

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air yang biasa dipakai sebagai air baku yang nantinya akan digunakan untuk keperluan minum adalah air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Di antara sumber-sumber tersebut yang paling banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya.

Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan. Karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya.

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air tanah dan air permukaan, berikut mengenai penjelasannya yaitu:

1. Air Tanah

Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

2. Air Permukaan

Air permukaan air yang berada di permukaan, contohnya sungai, rawa, danau dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, kehadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

2.1.1 Kualitas Air Baku

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Parameter wajib kualitas air minum yang diterapkan di Pengolahan air minum mengacu pada Lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pegelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 .

Tabel 2. 1 Lampiran Wajib Parameter Kualitas Air Minum

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Ph		5 – 9	6 – 9	6 – 9	5 – 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	Mg/L	2	3	6	12	
COD	Mg/L	10	25	50	100	
DO	Mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
NO ₂ sebagai N	Mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ - N	Mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, Kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka 0,02 mg/L sebagai NH ₃

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Tabel 2.2. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		

	a Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an organik		
	1) Arsen	Mg / L	0,01
	2) Flourida	Mg / L	1,5
	3) Total Kromium	Mg / L	0,05
	4) Kadmium	Mg / L	0,003
	5) Nitrit, (sebagai NO ₂ ⁻)	Mg / L	3
	6) Nitrat, (sebagai NO ₃ ⁻)	Mg / L	50
	7) Sianida	Mg / L	0,07
	8) Selenium	Mg / L	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a Parameter fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat	Mg / L	500
	4) Kekeruhan	NTU	5

	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3
	b. Parameter kimiawi		
	1) Aluminium	Mg / L	0,2
	2) Besi	Mg / L	0,3
	3) Kesadahan	Mg / L	500
	4) Khlorida	Mg / L	250
	5) Mangan	Mg / L	0,4
	6) Ph		6,5 – 8,5
	7) Seng		3
	8) Sulfat	Mg / L	250
	9) Tembaga	Mg / L	2
	10) Amonia	Mg / L	1,5

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492
Tahun 2010

Agar baku mutu air minum dapat terpenuhi, maka diperlukan berbagai usahan untuk menjaga kualitas air, yaitu (winarni, 1996:17):

- a. Kontrol pada sumber air dapat dilakukan dengan pemilihan sumber air, control terhadap sumber polusi yang masuk ke sumber air, perbaikan kualitas sumber, kontrol pertumbuhan biologi.
- b. Instalasi pengolahan air yang tepat
- c. Kontrol pada sistem transmisi dan distribusi untuk mencegah kontaminan.

Adapun parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air adalah relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dengan cepat dapat dinilai oleh orang awam.

c. Kekeruhan

Sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air merupakan parameter kekeruhan. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik baik tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir, bahan organik seperti plankton dan mikroorganisme lainnya (Irawan A dan Lily I.S., 2013). Hasil analisis parameter kekeruhan menunjukkan kisaran 0,66 – 4,21 NTU (Tabel 1). Kekeruhan di perairan ini tergolong rendah dan tidak melebihi baku mutu air laut untuk kegiatan kehidupan biota laut (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, n.d.).

d. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme.

e. Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Bahan-bahan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan. Tingginya kadar TDS apabila tidak dikelola dan diolah dapat mencemari badan air. Selain itu juga dapat mematikan kehidupan akuatik, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan tersuspensi

maupun terlarut, kekeruhan, BOD5, dan COD yang tinggi (Ahmad, J. and El-Dessouky, 2008).

2. Parameter Kimiawi

Karakteristik kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari suatu sampel.

c. pH

Salah satu parameter kualitas air limbah yang terpenting adalah konsentrasi ion hidrogen. pH biasanya digunakan untuk menunjukkan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Konsentrasi pH yang sesuai bagi kejidupan biologis antara 6-9. Air limbah yang memiliki konsentrasi pH yang sangat asam atau basa akan sulit untuk diolah dengan pengolahan biologi. Jika pH air limbah tidak diolah sesuai dengan baku mutu dan kemudian dibuang ke lingkungan maka dapat mengubah atau mencemari konsentrasi pH natural di badan air. Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter (Metcalf & Eddy., 1991)

3. Parameter Biologi

Parameter biologi merupakan parameter yang berhubungan dengan keberadaan populasi mikroorganisme akuatik di dalam air, yang berakibat pada kualitas air. Indikator yang baik untuk mengetahui kualitas air minum adalah jumlah koloni bakteri *Fecal Coli*. Bakteri coliform adalah mikroorganisme yang terdapat pada kotoran manusia maupun hewan. Kehadiran bakteri ini dalam air menunjukkan kemungkinan kehadiran bakteri pathogen lain. Contoh bakteri coliform adalah *Escherichia coli* (Wahyudi, 2003).

Bakteri e. coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, di mana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak.

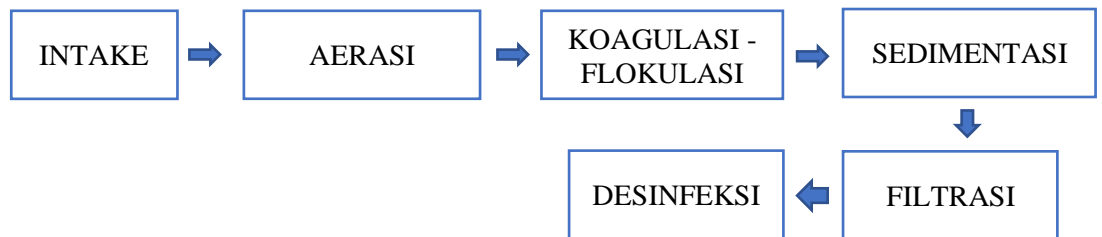
2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Proses Pengolahan Air

Menurut Reynolds (1982:1), berdasarkan fungsinya unit-unit operasi dan

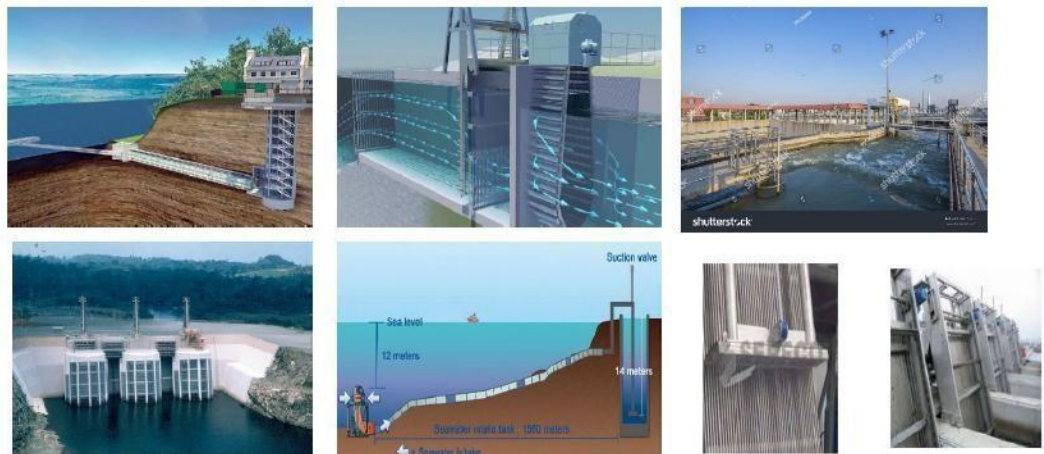
unit- unit proses di teknik lingkungan dapat diklasifikasikan menjadi 3 klasifikasi, yaitu pengolahan fisik, kimia dan biologi.

