadi anggapan umum di mana kita menemukan air, maka di sana ada harapan akan kehidupan. Siklus air dan ekosistem yang melekat adalah faktor utama bagi kehidupan planet ini. Dalam kehidupan manusia air tawar digunakan untuk minum, mengolah makanan, mandi, energi, transportasi, pertanian, industri, dan rekreasi.

Secara umum pada sumber-sumber air, seperti air sumur atau air sungai, kekeruhan yang terjadi disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekitar. Hal ini dimungkinkan karena adanya zat yang terlarut di dalam tanah ataupun resapan air permukaan yang sudah tercemar oleh bahan organik ataupun anorganik yang tidak tersaring oleh tanah. Kekeruhan merupakan sifat optik yang terjadi akibat hamburan cahaya oleh partikel yang menyebar di dalam air membentuk koloid, yaitu cairan yang mempunyai partikel-partikel yang menyebar (melayang) serta terurai secara halus sekali dalam suatu *medium disperse* (Fatah dkk., 2014).

Secara fisik, air bersih di indikasikan dengan keadaannya yang bening, tidak berwarna dan tidak berbau. Kondisi seperti ini terjadi jika air tidak dikotori oleh bahan organik dan anorganik. Sedangkan secara *visual*, air yang tercampur oleh bahan pengotor, keadaannya akan mengalami perubahan, mungkin menjadi berwarna atau menjadi keruh. (Ghibran G, 2018)

Tingkat kekeruhan merupakan salah satu parameter dalam kriteria mutu air. Sumber air baku yang digunakan seperti air sungai sangat berpotensi untuk tercemar. Tingkat kekeruhan air yang tinggi akan merugikan pada sektor penyediaan air bersih karena memerlukan perlakuan tambahan dan akan meningkatkan biaya pengolahan (Ghibran G, 2018). Hal tersebut dikarenakan dalam air terkandung angkutan sedimen total yang terdiri atas material diskrit seperti kerikil, pasir, koloid, dan partikel-partikel tersuspensi (*total suspended solid*) yang menyebabkan kekeruhan pada badan air, sehingga dalam penurunan

total suspended solid tersebut diperlukan bak pengendap sedimentasi (Husaeni *et al.* 2013).

Sedimentasi adalah unit operasi yang didesain untuk mengumpulkan dan memindahkan padatan tersuspensi dari air limbah dengan cara gravitasi (Asmadi dan Suharno, 2012). Kondisi pengendapan partikel dipengaruhi oleh kondisi performa yang optimal dengan aliran laminar. Sehingga dapat menyisahkan 65-70 % *total suspended solid* (Hadi, 2000).

Salah satu pertimbangan dalam mendesain bak sedimentasi yaitu luas lahan yang diperlukan. Masalah yang timbul kemudian yaitu untuk mencapai hasil penyisihan yang efisien membutuhkan lahan yang luas, hal ini disebabkan karena efisiensi penyisihan dipengaruhi oleh luas permukaan atau *surface area* (A) bak sedimentasi. Oleh karena itu diperlukan untuk memodifikasi bak sedimentasi agar sesuai dengan lahan yang tersedia. Bak sedimentasi hasil modifikasi diharapkan memiliki efisiensi penyisihan yang lebih baik tanpa menambah luas lahan yang tersedia. Salah satu modifikasi yang dapat diterapkan yaitu menambahkan *tube settler* di zona pengendapan bak sedimentasi. *Tube settler* merupakan peralatan pengendapan *multi settler*, sebagai pengembangan dari bak sedimentasi konvensional yang telah dibangun sebelumnya. Bila *tube settler* ditambahkan pada bak sedimentasi, maka dapat menambah kapasitas dan memperbaiki kualitas effluent. *Tube settler* direncanakan dari bahan yang tahan karat akibat larutan alum dan susah ditumbuhi alga semacam, polythylene, kayu, fiber, baja tipis, dan sebagainya.

Dalam penelitian membuktikan bahwa kemampuan unit sedimentasi dapat bertambah jika menggunakan *tube settler*. Pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa semakin kecil ukuran diameter dari *tube settler* akan memperluas bidang pengendapan flok (Noviriana, 2001). Faktor lain yang berpengaruh pada kinerja penyisihan menggunakan *tube settler* adalah bentuk *tube settler*. Jenis dari *tube settler* sendiri terdiri dari *square tubes*, *circular tubes*, *rectangular tubes*, *hexagonal tubes*, *rectangular layers alternating direction* dan *chevron*. (Crittenden *et al.*, 2012). Kriteria desain diameter *tube settler* yaitu 2 inch – 3 inch, sedangkan kriteria desain untuk sudut kemiringan *tube settler* adalah 30°-60° (SNI 6774:2008).

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji kemiringan dan diameter *tube settler* pada bangunan sedimentasi yang ideal dalam menurunkan *total suspended solid* sehingga dapat diaplikasikan dengan tepat.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah diidentifikasi dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut;

1. Bagaimana pengaruh kemiringan dan diameter *tube settler* terhadap nilai kekeruhan pada reaktor sedimentasi *rectangular*.
2. Bagaimana pengaruh kemiringan dan diameter *tube settler* terhadap efisiensi penyisihan *total suspended solid* (TSS) pada reaktor sedimentasi *rectangular*.

C. Tujuan Penelitian

Setelah menguraikan latar belakang dan rumusan masalah dalam penelitian, maka berikut tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini;

1. Menganalisis kemiringan dan diameter *circular tube settler* terhadap nilai kekeruhan pada reaktor sedimentasi *rectangular*.
2. Menganalisis kemiringan dan diameter *circular tube settler* terhadap efisiensi penyisihan *total suspended solid* (TSS) pada reaktor sedimentasi *rectangular*.

D. Manfaat Penelitian

Studi pengaruh kemiringan dan diameter *tube settler* terhadap efisiensi penisihan tss pada reaktor sedimentasi *rectangular* diharapkan dapat memberikan manfaat bagi;

1. Perusahaan Air Minum (PDAM)

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi PDAM dalam mendesain bak sedimentasi dalam pengolahan air bersih sehingga dapat meningkatkan kualitas air yang didistribusikan.