Unit-unit operasi dan proses yang biasa digunakan dalam proses pengolahan air terdiri dari:



Gambar 2. 1 Unit – Unit yang akan digunakan dalam pengolahan air minum

2.2.2 Bangunan Pengolahan Intake



Gambar 2. 2 Macam – macam Design Intake

Bangunan intake berfungsi sebagai penyadap atau penangkap air baku yang berasal dari sumbernya, dalam hal ini sungai. *River intake* menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi. Lokasi Intake harus memperhatikan beberapa faktor di bawah ini :

1. Kualitas air yang tersedia harus baik.
2. Berlokasi di tempat dimana tidak terdapat arus atau aliran kuat yang dapat merusak

intake.

3. Selama banjir, air tidak boleh masuk ke dalam intake.
4. Sebaiknya sedekat mungkin dengan stasiun pemompaan.
5. Pasokan tenaga harus tersedia dan dapat digunakan.
6. Angin yang menyebabkan sedimentasi harus dihindari.
7. Lokasi harus mudah dijangkau dan dekat tempat pengolahan sehingga meminimalkan biaya perpipaan.
8. Lokasi sebaiknya tidak berada di wilayah cekungan.
9. Sebaiknya tertutup untuk mencegah sinar matahari yang bisa menstimulus pertumbuhan lumut atau ganggang di air ataupun pengotor-pengotor dari luar.
10. Tanah tempat dibangunnya intake harus stabil.
11. Bangunan intake harus kedap air.
12. Pipa inlet ditempatkan dibawah permukaan sungai atau danau untuk mendapatkan air yang lebih dingin dan mencegah masuknya benda-benda yang mengapung.
13. Sebaiknya terletak agak jauh dari bahu sungai untuk mencegah kemungkinan pencemaran.
14. Sebaiknya terletak pada bagian hulu kota.

Menurut sumber air baku yang diambil, Bangunan Penyadap Air terbagi menjadi bangunan penyadap air dari mata air, bangunan penyadap air sungai, dan bangunan penyadap air tanah atau sumur dalam.

1. Penyadapan dari Mata Air

Mata air merupakan prioritas utama dalam sistem penyediaan air minum, karena tidak perlu diproses dan hanya perlu pembubuhan desinfektan.

Keberlangsungan sumber mata air sangat dipengaruhi oleh daerah resapan (*catchment area*). Oleh karena itu *catchment area* perlu dilindungi untuk menjaga kapasitas air sumber. Daerah resapan tersebut harus terjaga kelestariannya dengan melindunginya dari penebangan liar. Tanaman yang tumbuh atau ditanam di wilayah tersebut juga harus dapat menyerap atau menyimpan air dengan baik.

Dalam merencanakan bangunan pengambil (penyadap) sedapat mungkin tidak

mengubah struktur tanah di sekitar mata air, dengan tetap mengikuti kaidah ilmu tentang bangunan air. Karena itu sebaiknya penyadapan dilakukan diluar lokasi mata air sehingga kondisi alam disekitar mata air tetap natural. Air permukaan dekat mata air sebaiknya tidak meresap ke tanah dan bercampur dengan mata air.

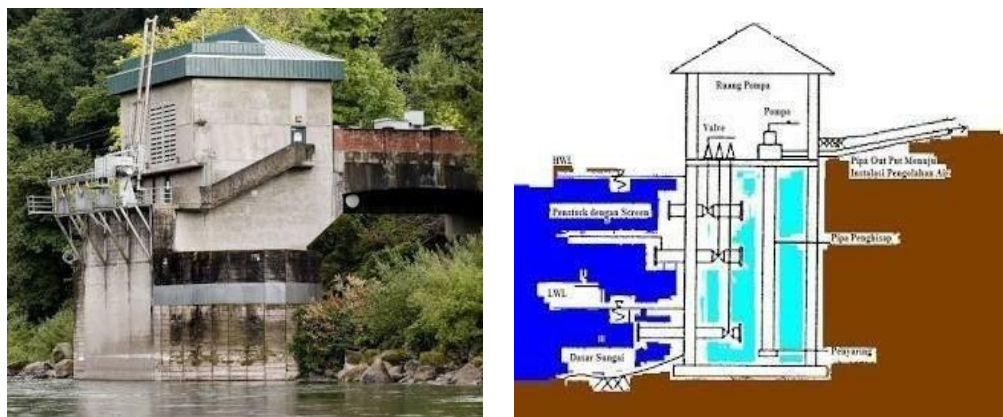
Untuk itu perlu dibuatkan saluran untuk mengalirkan air permukaan secepat mungkin. Dinding pemotong hendaknya dibuat cukup dalam di lapisan yang mengandung air. *Chamber* sebaiknya dilengkapi dengan perpipaan, *value*, *manhole*, dan *overflow weir*.

Bangunan penyadap air dari mata air sering dikenal dengan istilah “*bronkaptering*”. Bangunan penyadap air dari mata air ini umumnya terbuat dari pasangan batu atau pasangan beton. Sedangkan bentuknya disesuaikan dengan jenis dan keadaan sekitar mata air tersebut, misalnya bangunan penyadap air dari mata air yang keluar dari rekahan batu pada tebing berbeda dengan bangunan penyadap air dari mata air yang keluar dari tanah yang datar.

2. Penyadapan dari Air Permukaan

Adapun jenis-jenis intake penyadap dari air permukaan, yaitu:

a. River Intake



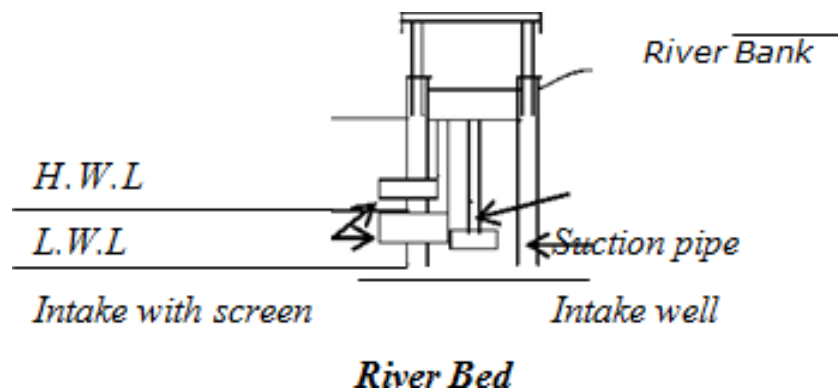
Gambar 2. 3 Contoh Gambar
River Intake

River intake, adalah intake yang digunakan untuk menyadap air baku yang berasal dari sungai atau danau. *River Intake* terdiri atas sumur beton berdiameter 36 m yang dilengkapi 2 atau lebih pipa besar yang disebut

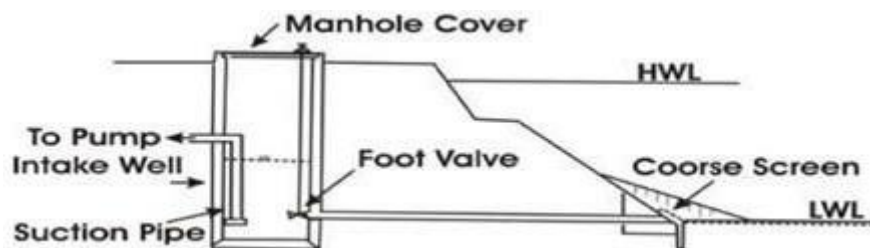
penstock. Pipa-pipa tersebut dilengkapi dengan katup sehingga memungkinkan air memasuki intake secara berkala. Air yang terkumpul dalam sumur kemudian dipompa dan dikirim ke dalam instalasi pengolahan. *River Intake* terletak pada bagian hulu kota untuk menghindari pencemaran oleh air buangan. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

Kelengkapan dan cara kerja River Intake :

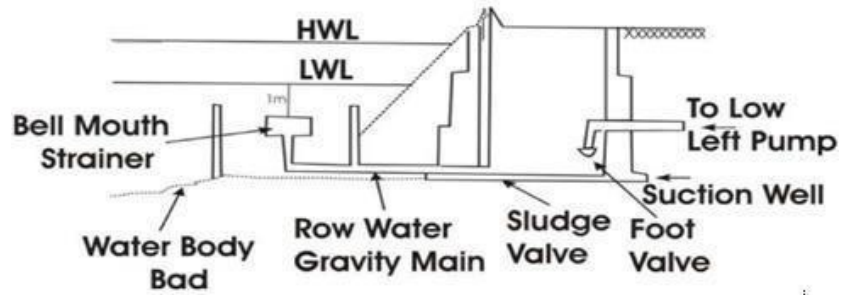
- Saluran Pembawa : untuk mengalirkan air dengan elevasi tertentu dan menjaga energi potensial air tetap terjaga
- *Screen* : untuk menyisihkan benda-benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya
- Sumur pengumpul : untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- *Strainer* : menyaring benda – benda kecil misalnya : kerikil, biji -bijian.
- *Suction Pipe* : mengambil air dari sumur pengumpul setelah melalui *strainer* kemudian diolah.



Gambar 2. 5 River Intake I



Gambar 2. 4 River Intake II

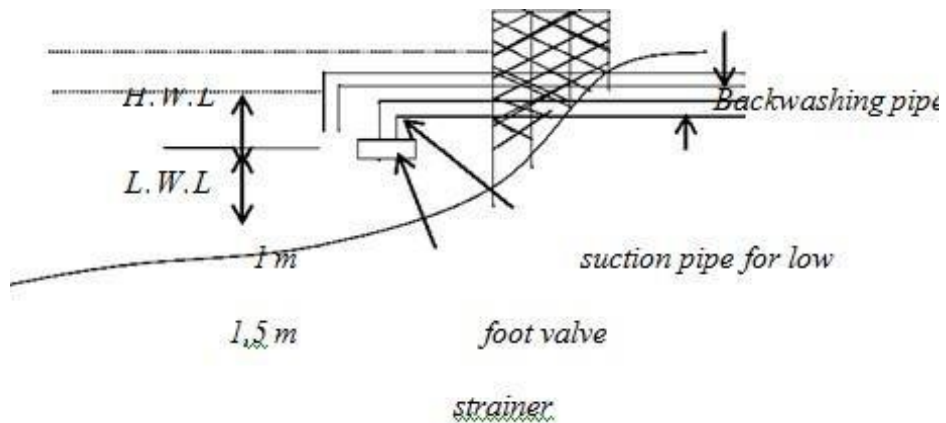


Gambar 2. 6 River Intake III

b. Direct Intake

Biasanya digunakan untuk sumber air dari danau atau sungai yang dalam dimana kemungkinan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan pada bagiangdasar. Kelengkapan dan cara kerja:

- *Strainer* : menyisahkan benda – benda kecil, misalnya kerikil, biji-bijian dan sebagainya.
- Pipa hisap : berguna untuk mengambil air setelah melalui strainer.



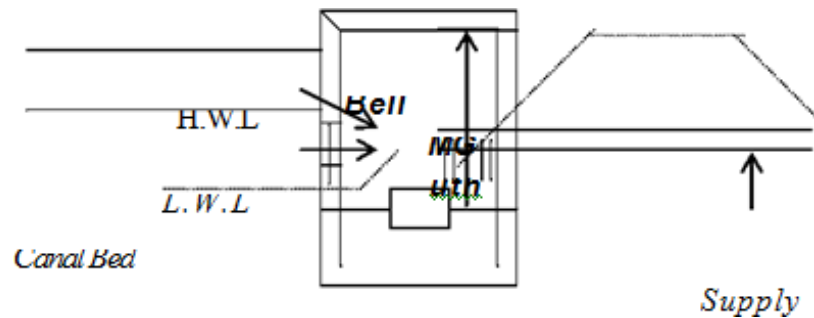
Gambar 2. 7 Direct Intake

(Sumber : Hadi, W. 2000. Hal 23-24)

c. Canal intake

Digunakan untuk air yang berasal dari *Canal*. Dinding *chamber* sebaiknya terbuka ke arah *Canal* dan dilengkapi dengan saringan kasar. Dari *chamber* air dialirkan dengan pipa yang ujungnya terdiri dari Bell Mouth yang terbentuk setengah bola yang perforated (berlubang – lubang). Kelengkapan dan cara kerja Canal Intake :

- *Screen* : menyisihkan benda – benda , misalnya ranting, daun, batu, dan sebagainya.
- *Bell Mouth Strainer* : menyisihkan benda-benda kecil, misalnya kerikil, biji-bijian dan sebagainya.
- *Pipa Supply* : mengambil air dari bak pengumpul setelah *Bell Mouth Strainer*



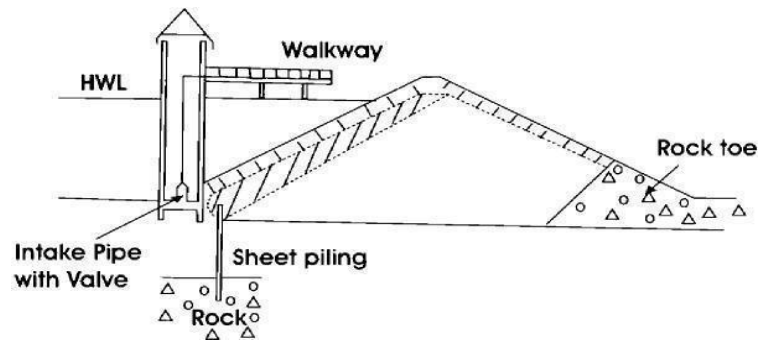
Gambar 2. 8 Canal Intake (Sumber : Hadi, W. 2000. Hal 23-24)

d. Dam Intake (*Reservoir Intake*)

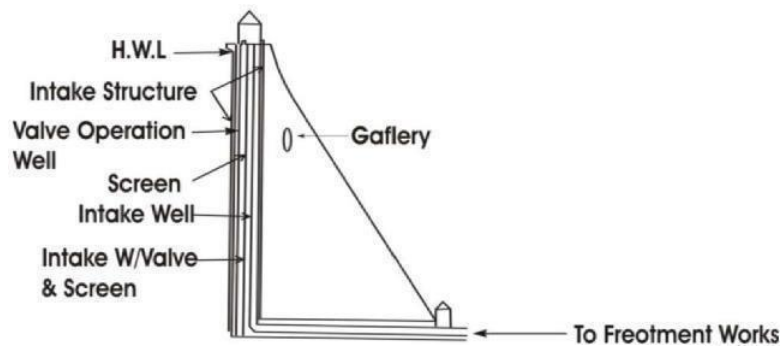
Digunakan untuk air yang diambil dari dam, baik yang alamiah maupun dari dam. Menara intake dibuat terpisah dengan dam pada bagian *up stream*. Beberapa inlet pada beberapa muka air dibuat di menara untuk dapat mengambil air yang berfluktuasi muka airnya. Jika air di *reservoir* dapat mengalir secara gravitasi, maka tidak diperlukan pemompaan dari menara.