2. Institusi Pendidikan

Menambahkan referensi ilmu pengetahuan khususnya dalam program studi Teknik Lingkungan dan pengolahan air bersih.

3. Masyarakat

Membantu meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai pentingnya pengolahan air bersih.

E. Ruang Lingkup

Untuk memudahkan dalam memahami skripsi ini, ruang lingkup dalam penelitian, yaitu;

1. Penelitian dilakukan skala laboratorium yang terletak di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. *Tube settler* yang digunakan berbentuk *circular tubes*
3. Parameter yang diukur adalah *total suspended solid* (TSS)

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab, dengan masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi masalah objek tugas akhir, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan bagaimana sistematika penulisannya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan landasan teori dari suatu penelitian tertentu atau karya ilmiah sering juga disebut sebagai studi literatur atau tinjauan pustaka.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan tentang metode pelaksanaan pekerjaan pada penelitian tugas akhir untuk beberapa item pekerjaan selama penelitian tugas akhir.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan akhir penelitian tugas akhir. Hal tersebut menjelaskan antara lain deskripsi kondisi objek dan permasalahannya, uraian aktivitas, dan evaluasi penelitain tugas akhir serta penjadwalan saat penelitian tugas akhir.

BAB 5 PENUTUP

Dalam bab ini berisi hasil data analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya yang merupakan kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan. Setelah itu pula terdapat saran atau rekomendasi yang akan diberikan kepada pihak yang terkait sehubungan dengan isi dari tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Air

Air dapat berwujud padatan (es), cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut. Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar (Indarto, 2010).

Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan "*Cyclus Hydrologie*". Laut merupakan tempat penampungan air terbesar di bumi. Sinar matahari yang dipancarkan ke bumi memanaskan suhu air di permukaan laut, danau, atau yang terikat pada permukaan tanah. Kenaikan suhu memacu perubahan wujud air dari cair menjadi gas, peristiwa ini dikenal sebagai proses evaporasi (*evaporation*). Sedangkan air yang terperangkap di permukaan tanaman yang juga berubah wujud menjadi gas dikenal sebagai proses transpirasi (*transpiration*) (Indarto, 2010).

Air yang menguap melalui proses evaporasi dan transpirasi selanjutnya naik ke atmosfer membentuk uap air. Uap di atmosfer selanjutnya menjadi dingin dan terkondensasi membentuk awan (*clouds*). Awan yang terbentuk selanjutnya dibawa oleh angin mengelilingi bumi, sehingga awan terdistribusi ke seluruh penjuru dunia. Ketika awan sudah tidak mampu lagi menampung air, maka awan akan menyebabkan titik-titik air yang jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka perserapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat rendah (cekung) maka air akan berkumpul membentuk suatu danau

atau telaga. Tetapi banyak diantaranya yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi ini (Indarto, 2010).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang disebut sebagai air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Pengertian mengenai air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan dan tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum.

B. Sumber Air

Sumber air adalah wadah air yang terdapat di atas dan dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah mata air, sungai, rawa, danau, waduk, dan muara. Berikut ini adalah sumber-sumber air menurut Tri Joko (2010):

1. Air laut

Air laut adalah air dari laut atau samudra. Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

2. Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Beberapa pengotoran untuk masing-masing air permukaan akan

berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteri.

Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan itu akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri. Udara yang mengandung oksigen atau gas O_2 akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang telah mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan O_2 akan meresap ke dalam air permukaan. Adapun jenis air permukaan adalah :

a. Air sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

b. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna hitam atau kuning kecoklatan, hal ini disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang terlarut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur Fe dan Mn ini terlarut. Pada permukaan air akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O_2 .

3. Air tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah pada lajur atau zona jenuh air. Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang keberadaannya terbatas dan kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas serta pemulihannya sulit dilakukan.

Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap mula-mula ke zona tak jenuh dan kemudian meresap makin dalam hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain seperti jenis batuan penutup, penggunaan lahan, serta manusia yang di permukaan. Air tanah terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Air tanah dangkal

Terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, sedemikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah, lapisan tanah ini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul menjadi air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

b. Air tanah dalam

Terdapat sebuah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman akan didapat satu lapis air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis atau sumur bor. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air tanah.

Ditinjau dari segi kesehatan dan kualitasnya, air laut dan air permukaan tidaklah selalu memenuhi syarat kesehatan, karena mempunyai kemungkinan untuk tercemar. Air laut yang mempunyai salinitas tinggi yang secara aturan kurang baik dijadikan air baku dan air minum. Sedangkan air permukaan yakni air sungai dan air rawa atau air danau dapat terkontaminasi dengan berbagai zat-zat mineral ataupun kimia yang mungkin membahayakan kesehatan.

Pada kawasan pemukiman salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan adalah air tanah atau air sumur. Air sumur adalah air tanah dangkal sampai

kedalaman kurang dari 30 meter, Air sumur umumnya pada kedalaman 15 meter dan dinamakan juga sebagai air tanah bebas karena lapisan air tanah tersebut tidak berada di dalam tekanan.

C. Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air. Kekeruhan akan mempengaruhi kecerahan air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus) maupun bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain (Efendi Helfi, 2003).

Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri. Air yang memiliki kekeruhan yang tinggi dan dipergunakan sebagai bahan baku, maka air tersebut dinyatakan tidak layak konsumsi, karena tidak memenuhi baku mutu atau persyaratan yang ada. Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumut dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel kecil yang tersuspensi lainnya. Padatan tersuspensi berkolorasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Akan tetapi tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan, artinya nilai padatan terlarut tinggi, tidak berarti memiliki kekeruhan yang tinggi (Efendi Helfi, 2003).

Kekeruhan tidak merupakan sifat dari air yang membahayakan, tetapi menjadi tidak disenangi karena rupanya atau akan mengurangi penerimaan konsumen terhadap air tersebut. Sehingga usaha penghilangan secara hampir sempurna bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan adalah penting. Kekeruhan dalam air merupakan satu hal yang harus dipertimbangkan dalam penyediaan air, mengingat kekeruhan tersebut akan mengurangi segi estetika dan mengurangi efektivitas usaha desinfeksi (Sutrisno, 2006).

D. Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah padatan yang tidak terlarut di dalam air, berupa partikel yang menyebabkan air keruh, gas terlarut, dan mikroorganisme penyebab bau dan rasa. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Jumlah padatan tersuspensi di dalam air dapat diukur menggunakan metode gravimetrik atau alat ukur turbidimeter. Seperti halnya padatan terendap, padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar atau cahaya ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis. Menurut Wityasari (2015), jika suatu perairan memiliki nilai total suspended solid yang tinggi maka semakin rendah nilai produktivitas suatu perairan tersebut. Hal ini berkaitan erat dengan proses fotosintesis dan respirasi organisme perairan. Banyaknya aktivitas manusia di sekitar perairan pesisir dapat menghasilkan limbah masuk ke dalam perairan dan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kondisi kehidupan perairan. (Winnarsih dkk., 2016)

E. Sistem Pengolahan Air

Sistem pengolahan air adalah proses yang dilakukan untuk menjernihkan air baku, membebaskan dari bau dan rasa, mengurangi efek korosi pada pipa serta menghilangkan bakteri patogen sehingga didapatkan air bersih. Sistem pengolahan air berdasarkan unit prosesnya terbagi menjadi dua yaitu sistem pengolahan air lengkap dan sistem pengolahan air sederhana. Sistem pengolahan air sederhana dilakukan pada sumber mata air. Air baku hanya melalui proses netralisasi dengan penambahan soda abu dan proses desinfeksi sehingga langsung didistribusikan ke konsumen. Sedangkan sistem pengolahan air lengkap dimulai dengan intake, penyaringan awal, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, aerasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir. Setiap proses pengolahan memiliki tujuan dan kegunaan tersendiri (Noviani, 2012).

1. Intake : merupakan sebuah bangunan yang berfungsi untuk menyadap air baku yang akan diolah menjadi air minum.
2. Penyaringan awal : Air baku yang digunakan tidak terlepas dari bahan pengotor. Oleh karena itu sebelum mengalami proses pengolahan lebih lanjut perlu dilakukan penyaringan awal yang bertujuan untuk menghilangkan benda kasar yang terapung seperti sampah daun, ranting, dan plastik, sehingga dapat memperlancar proses pengolahan selanjutnya.
3. Prasedimentasi : Disebut juga pengendapan awal berfungsi untuk mengendapkan partikel berukuran besar, seperti batu dan pasir. Tujuan dari proses ini adalah untuk memperoleh air baku dengan nilai kekeruhan yang tidak terlalu tinggi, sehingga akan mudah dalam proses pengolahannya menjadi air bersih.
4. Koagulasi adalah proses pencampuran koagulan dan air baku serta pengadukan secara cepat di dalam suatu wadah atau tempat agar diperoleh suatu campuran koagulan dan air baku yang diolah secara merata sehingga proses pembentukan gumpalan atau flok dapat terjadi secara merata (Noviani, 2012).
5. Flokulasi adalah proses pengadukan lambat agar campuran koagulan dan air baku yang telah merata membentuk gumpalan atau flok dan dapat mengendap dengan cepat.
6. Sedimentasi merupakan suatu proses pengendapan partikel yang sudah menggumpal (menjadi flok) dan dilakukan pada bak sedimentasi.
7. Aerasi adalah proses kontak air dengan udara bebas yang bertujuan untuk mengurangi kadar CO_2 dan menambah kandungan O_2 di dalam air. Pengurangan CO_2 dimaksudkan untuk menaikkan pH air sehingga sifat korosif dari air dapat dikurangi atau dihilangkan. Proses aerasi juga bertujuan untuk mengurangi rasa dan bau yang ditimbulkan oleh zat organik yang terdekomposisi atau sisa hasil metabolisme mikroba. Selain itu juga berfungsi untuk mengendapkan ion logam seperti mangan dan besi (Winarno, 1986).

8. Filtrasi adalah suatu proses penyaringan dengan menggunakan media seperti pasir halus. Proses ini bertujuan untuk menyaring flok yang sangat kecil yang tidak dapat mengendap secara gravitasi pada proses sedimentasi. Air yang akan disaring kemudian dialirkan ke bawah melalui pasir kerikil dan dikumpulkan ke dalam bak penampungan yang dihubungkan dengan penampungan bak air bersih.
9. Desinfeksi adalah suatu proses penghilangan mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan bagi manusia. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan bakteri patogen dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam air. Desinfeksi perlu diperhatikan khusus untuk menghindari terjadinya penambahan dengan dosis berlebihan yang dapat membahayakan kualitas air.
10. Reservoir adalah tempat penampungan air bersih sebelum didistribusikan ke konsumen. Reservoir berfungsi untuk penyimpanan, pemerataan aliran dan tekanan akibat variasi pemakaian di dalam daerah distribusi, dan sebagai distributor atau sumber pelayanan dalam daerah distribusi.

F. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi adalah proses untuk menyatukan butir-butir (gumpalan) dengan jalan memberikan bahan kimia yang disebut koagulan dan kemudian dilanjutkan dengan pengadukan cepat, sedangkan flokulasi adalah proses pembentukan flok dengan pengadukan lambat.

Pengolahan secara koagulasi flokulasi untuk menurunkan padatan tersuspensi menggunakan bahan koagulan berupa tawas. Larutan tawas digunakan sebagai bahan pengolah limbah cair organik secara kimia. Bahan ini berfungsi sebagai pemecah, sekaligus penggumpal bahan-bahan organik dalam air, baik non *biodegradable* (tidak dapat diuraikan secara biologi) maupun yang *biodegradable* (dapat diuraikan secara biologi). Jumlah koagulan yang dibutuhkan

dipengaruhi oleh jenis bahan koagulan, karakteristik air limbah, serta kecepatan dan lama pengadukan. (Hastutiningrum S, 2017)

Adapun kriteria perencanaan bak koagulasi dan bak flokulasi yang menjadi dasar perhitungan dalam menentukan dimensi bak koagulasi–flokulasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat)

Unit	Kriteria
Pengaduk <ul style="list-style-type: none"> • Tipe 	Hidrolis <ul style="list-style-type: none"> • Terjunan • Saluran bersekat • Dalam pinstalasi pengolahan air bersekat Mekanis <ul style="list-style-type: none"> • Bilah (blade, pedal (padle) kinstalasi pengolahan air • Flotasi
Waktu pengadukan (detik) <ul style="list-style-type: none"> • Nilai G/detik 	1-5 >750

Sumber: SNI 6774:2008

Tabel 2. Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengaduk Lambat)

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator Clarifier
		Sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertikal dengan bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) – 5	60 (menurun) – 10	70 (menurun) – 5	100 – 10
Waktu tinggal (menit)	30 – 45	30 – 40	20 – 40	20 – 100
Tahap flokulasi (buah)	6 – 10	3 – 6	2 – 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat			
Kecepatan aliran max. (m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 - 5	8 – 25	-
Tinggi (m)				2-4

Sumber: SNI 6774:2008

Untuk menghitung ukuran bak koagulasi-flokulasi, digunakan rumus berikut:

$$\text{Volume bak (V)} = Q \cdot dt \quad (1)$$

$$\text{Daya motor pengaduk (P)} = G^2 \cdot \mu \cdot V \quad (2)$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} \quad (3)$$

$$\text{Diameter Pengaduk (Di)} = \left(\frac{P}{kt \cdot n^3 \rho} \right)^{1/5} \quad (4)$$

Syarat diameter impeller dengan pengaduk 50 – 80 %

Rumus yang digunakan untuk menghitung ruang pengendapan adalah

$$(V) = Q \cdot dt \quad (5)$$

$$A = \frac{Q}{\text{beban permukaan}} \quad (6)$$

Keterangan :

P : daya motor pengaduk (watt)

G : gradien kecepatan (det^{-1})

μ : kekentalan dinamis (gram/cm.det)

V : volume bak (m^3)

Q : debit (m^3/hari)

dt : waktu tinggal (det)

t_1 : tinggi bak koagulasi (m)

t_2 : tinggi bagian pengendap lumpur (m)

A : luas permukaan (m^2)

Kt : ketetapan impeller

n : kecepatan putar (rpm)

Di : diameter impeller (m)

ρ : massa jenis air ($100 \text{ kg}/\text{m}^3$)

r : jari-jari tabung bak (m)

π : 3,14 atau $\frac{22}{7}$

G. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Sedimentasi merupakan salah satu proses penjernihan air, yang memiliki tujuan untuk mengendapkan flok-flok yang dibentuk oleh proses koagulasi dan flokulasi pada unit sebelumnya. Untuk mencapai pengendapan yang baik, bentuk bak sedimentasi harus dibuat sedemikian rupa sehingga karakteristik aliran di dalam bak tersebut memiliki aliran yang laminar dan tidak mengalami aliran mati (*short-circuiting*) (AWWA, 1999).

Sedimentasi juga proses yang lebih efektif dalam menghilangkan padatan anorganik daripada padatan organik, karena perbedaan kepadatan yang jelas antara partikel dan fluida. Besarnya perbedaan densitas tercermin langsung pada waktu detensi yang dibutuhkan padatan untuk mengendap di dasar cekungan, perbedaan besar mengurangi waktu pengendapan yang dibutuhkan. Proses koagulasi-flokulasi mendorong zat organik dan anorganik serta beberapa zat terlarut dalam air limbah saling menggumpal dan membentuk massa (flok) yang lebih besar yang lebih mudah mengendap (Al-Dulami dkk., 2018).

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi bisa dibagi menjadi empat kelas berdasarkan konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Empat jenis pengendapan tersebut adalah pengendapan tipe I, *Free Settling/Discrete particle sedimentation*, pengendapan tipe II, *Flocculant Settling*, pengendapan tipe III, *Zone/Hindered Settling* dan pengendapan tipe IV, *Compression Settling* (AWWA, 1999).

Pada instalasi pengolahan air minum ini, unit sedimentasi ditujukan untuk mengendapkan flok-flok yang dihasilkan baik dari proses koagulasi-flokulasi. Sehingga tipe pengendapan yang digunakan adalah pengendapan tipe II yaitu pengendapan dari partikel-partikel yang berupa flok pada suatu suspensi. Partikel-partikel tersebut akan membentuk flok selama pengendapan terjadi, sehingga ukurannya akan membesar dan mengendap dengan laju yang lebih cepat. Contoh

pengendapan tipe ini adalah pengendapan primer pada air buangan dan pengendapan pada air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi (AWWA, 1999).

Secara umum, beberapa hal yang perlu direncanakan dalam sistem bak sedimentasi adalah perencanaan bidang pengendapan, perencanaan *inlet* dan *outlet*, serta perencanaan ruang lumpur. Berdasarkan alirannya, bak sedimentasi dibagi menjadi dua macam, yaitu bak sedimentasi aliran vertikal (*Upflow clarifier*) dan bak sedimentasi aliran Horizontal (*Horisontal clarifier*). Umumnya bak sedimentasi yang sering digunakan dalam pengolahan air adalah tipe aliran horizontal pada desain bak persegi, persegi empat ataupun berbentuk lingkaran. Camp menyatakan bahwa bak sedimentasi berbentuk persegi panjang memiliki karakteristik aliran yang lebih stabil sehingga memiliki performa sedimentasi yang lebih baik dari bak berbentuk persegi empat ataupun lingkaran (AWWA, 1999).

Bak sedimentasi yang ideal dibagi menjadi 4 zona yaitu zona inlet, zona outlet, zona lumpur, dan zona pengendapan. Ada 3 bentuk dasar dari bak pengendapan yaitu rectangular, circular, dan square. Ada beberapa cara untuk meningkatkan performa dari proses sedimentasi, antara lain :

1. Peralatan aliran laminar yang meningkatkan performa dengan membuat kondisi aliran mendekati kondisi ideal. Alat yang digunakan antara lain berupa *tube settler* ataupun *plate settler* yang dipasang pada outlet bak. Alat tersebut meningkatkan penghilangan padatan karena jarak pengendapan ke zona lumpur berkurang, sehingga surface loading rat berkurang dan padatan mengendap lebih cepat (Qasim, Motley, & Zhu, 2000).
2. Peralatan solid-contact yang didesain untuk meningkatkan efisiensi flokulasi dan kesempatan yang lebih besar untuk partikel berkontak dengan sludge blanket sehingga memungkinkan pembentukan flok yang lebih besar.