Kelengkapan dan cara kerja *Reservoir Intake* sebagai berikut :

- Pipa Inlet dengan *Screen* : pipa yang mengambil air dari badan air dengan dilapisi penyaring untuk menyisihkan benda besar, misalnya : ranting, batu, daun dan sebagainya.
- Sumur Pengumpul : tempat air yang diambil dari badan air melalui pipa inlet.
- Pipa Hisap : pipa yang berfungsi untuk mengambil air dari sumur pengumpul menuju ke pengolahan



Gambar 2. 9 Reservoir (Dam Intake)



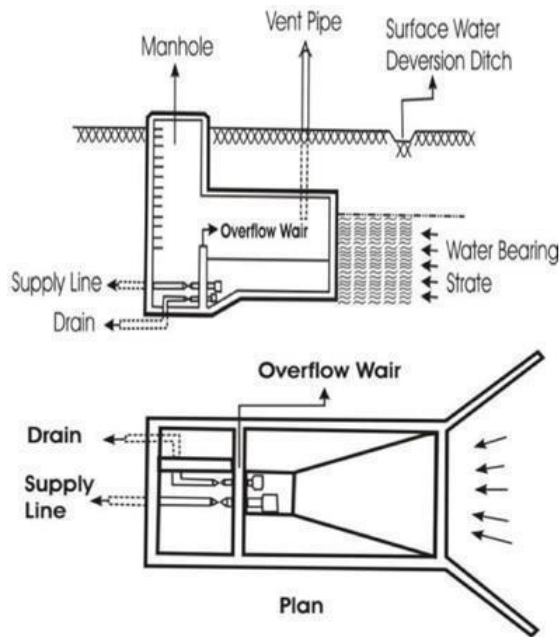
Gambar 2. 10 Reservoir (Dam Intake) II

e. Spring Intake

Digunakan untuk air yang diambil dari mata air dalam pengumpul air dari mata air, haruslah dijaga supaya kondisi tanah tidak terganggu. Air permukaan dekat mata air sebaiknya tidak meresap ke dalam tanah, dan bercampur dengan air dari mata air. Untuk itu perlu dibuat saluran untuk mengalirkan air permukaan ini secepat mungkin. Dinding pemotong hendaknya dibuat cukup dalam dan lapisan yang mengandung air. Jika air membawa banyak pasir.

Cara kerja *Spring Intake*:

- Saluran Air : masuknya air dari mata air ke dalam bak pengumpul.
- Bak Pengumpul : tempat berkumpulnya air sebelum diolah
- *Presettling* : mengendapkan benda – benda kecil, misalnya pasir yang terbawa melalui saluran.
- Pipa Supply dengan Strainer : dialirkan air dari bak pengumpul melalui pipa dengan menyalurkan benda – benda kecil seperti pasir



Gambar 2. 11 Spring Intake

3. Air baku dari Air Tanah

Pemilihan bangunan pengambilan air tanah dibedakan menjadi sumur dangkal dan sumur dalam.

a. Sumur air tanah dangkal

Pemilihan sumur dangkal secara umum dilakukan dengan pertimbangan kebutuhan air di daerah perencanaan kecil, kapasitas sumur mencukupi pada saat kritis atau kemarau. Umumnya dipergunakan dalam kapasitas relatif kecil dan kedalaman air di bawah 30 meter (umumnya 15 meter), dengan diameter paling kecil adalah 60 cm. Bangunan pengambilan umumnya terbuka dan untuk menghindari kontaminasi sekaligus sebagai penguat, bagian dinding sumur dipasang casing beton bertulang.

b. Sumur air tanah dalam

Pemilihan sumur dalam dilakukan dengan pertimbangan kebutuhan air di daerah perencanaan cukup besar, kapasitas sumur dalam mencukupi sedangkan kapasitas sumur dangkal tidak memenuhi dan potensi mata air tidak memungkinkan.

Sumur dalam berupa sumur pompa tangan (SPT) dengan kedalaman maksimal

30 meter, meliputi pipa tegak (pipa hisap), pipa selubung, saringan, dan *shock reducer*. Sumur pompa benam (*submersible pump*) meliputi pipa hisap, pipa selubung, saringan, pipa observasi, *reducer*, *dop socket*, tutup sumur, kerikil, panel dan energi listrik.

Apabila jumlah sumur lebih dari satu, jarak antar sumur perlu dipertimbangkan untuk menghindari pengaruh sumur satu dengan yang lain.

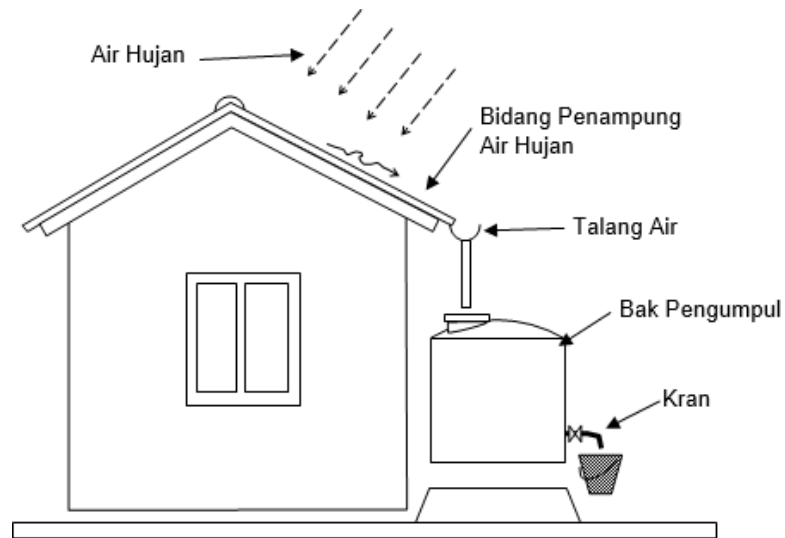
c. Pengambilan Air Baku dari Air Hujan

Pengambilan air baku dari air hujan biasanya menggunakan atap gabungan rumah-rumah penduduk, masjid, kantor desa atau bangunan umum lainnya sebagai penangkap air hujan, dan kemudian di alirkan ke bak penampung. (Lihat Gambar 2.12)

Desain bak penampung air hujan (PAH) harus memenuhi volume minimal 15 l/org/hari untuk kebutuhan maksimal jumlah bulan musim kering dalam satu tahun. Bak penampung dibuat sederhana terbuat dari bahan kedap air berupa pasangan bata, beton atau *fiberglass*.