Rumus-rumus dan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan sedimentasi yaitu :

- Rasio panjang-lebar bak (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

$$\text{Rumus rasio} = \frac{P}{L} \quad (1)$$

Dimana :

P : Panjang bak

L : Lebar bak

- Surface loading rate (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Dimana :

v : Surface loading rate

Q: Debit bak

A: Luas permukaan bak

- Kecepatan aliran di *tube settler* (Montgomery, 1985)

$$V = \frac{Q}{A \sin \alpha} \quad (3)$$

Dimana :

V: Kecepatan aliran pada *settler* (m/s)

Q: Debit bak (m³ /s)

A: Luas permukaan bak (m²)

α : Kemiringan *settler*

- *Weir loading rate* (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

$$W = \frac{Q}{L} \quad (4)$$

Dimana :

W: *Weir loading rate* (m³ / m.hari)

Q: debit bak (m³ /hari)

L: Panjang total weir (m)

- Bilangan Reynold dan bilangan Froude (Montgomery, 1985)

$$Nre = \frac{V_h \cdot R}{\mu} \quad (5)$$

$$Nfr = \frac{v_h^2}{g \cdot R} \quad (6)$$

Dimana :

V_h : Kecepatan horizontal (m/detik)

R : Jari – jari hidrolis (m)

μ : Viskositas absolut (N.detik/m²)

- Waktu detensi bak (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

$$Td = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

Dimana :

Td : Waktu detensi (s)

V: Volume bak (m³)

Q: debit bak (m³ /s)

- Waktu detensi *settler* (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

$$T = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

Dimana :

T : Waktu detensi (s)

V: Volume settler (m³)

Q : debit bak (m³ /s)

Tabel 3. Kriteria Desain Unit Sedimentasi

Kriteria	SNI 6774 : 2008	Montgomery (1985)
Beban Permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 - 2,5	(60-150) m ³ /m ² .day
Kedalaman (m)	3 – 6	-
Waktu tinggal (jam)	1,5 – 3	2 jam
Lebar / Panjang	> 1 / 5	3:1 – 5:1
Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	< 11	-
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000
Bilangan Fraude	> 10 - 5	> 10 – 5
Kemiringan <i>Tube/Plate</i>	30° / 60°	-

H. Waktu Detensi

Waktu detensi (td), yaitu waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat tercapai secara optimal, yang merupakan perbandingan antara volume bangunan dan debit yang mengalir. Dalam hal ini tahap pengolahan yang dimaksud adalah proses flokulasi dan sedimentasi. Secara umum, waktu detensi 4-5 jam cukup untuk menghilangkan partikel-partikel yang terflokulasi dalam tangki sedimentasi konvensional. Berbeda dengan tangki pengendapan konvensional, penggunaan tangki pengendapan kedalaman dangkal memungkinkan untuk mengurangi waktu detensi pengendapan menjadi beberapa menit hanya dengan koagulasi yang tepat dan flokulasi di hulu. Waktu detensi terutama tergantung pada jenis modul lamella dan laju pembebanan permukaan. Pembebanan permukaan cekungan dengan mudah dihitung dari luas cekungan yang ditutupi oleh modul pengendapan dan biasanya berkisar antara 1,5 sampai 8,8 m/jam. Penggunaan sistem lamella sangat efektif, terutama bila ada permukaan terbatas yang tersedia karena luas yang dibutuhkan untuk pengendapan lamella

berkisar antara sepertiga sampai seperempat dari luas yang dibutuhkan untuk cekungan sedimentasi konvensional (Al-Dulami dkk., 2018).

I. *Tube Settler*

Sistem *tube settler* adalah teknologi yang relatif murah yang sebagian besar digunakan untuk meningkatkan kinerja tangki sedimentasi konvensional. Sistem seperti ini biasanya digunakan sebagai unit sedimentasi di instalasi pengolahan air atau air limbah, atau dapat digunakan untuk sebuah peningkatan tangki sedimentasi konvensional yang ada, untuk meningkatkan kinerja dan meningkatkan kapasitas tangki sedimentasi melebihi kondisi desain asli. *Tube settler* adalah aplikasi praktis dari teori sedimentasi kedalaman dangkal, yang terdiri dari kumpulan *tube* plastik kecil berbagai geometri yang biasanya dipasang pada sudut kemiringan mulai dari 45° hingga 60° derajat di atas horizontal, yang memungkinkan partikel yang mengendap meluncur ke bawah menuju ujung bawah *tube*, sehingga pembersihan sendiri *tube* itu akan tercapai. Sistem *tube settler* meningkatkan kapasitas pengendapan cekungan sedimentasi dengan mengurangi jarak vertikal yang harus dilalui partikel tersuspensi (Al-Dulami dkk., 2018).

Sistem *tube settler* menempati tapak kecil dibandingkan dengan cekungan sedimentasi konvensional, dan ini adalah fitur yang sangat penting. Selain memiliki kepentingan ekonomi, juga memiliki manfaat lain, yaitu memberikan kesempatan bagi unit penjernih untuk dipasang dan dioperasikan di dalam ruangan, mengurangi beberapa masalah yang terkait dengan pertumbuhan alga, penyumbatan akibat penumpukan kotoran dan pengendalian bau, serta sistem semacam itu memiliki keuntungan tambahan yaitu menekan arus angin dan secara signifikan meningkatkan pola aliran di cekungan, sehingga turbulensi akan diminimalkan atau bahkan dihilangkan. Turbulensi secara efektif menghalangi sedimentasi partikel tersuspensi, yang mengakibatkan penurunan kualitas air limbah dan menurunkan efisiensi keseluruhan dari instalasi pengolahan (Al-Dulami dkk., 2018).