Menurut UNEP dalam Yulistyorini (2011), beberapa sistem PAH yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

- Sistem atap (*roof system*) menggunakan atap rumah secara individual memungkinkan air yang akan terkumpul tidak terlalu signifikan, namun apabila diterapkan secara masal maka air yang terkumpul sangat melimpah;
- Sistem permukaan tanah (*land surface catchment areas*) menggunakan permukaan tanah merupakan metode yang sangat sederhana untuk mengumpulkan air hujan. Dibandingkan dengan sistem atap, PAH dengan sistem ini lebih banyak mengumpulkan air hujan dari daerah tangkapan yang lebih luas. Air hujan yang terkumpul dengan sistem ini lebih cocok digunakan untuk pertanian, karena kualitas air yang rendah. Air ini dapat ditampung dalam embung atau danau kecil. Namun, ada kemungkinan sebagian air yang tertampung akan meresap ke dalam tanah.



(Sumber: Standar Kebutuhan Air dan Komponen Unit SPAM, I Putu Gustave)

Gambar 2. 12 Pengambilan Air Baku dari Air Hujan

Efisiensi air hujan yang ditangkap ditentukan oleh koefisien tangkapan air hujan, dimana koefisien ini merupakan prosentase air hujan yang ditangkap dari sistem PAH yang memperhitungkan kehilangan air. Koefisien ini bergantung dari desain sistem PAH dan pemanfaatan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air. Untuk kebutuhan indoor koefisien efisiensi sebesar 75-90%, sedangkan untuk kebutuhan *outdoor* sebesar 50%.

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah ***River Intake***, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai.

Berikut adalah penjelasan perencanaan dari bagian-bagian bangunan intake yang direncanakan:

A. Pintu Air



Gambar 2. 13 Penggunaan Pintu Air Intake

Pintu air intake digunakan untuk menyadap dan mengontrol air yang akan dialirkan ke saluran irigasi melalui kantong lumpur. Bagian ini juga dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup, sehingga besar kecilnya air yang akan disadap dapat dikontrol dengan baik. Pada sebuah bendung, tempat pengambilan atau intake ada beberapa: bisa terdiri dari dua buah, yaitu kiri dan kanan, dan bisa juga hanya sebuah, tergantung dari tata letak daerah yang akan diair

Bila tempat pengambilan terdiri dua buah, menuntut adanya bangunan penguras dua buah pula. Terkadang bila salah satu pintu pengambilan tersebut debitnya kecil, maka pengambilan lewat sebuah gorong yang dibuat pada tubuh bendung. Hal ini menyebabkan tidak perlu membuat dua bangunan penguras dan cukup satu saja

➤ Bagian-bagian pintu air intake:

Pintu air intake suatu alat yang memiliki beberapa bagian atau *part*, adapun bagian-bagian yang terpenting dari pintu air antara lain:

- Daun pintu (*gate leaf*)

Adalah bagian dari pintu air yang dapat menahan tekanan air dan dapat digerakkan un

- Kerangka pengatur arah gerakan (*guide frame*)

Adalah sebuah alur yang terbuat dari besi maupun baja yang dipasang kedalam beton yang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan

- Angker (*Anchorage*)

Adalah baja atau besi yang ditanam didalam beton dan digunakan untuk menahan kerangka pengatur arah gerakan agar dapat memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton

- *Hoist*

Adalah alat yang digunakan untuk menggerakkan daun pintu air agar dapat dibuka dan ditutup dengan mudah

➤ Kegunaan Pintu Air Intake:

- Untuk kebutuhan irigasi

Dengan adanya pintu air intake dapat digunakan untuk membendung sumber air, yang bertujuan sebagai kebutuhan irigasi yaitu mempermudah dalam pengairan lahan pertanian ataupun perkebunan

- **Pembangkit energi**

Air bendungan dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air, yaitu air dialirkan menuju ke turbin kemudian turbin yang dialiri oleh air itu memiliki poros yang sama dengan rotor generator sehingga ketika turbin berputar, rotor generator juga ikut berputar. Dengan berputarnya rotor generator, maka stator generator akan menghasilkan energi listrik yang kemudian dapat disuplai ke jaringan

- **Pembagi atau pengendali banjir**

Pintu air intake ini sangat diperlukan untuk pengendalian keluar masuk air, sehingga banjir bisa dicegah. Pintu air yaitu bangunan penunjang pada suatu bendungan. Ini datur dan difungsikan untuk mengatur air disungai., bendungan penaha banjir, maupun ditanggul sungai. Bila terjadi banjir, air dikuran dengan cepat.

- **Pembilas pada berbagai keadaan debit sungai**

Pintu air intake juga berfungsi untuk pembilas atau mencegah bahan sedimen kasar kedalam saluran irigasi

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Untuk Pintu Air

Bagian-bagian	Kriteria desain
Lebar pintu air (Lp)	< 3m
Kecepatan aliran (Vp)	< 1 m/s

Persamaan yang dapat dipergunakan untuk menghitung *headloss* yang terjadi pada pintu air adalah:

$$HL = \frac{Q}{2,746 \times H f^{2/3} \times lp} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- H_L = Headloss pada pintu air (m)
- H_f = Tinggi bukaan pintu air (m)
- Q = debit air yang masuk melalui pintu air (m^3/s)

- L_p = Lebar pintu air (m)

B. Saluran Pembawa atau Canal

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolah air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton dengan tampak penampang yang berbentuk persegi. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. (Sri Wahyuni., ST., MT, Andi Setyawan ., ST., MT, Ir. Dwi Jumhariyanto., M.si, 2013). Rumus-rumus yang digunakan :

1. Dimensi Lebar Saluran Pembawa

$$B = 2 \times H \quad (2.2)$$

Keterangan:

- H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa(m)
- B = Lebar Saluran Pembawa (m)

C. Screen

Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah *screening*. *Screen* merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada *influent* air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. (Metcalf & Eddy, 2003).

Prinsip dari *screening* adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan (Metcalf & Eddy, 2003):

1. Kerusakan pada alat pengolahan,
2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan,
3. Kontaminasi pada aliran air.

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, di antaranya coarse screen, fine screen dan microscreen. Coarse screen mempunyai bukaan yang berada antara 6-150 mm (0,25-6 inchi). Sedangkan fine screen mempunyai bukaan kurang dari 6 mm (0,25 inchi). Microscreen pada umumnya mempunyai bukaan kurang dari 50 mikron dan digunakan untuk

menghilangkan padatan halus dari effluent. (Metcalf & Eddy, 2003)

Screen biasanya terdiri atas batangan yang disusun secara paralel. Screen pada umumnya terbuat dari batangan logam, kawat, jeruji besi, kawat berlubang, bahkan perforated plate dengan bukaan yang berbentuk lingkaran atau persegi. (Metcalf & Eddy, 2003).

2.2.3. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO_2) dan
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S),methan (CH_4) dan berbagai senyawa senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan calcium karbonat (CaCO_3) yang dapat menimbulkan masalah.

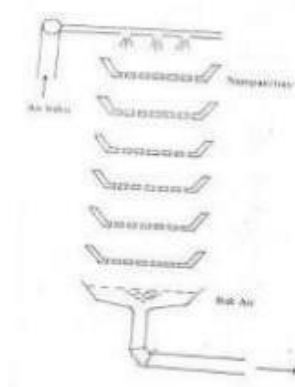
Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci. Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferric (Fe) dan maganic oxide hydratesyang

tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sendimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall) aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oksigen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide (CO₂) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Jenis-Jenis Metode Aerasi :

1. Waterfall aerator (aerator air terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.

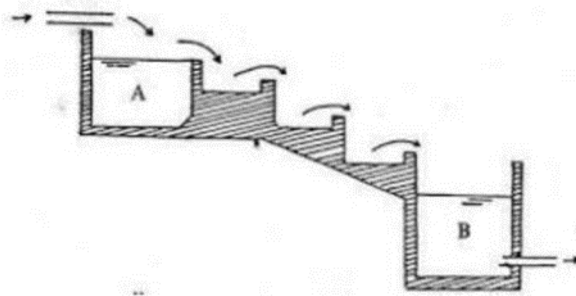


Gambar 2. 14 *Canal river*

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray- tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempenganlempengan absetos cement berlobang-lobang.

2. Cascade Aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter². Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2. 15 *Cascade Aerator*

Keterangan :

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

2.2.4. Koagulasi Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Dalimunthe, 2007; Shammass & Wang, 2016).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Tabel 2. 3 Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Alumunium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	> 8,5

Sumber: Sugiarto, 2006

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan 38 lebih kecil

dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

4. Pengadukan (*mixing*)

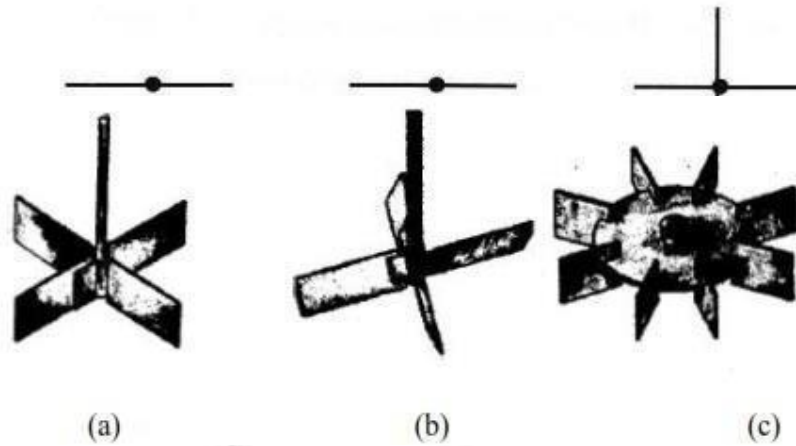
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

5. Pengaruh Garam

Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

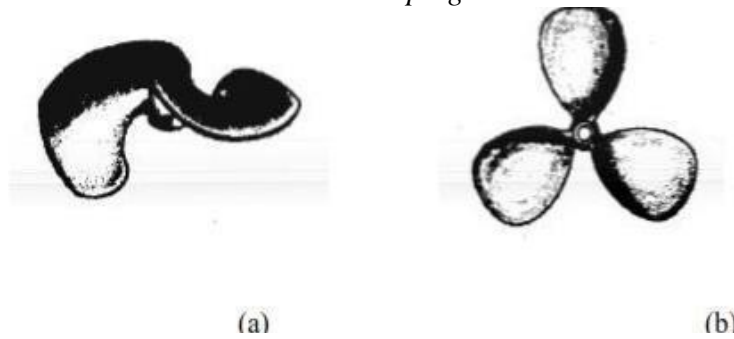
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.6, gambar 2.7, dan gambar 2.8. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.3. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Tabel 2.4 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL

dan KT.



Sumber : (Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)

Gambar 2. 16 Tipe Paddel (a) tampak atas, (b) tampak samping



Gambar 2. 17 Tipe turbine (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan

Sumber : (Qasim, et al., 2000)

Tabel 2. 4 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebar bak	
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

Tabel 2. 5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

sumber: Reynolds & Richards (1996:184)

Tabel 2. 6 Konstanta KL dan KT untuk tangka bersekat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, putch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, putch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

sumber: Reynolds & Richards (1996:188)

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan *Brownian Motion* atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation Perikinetik*.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (agitasi dan *stirring*) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah :

- a) Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
- b) Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$
- c) Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
- d) Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
- e) Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1: nilai terbesar
 - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1

- G kompartemen 3: nilai terkecil
- f) Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
- g) Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.2.5. 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. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

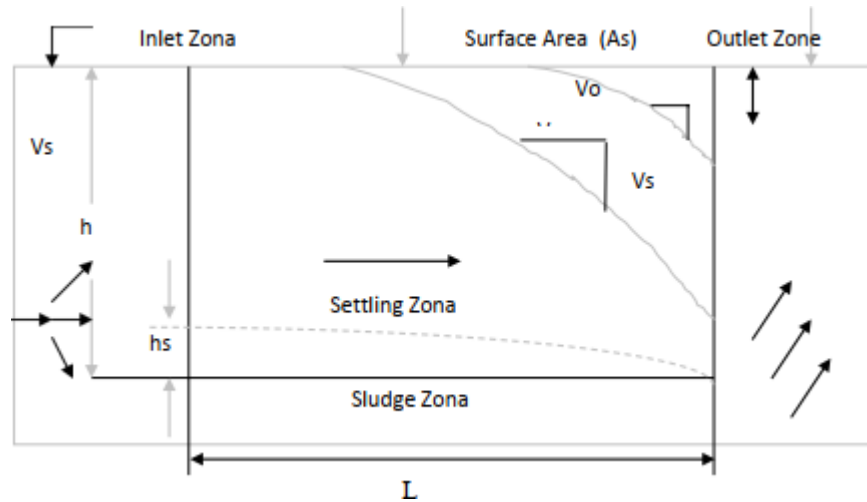
- Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- Zona Inlet

- Zona Outlet
- Zona Settling
- Zona Sludge

Adapun zona – zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



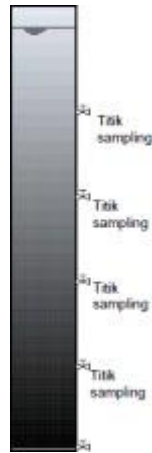
Gambar 2. 18 Zona Pada Bak Sedimentasi

Sumber : Al Layla, Water Supplay Engineering Design

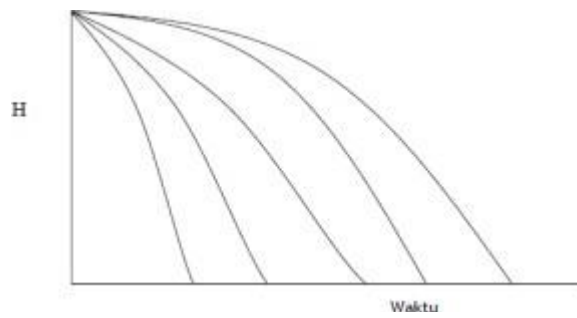
Dimana pada setiap zona terjadi proses – proses sebagai berikut :

- Zona Inlet : Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)
- Zona Settling : Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge : Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak.
- Zona Outlet : Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

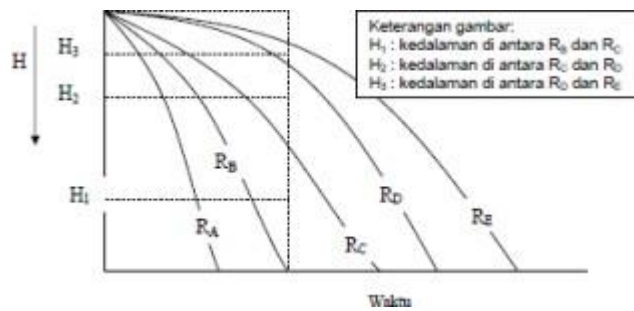
Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan *column setting test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap *port* pada interval waktu tertentu, dan data *removal* partikel diplot pada grafik.