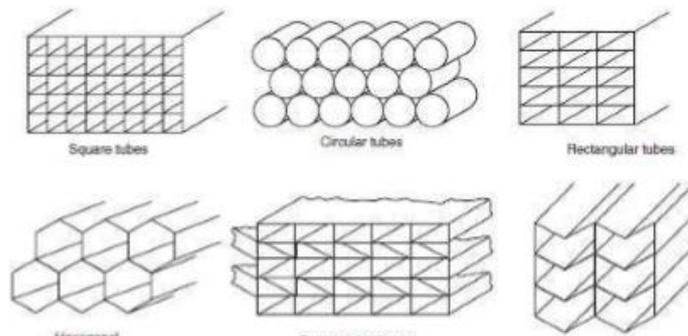
Untuk meningkatkan efisiensi penyisihan partikel dapat dilakukan dengan menambah luasan pengendapan pada bak sedimentasi. Namun hal tersebut tidak selalu sejalan dengan ketersediaan lahan. Meningkatkan nilai *overflow rate* pada bak sedimentasi tanpa harus menambah luasan bidang pengendapan dapat dilakukan dengan menambahkan *tube settler*. Hal tersebut dikarenakan padatan yang ada di dalam air akan tertempel pada bagian *tube* atau *settler* (Crittenden et al., 2012).

Perbedaannya dengan *settler* berbentuk *plat* parallel adalah pada *tube settlers* air hampir selalu mengalir keatas dengan sudut 45° - 60° terhadap sumbu horizontal cukup membuat lumpur mengendap dan jatuh keruang lumpur. Sedangkan pada *plate settler* bentuk pelatnya sejajar (C.C. Lee & Sun Dar Lin, 2007).

Bentuk dari *tube settler* terdiri dari *square tubes*, *circular tubes*, *rectangular tubes*, *hexagonal tubes*, *rectangular layers alternating direction* dan *chevron tubes*. Berdasarkan analisis terhadap bentuk *tube settler* terdapat perbedaan efisiensi dari berbagai bentuk terhadap penyisihan padatan. *Tube settler* hexagonal dan chevron memiliki efisiensi lebih baik dalam menyisihkan padatan dikarenakan padatan dapat menempel pada bagian yang membentuk siku atau sudut (Crittenden et al., 2012).

Pada unit tunggal sistem *settler* tabung terdiri dari sekelompok pipa dan saluran yang bersebelahan satu sama lain atau *plat* parallel miring. Tabung atau saluran individu biasanya memiliki luas penampang kecil, yang bisa berbentuk persegi, persegi panjang, lingkaran, bentuk V, atau bahkan heksagonal. Modul tabung biasanya terbuat dari PVC ringan atau bahan sejenis, dengan jarak yang seragam yang dapat digunakan dengan atau tanpa rangka pendukung. Klarifikasi Lamella memberikan kondisi untuk secara signifikan mengurangi bilangan Reynolds, yang biasanya sangat rendah, dibandingkan dengan bilangan Reynolds pada tangki sedimentasi konvensional, sehingga turbulensi akan diminimalkan atau bahkan dihilangkan. Turbulensi secara efektif memperburuk kualitas air limbah, sehingga menurunkan efisiensi keseluruhan instalasi pengolahan. Juga, turbulensi juga dapat menentukan suspensi ulang dari partikel yang mengendap. Karena

sedimentasi gravitasi tingkat tinggi, proses pengendapan lamella telah mendapat perhatian lebih dari tahun-tahun sebelumnya (Al-Dulami dkk., 2018).



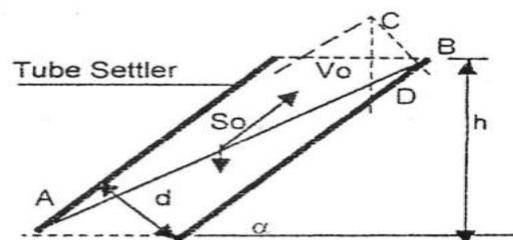
Gambar 1. Jenis Bentuk *Tube Settler*

Bentuk tube settler yang digunakan umumnya segi enam atau segi delapan dengan nilai bilangan reynolds < 2000 . Diameter tube settler tergantung pada besarnya kapasitas IPA

Tabel 4. Kriteria Diameter *Tube Settler*

Kapasitas IPA (L/detik)	Diameter Tube Settler (cm)	Sumber
1-10	2 – 2,5	SNI 6774:2008
20	3	
50	3,5	

Pengendapan dengan *tube settler* lintasan suatu partikel yang mengendap pada *tube settler*, merupakan hasil penjumlahan dua vektor, yaitu vektor kecepatan aliran pada *tube* dan vektor kecepatan pendapatan partikel (Huisman, 1973).



Gambar 2. Pengaruh Sudut Kemiringan dan Diameter *Tube Settler*

Pada waktu detensi T, artikel berpindah dari A ke B, dimana perpindahan ini bisa diuraikan atas perpindahan A ke C pada kecepatan V_0 dan perpindahan dari C ke D pada kecepatan S_0 (Huisman, 1973).

Maka, dijabarkan dalam rumus :

$$V_0 = Q / (A \sin \alpha) \quad (1)$$

$$A = (Q/S_0) \times (d/(h \cos \alpha + d \cos^2 \alpha)) \quad (2)$$

$$\text{Rumus dimensi ruang settling } A = L \times B \quad (3)$$

Ratio antara L dan B sebaiknya bervariasi antara 6 sampai 10 (Huisman 1973).

Sedangkan ketinggian dibawah *plate settler* dapat dicari dengan rumus :

$$H = (1/12) L^{0.8} \quad (4)$$

Jumlah *plate* dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$n = (L \sin \alpha) / d \quad (5)$$

Pada *plate settler* dan *tube settler* keduanya memiliki waktu detensi kurang dari 20 menit tetapi memiliki efisiensi pengendapan yang sama dengan bak sedimentasi konvensional dengan waktu detensi 2 jam. (C.C. Lee & Sun Dar Lin, 2007).

J. Metode Gravimetri

Metode analisis gravimetri adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada pengukuran berat, yang melibatkan: pembentukan, isolasi dan pengukuran berat dari suatu endapan. Pinsip umum analisis gravimetrik biasanya didasarkan pada reaksi kimia seperti :



dimana a molekul analit, A bereaksi dengan r molekul reagenya R. Produknya yakni $AaRr$, biasanya meruoakan suatu substansi yang sedikit larut yang bias ditimbang setelah pengeringan atau yang bisa dibakar menjadi senyawa lain yang komposisinya diketahui untuk kemudian ditimbang. Persyaratan berikut haruslah dipenuhi agar metode gravimetric berhasil: 1. Proses pemisahan hendaknya cukup sempurna sehingga kuantitas analit yang takterendapkan secara analitis tak-dapat dideteksi (biasanya 0,1 mg atau kurang, dalam menetapkan penyusunan utama dari

suatu makro) 2. Zat yang ditimbang hendaknya mempunyai susunan yang pasti dan hendaknya murni, atau sangat hampir murni. Bila tidak akan diperoleh hasil yang galat.

Stoikiometrik reaksi gravimetrik yang lazim, suatu endapan ditimbang dan darinya nilai analit dalam sampel dihitung. Maka persentase analit A adalah:

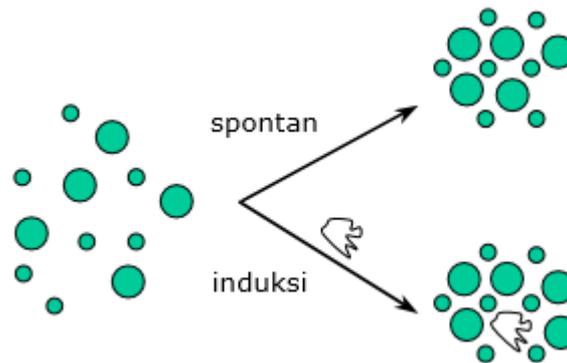
$$\%A = \frac{\text{berat A}}{\text{berat sampel}} \times 100 \quad (\text{Underwood:2002})$$

Endapan adalah zat yang memisahkan diri sebagai suatu fase padat keluar dari larutan. Endapan mungkin berupa kristal atau koloid dan dapat dikeluarkan dari larutan dengan penyaringan atau *centrifuge*. Endapan terbentuk jika larutan menjadi terlalu jenuh dengan zat yang bersangkutan. Kelarutan bergantung pada sifat dan konsentrasi zat-zat lain, terutama ion-ion dalam campuran itu. Ada perbedaan yang menyolok antara efek dari apa yang disebut ion sekutu dan ion asing. Ion sekutu adalah suatu ion yang merupakan salah satu bahan endapan. Dengan perak nitrat misalnya baik ion perak maupun ion klorida merupakan ion sekutu, tetapi ion lainnya adalah ion asing. Umumnya dapat dikatakan, bahwa kelarutan suatu endapan berkurang banyak sekali jika salah satu ion – sekutu yang berlebihan, meskipun efek ini mungkin diimbangi dengan pembentukan suatu kompleks yang dapat larut dengan ion sekutu yang berlebihan itu. (G.Svehla: 1985).

Proses isolasi dan pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu. Analisis gravimetri meliputi: transformasi unsur atau radikal ke senyawa murni yang lebih stabil yang dapat diubah ke bentuk yang dapat ditimbang dengan teliti. Pemisahan unsur atau senyawa dilakukan dengan pengendapan, penguapan, elektroanalisis, metode lain :

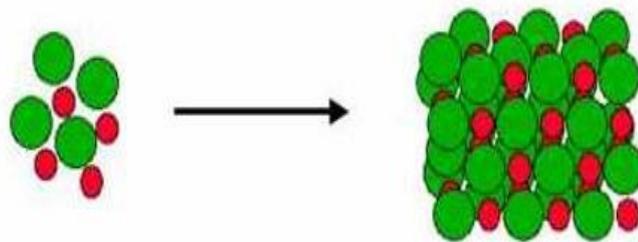
1. Endapan mempunyai kelarutan yang kecil sekali sehingga mudah dipisahkan secara filtrasi.
2. Sifat fisik endapan mudah dipisahkan dari larutannya dengan filtrasi.
3. Endapan harus dapat diubah menjadi suatu zat yang murni dengan komposisi kimia tertentu.

Terbentuknya endapan dimulai dari terbentuknya larutan lewat jenuh (*super saturated solution*). Nukleasi, sejumlah partikel (ion, atom atau molekul) membentuk inti mikroskopik dari fasa padat, semakin tinggi derajat lewat jenuh, semakin besar laju nukleasi. Pembentukan nukleasi dapat secara langsung atau dengan induksi.



Gambar 3. Proses Terbentuknya Endapan

Proses pengendapan selanjutnya merupakan kompetisi antara nukleasi dan *Particle Growth*. *Particle Growth*: Begitu suatu situs nukleasi terbentuk, ion-ion lain tertarik sehingga membentuk partikel besar yang dapat disaring.



Gambar 4. Proses Terbentuknya Endapan 2

Apabila nukleasi yang lebih dominan maka partikel kecil yang banyak, bila *particle growth* yang lebih dominan maka partikel besar yang dihasilkan. Jika pengendapan terbentuk pada RSS relatif besar maka nukleasi merupakan mekanisme utama sehingga endapan yang dihasilkan berupa partikel kecil spontan.

K. Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat pengumpul data adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam suatu penelitian. Instrumen Penelitian adalah segala peralatan yang digunakan untuk memperoleh, mengelola, dan menginterpretasikan informasi dari para responden yang dilakukan dengan pola pengukuran yang sama. Instrumen penelitian dirancang untuk satu tujuan dan tidak bisa digunakan pada penelitian yang lain. Kekhasan setiap objek penelitian menyebabkan seorang peneliti harus merancang sendiri instrumen yang digunakan. Susunan instrument untuk setiap penelitian tidak selalu sama dengan peneliti lain (Ali, M. 1993).