Gambar 2. 20 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2. 19 Grafik Iso removal



Gambar 2. 21 Penentuan Kedalaman H dan seterusnya
 Grafik *isoremoval* dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .

Grafik *isoremoval* juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* atau *overflow rate* bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah :

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan *overflow rate* (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan *overflow rate* (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *batch*).

Nilai ini dapat digunakan dalam mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

1. *Horizontal - flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui

zona outlet. Beberapa keuntungan *horizontal-flow* dibandingkan dengan up flow adalah:

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

2. *Upflow Sedimentation*

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

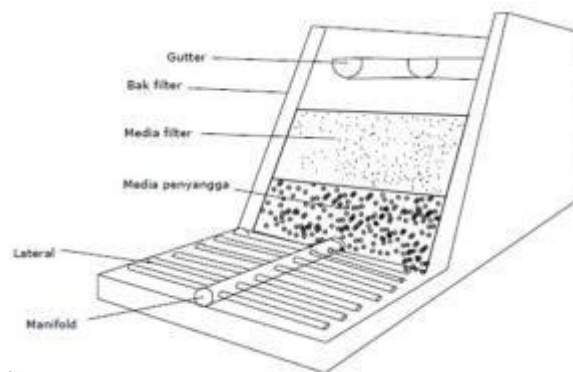
2.2.6. Filtrasi

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses eletrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses biologis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini.



Gambar 2. 22 *Bagian – bagian Filter*

Sumber : Reynold/Richards (1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4 – 5 m³/m².hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³/m².hari). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* **waktu *backwash* ditentukan dari headloss filter saat itu.**

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (*size*).

Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Single media pasir : UC = 1,3 – 1,7
 ES = 0,45 – 0,7 mm

Untuk dual media : UC = 1,4 – 1,9
 ES = 0,5 – 0,7 mm

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5 – 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian :		
	Sistem Pencucian	Tanpa/dengan blower & surface wash atau	Tanpa/dengan blower & surface wash atau
	Kecepatan (m/jam)	36 – 50	36 – 50
	Lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24
	Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50
3	Dasar Filter		
	Lapisan penyangga dari atas ke bawah		

Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100
ukuran butir (mm)	2 – 5	2 – 5
Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100
Ukuran butir (mm)	5 – 10	5 – 10
Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100
Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15
Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100
Ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30
Filter Nozel		
Lebar slot nozel (mm)	< 0,5	< 0,5
Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	> 4 %	> 4 %

Sumber : SNI 6774-2008

2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. 8 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurang 50 – 80 cm saat

	pencucian
Ukuran pasir	Effective size 0,25 – 0,3 mm, uniformity coefficient 2 – 3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6 % dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

Sumber : Schulz & Okun (1984)

3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel.

Tabel 2. 9 Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai /Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian : System pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit) Periode antara dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa atau dengan blower % atau surface wash 72 – 198 - - 30 - 50
3	Media Pasir Tebal (mm) Single media Media Ganda Ukuran Efektif, ES (mm) Koefisien Keseragaman, UC Berat jenis (Kg,L) Porositas Kadar SiO ₂	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%
4	Media Antrasit Tebal (mm) ES (mm) UC Berat Jenis (kg/L) Porositas	400 – 500 1,2 -1,8 1,5 1,35 0,5

5	Dasar filter	
	Filter	<0,5%
	Nozel	>4%
	Lebar slot nozel (mm)	
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	

Sumber : SNI 6774-2008

4. Hidrolika Pencucian (Backwash)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (upflow) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu:

- Menggunakan menara air
- Interfilte

2.2.7. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan membubuhkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi bakteri patogen seperti klor. Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung

kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Chlorin $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan. Karakteristik desinfektan yang baik:

1. Efektif membunuh mikroorganisme patogen
2. Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
3. Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
4. Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
5. Rendah biaya
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

Ada banyak hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

- a. Oksidan kimia
 - b. Iradiasi
 - c. Pengolahan termal dan
 - d. Pengolahan elektrokimia
- Jenis – Jenis desinfeksi :
- Desinfeksi kimiawi, berupa oksidator seperti chlorine, ozon dan kaporit
 - Desinfeksi fisik, misalnya sinar ultraviolet

1. Desinfeksi Kimiawi

Desinfektan yang paling sering digunakan adalah kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$) dan gas chlor (Cl_2). Pada proses desinfeksi menggunakan kaporit, terjadi reaksi persamaan sebagai berikut:



Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat :

- Dosis yang cukup
- Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

Selain itu diperlukan proses pencampuran yang sempurna agar desinfektan benar-benar tercampur. Desinfeksi menggunakan ozon lazim digunakan

untuk desinfeksi hasil pengolahan *waste water treatment*.

2. Desinfeksi Fisik

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang beresiko membentuk trihalometan yang bersifat karsinogenik, tetapi jika digunakan ultraviolet sebagai desinfektan maka instalasi distribusi harus benar - benar aman dan menjamin tidak akan ada kontaminasi setelah desinfeksi. Apabila kontaminan masuk setelah air didesinfeksi, maka kontaminan tersebut akan tetap berada dalam air dan sampai ke tangan konsumen. Selain itu, biaya yang diperlukan juga lebih besar dibandingkan dengan desinfeksi menggunakan kaporit. Umumnya desinfeksi dilakukan sesaat sebelum air didistribusikan kepada konsumen.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, yaitu:

- Dosis chlorine
- Senyawa chlorine yang biasa digunakan
- Metode aplikasi
- Desain bak
- Meteran air klorinasi
- Filter
- Pipa pengadukan
- Koneksisitas air
- *Out valve*
- *Cloryne clynder*
- *Manometer*
- *Relay*

Senyawa *chlorine* yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah:

a. *Chlorine* (Cl₂)

- Merupakan gas yang sangat beracun dan sangat korosif sehingga ventilasi pada permukaan atau level lantai diperlukan.
- Liquid dan gas chlorin ditangani dalam pipa besi tempa, tetapi larutan

chlorin dengan korosif tinggi ditangani dengan pipa plastik.