Hal ini mengingat tujuan dan mekanisme kerja dalam setiap teknik penelitian juga berbeda-beda. Data yang terkumpul dengan menggunakan instrumen tertentu akan dideskripsikan dan dilampirkan atau digunakan untuk menguji hipotesis yang diajukan dalam suatu penelitian. Untuk mengumpulkan data dalam suatu penelitian, kita dapat menggunakan instrumen yang telah tersedia dan dapat pula menggunakan instrumen yang dibuat sendiri. Instrumen yang telah tersedia pada umumnya adalah instrument yang sudah dianggap baku untuk mengumpulkan data variabel-variabel tertentu. Dengan demikian, jika instrumen baku telah tersedia untuk mengumpulkan data variabel penelitian maka kita dapat langsung menggunakan instrumen tersebut, dengan catatan bahwa teori yang dijadikan landasan penyusunan instrumen tersebut sesuai dengan teori yang diacu dalam penelitian kita. Selain itu, konstruk variabel yang diukur oleh instrumen tersebut juga sama dengan konstruk variabel yang hendak kita ukur dalam penelitian kita. Akan tetapi, jika instrumen yang baku belum tersedia untuk mengumpulkan data variabel tersebut harus dibuat sendiri oleh peneliti (Ali, M. 1993).

Observasi dalam sebuah penelitian diartikan sebagai pemusatan perhatian terhadap suatu objek dengan melibatkan seluruh indera untuk mendapatkan data. Jadi observasi merupakan pengamatan langsung dengan menggunakan penglihatan, penciuman, pendengaran, perabaan, atau kalau perlu dengan pengecapan.

Instrumen yang digunakan dalam observasi dapat berupa pedoman pengamatan, tes, kuesioner, rekaman gambar, dan rekaman suara (Ali, M. 1993).

Instrumen observasi yang berupa pedoman pengamatan, biasa digunakan dalam observasi sistematis dimana si pelaku observasi bekerja sesuai dengan pedoman yang telah dibuat. Pedoman tersebut berisi daftar jenis kegiatan yang kemungkinan terjadi atau kegiatan yang akan diamati (Anonim, 2003).

Kegiatan penelitian yang terpenting adalah pengumpulan data. Menyusun instrumen adalah pekerjaan penting di dalam langkah penelitian, tetapi mengumpulkan data jauh lebih penting lagi, terutama jika peneliti menggunakan metode yang rawan terhadap masuknya unsur subjektif peneliti. Itulah sebabnya menyusun instrumen pengumpulan data harus ditangani secara serius agar diperoleh hasil yang sesuai dengan kegunaannya yaitu pengumpulan variabel yang tepat. Pengumpulan data dalam penelitian perlu dipantau agar data yang diperoleh dapat terjaga tingkat validitas dan reliabilitasnya. Walaupun telah menggunakan instrumen yang valid dan reliabel tetapi jika dalam proses penelitian tidak diperhatikan bisa jadi data yang terkumpul hanya onggokkan sampah. Peneliti yang memiliki jawaban responden sesuai keinginannya akan semakin tidak reliable (Anonim, 2003).

Fase pengembangan instrumen penelitian sesuai kebutuhan pengembangan instrumen penilaian kinerja dosen jika digambarkan dalam flow chart bisa dilihat sebagai berikut :



(Dwiningrum, dkk, 2013)

Gambar 5. Fase Pengembangan Instrumen

L. Penelitian Terdahulu

Tabel 5. Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
1.	<i>Tube Settler</i> Sebagai Alternatif Penyisihan Kekeruhan Pada Proses Sedimentasi	Novirina Hendrasari Titieen Setiyo Rini (2015)	Jurnal Teknik	Mengoptimalkan pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi. Dari perhitungan dan percobaan pendahuluan pada bak sedimentasi didapatkan
2.	<i>Sedimentation and Flotation, Mechanical Filtration.</i>	Huisman (1973)	Jurnal Teknik	Mengetahui pengisihan kadar kekeruhan dan metode yang tepat
3.	Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid pada Proses Air Bersih Menggunakan Plate settler	Nurul Husaeni, Euis Nurul H, dan Okik Hendrianto C. 2013	Jurnal Teknik	Mengetahui kemiringan <i>plate settler</i> yang efektif dalam penyeisihan partikel tersuspensi di bak sedimentasi
4	Pengaruh Rasio Panjang dan Jarak Antar Plate settler Terhadap Efisiensi Penyisihan Total Suspended Solids (TSS) pada Reaktor Sedimentasi Rectangula	Fajar Indrawan 2017	Jurnal Teknik	untuk menganalisis jarak dan kemiringan <i>plate settler</i> yang optimum untuk menyisihkan TSS pada reaktor sedimentasi

5	Pengaruh Variasi Bentuk dan Diameter <i>Tube Settler</i> Terhadap Efisiensi Penyisihan TSS Pada Reaktor Sedimentasi Rectangular	Alvia Dewanty Maharani 2017	Jurnal Teknik	untuk menganalisis bentuk dan diameter <i>tube settler</i> yang optimum untuk menyisihkan TSS pada reaktor sedimentasi
6	Hubungan Tingkat Kekeruhan dan Variasi Konsentrasi Tawas Pengolahan Air Minum	Ghalib Ghibran 2019	Skripsi Teknik	Untuk mengetahui proses koagulasi pada penambahan koagulan menggunakan tawas
7	Perencanaan dan Perancangan Instalasi Pengolahan Air Bersih Di Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang	Kevin Arianto Pandiangan 2018	Jurnal Teknik	Meningkatkan kualitas air yang dipergunakan oleh warga di Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang
8	Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Eko Ary Priambodo 2016	Skripsi Teknik	Menganalisis kualitas dan kuantitas air baku dalam Kampus ITS untuk memenuhi kebutuhan air minum ITS.
9	Penentuan Surface Loading Rate (V_0) Dan Waktu Detensi (T_d)	Ahmad Iman Tauhid Wiharyanto Oktawan 2018	Jurnal Teknik	untuk menentukan nilai presentase removal partikel diskrit dan untuk menentukan nilai kecepatan pengendapan partikel diskrit sebagai

	Air Baku Air Minum Sungai Kreo Dalam Perencanaan Prasedimentasi Dan Sedimentasi Hr-Wtp Jatibarang		dasar penentuan dimensi bak prasedimentasi dan grit chamber dan menentukan kecepatan pengendapan partikel flok sebagai dasar penentuan dimensi bak sedimentasi
--	--	--	--