- Storage disediakan untuk *supplay* 30 hari
- b. *Calcium Hypochlorite* ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)
 - Merupakan senyawa *chlor* yang paling sering dipakai untuk desinfektan
 - Mengandung 70% *Chlorine*
- c. *Sodium Hypochlorite* ($\text{Na}(\text{OCl})$)
 - Tersedia dengan jumlah 1,5 - 15%
 - Larutan dapat didekomposisi lebih cepat pada konsentrasi tinggi

2.2.8. Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum mempunyai fungsi untuk menampung air hasil olahan IPAM sebelum didistribusikan ke konsumen. Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. *Reservoir* bisa berupa *ground reservoir* dan *elevated reservoir*. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakkannya antara lain:

1. Elevated Reservoir (Menara Reservoir)

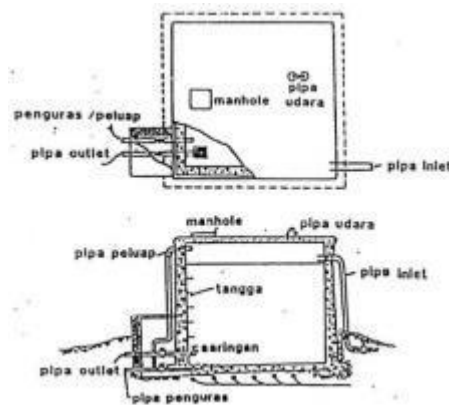
Menara *reservoir* dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalasi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalasi dapat direncanakan dimensi menara instalasi dan ketinggiannya. *Reservoir* ini digunakan bila *head* yang tersedia dengan menggunakan *ground reservoir* tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. Dengan menggunakan *elevated reservoir* maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada *head* yang dibutuhkan.



Gambar 2. 23 Elevated Reservoir

2. Ground Reservoir

Ground reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam ground reservoir, air tersebut harus diinjeksi dengan



chlor yang sudah dilarutkan. *Ground reservoir* dilengkapi dengan *baffle* untuk mencampur dan mengaduk *chlor* dalam air. *Ground reservoir* dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. *Reservoir* ini digunakan bila head yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan *ground reservoir* lebih dari satu.

3. Stand Pipe

Reservoir jenis ini hampir sama dengan *elevated reservoir*, dipakai sebagai alternatif terakhir bila *ground reservoir* tidak dapat diterapkan karena daerah pelayanan datar. Untuk dapat merencanakan menara instalasi perlu diperhitungkan terlebih dahulu kebutuhan air untuk instalasi, dengan mengetahui jumlah kebutuhan dan jam-jam pemakaian air untuk instalasi,

maka dapat direncanakan dimensi menara instalasi dan ketinggiannya. Adapun kebutuhan air untuk instalasi meliputi antara lain:

- a. Kebutuhan air untuk kantor
- b. Kebutuhan air untuk pelarutan koagulan dan desinfektan
- c. Kebutuhan air untuk filtrasi
- d. Kebutuhan air untuk sedimentasi

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang reservoir adalah:

1. Volume *reservoir*

Volume ditentukan berdasarkan tingkat pelayanan dengan memperhatikan fluktuasi pemakaian dalam satu hari di satu kota yang akan dilayani.

2. Tinggi *elevasi energi*

Elevasi energi *reservoir* harus bisa melayani seluruh jaringan distribusi. Elevasi energi akan menentukan sistem pengaliran dari *reservoir* menuju jaringan distribusi. Bila elevasi energi pada reservoir lebih tinggi dari sistem distribusi maka pengaliran dapat dilakukan secara gravitasi. Untuk kondisi sebaliknya, bila elevasi energi reservoir lebih rendah dari jaringan distribusi maka pengaliran dapat dilakukan dengan menggunakan pompa.

3. Letak *reservoir*.

Reservoir diusahakan terletak di dekat dengan daerah distribusi. Bila topografi daerah distribusi rata maka *reservoir* dapat diletakkan di tengah - tengah daerah distribusi. Bila topografi naik turun maka reservoir diusahakan diletakkan pada daerah tinggi sehingga dapat mengurangi pemakaian pompa dan menghemat biaya.

4. Pemakaian pompa

Jumlah pompa dan waktu pemakaian pompa harus bisa mencukupi kebutuhan pengaliran air.

5. Konstruksi *reservoir*

- Ambang Bebas dan Dasar Bak
- Ambang bebas minimum 30 cm di atas muka air tertinggi

- Dasar bak minimum 15 cm dari muka air terendah
 - Kemiringan dasar bak adalah ke arah pipa penguras
- Inlet dan Outlet
- Posisi dan jumlah pipa inlet ditentukan berdasarkan pertimbangan bentuk dan struktur tangki sehingga tidak ada daerah aliran yang mati
 - Pipa outlet dilengkapi dengan saringan dan diletakkan minimum 10 cm di atas lantai atau pada muka air terendah
 - Perlu memperhatikan penempatan pipa yang melalui dinding *reservoir*, harus dapat dipastikan dinding kedap air dan diberi *flexiblejoint*
 - Pipa inlet dan outlet dilengkapi dengan *gate valve*
 - Pipa peluap dan penguras memiliki diameter yang mampu mengalirkan debit air maksimum secara gravitasi dan saluran outlet harus terjaga dari kontaminasi luar.

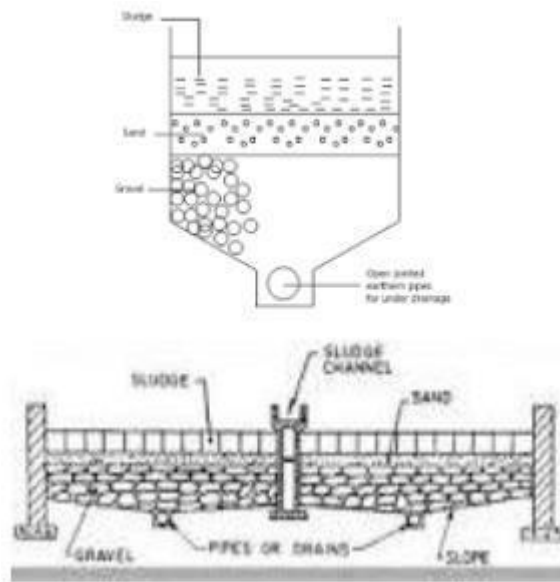
6. Ventilasi dan Manhole

- *Reservoir* dilengkapi dengan ventilasi, *manhole*, dan alat ukur tinggi muka air.
- Tinggi ventilasi ± 50 cm dari atap bagian dalam.
- Ukuran *manhole* harus cukup untuk dimasuki petugas dan kedap air.

2.2.9. Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada sludge drying bed. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan sludge drying bed. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 24 Sludge Drying Bed

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003)

Pipa inlet pada bangunan sludge drying bed harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering

digunakan. Sistem penyaluran sludge dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi sludge drying bed guna mengurangi kecepatan alir saat sludge memasuki bangunan pengering. (Metcalf & Eddy, 2003)

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan sludge drying bed setelah sludge mengering. Sludge / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam sludge / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila sludge / lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor sludge drying bed dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003)

Daya tampung sludge drying bed dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan sludge / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{tahun}$). Data tipikal untuk variasi sludge / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.

Tabel 2. 10 Kebutuhan Luas Lahan Tipikal untuk Reaktor Sludge Drying Bed Terbuka dengan Berbagai macam Solid

Tipe <i>Biosolid</i>	Luas Lahan*		Sludge Loading Rate	
	ft ² /person	km ² /person	lb lumpur kering/ft ² .tahun	kg lumpur kering/m ² .tahun
<i>Primary Digested</i>	1-1,5	0,1	25-30	120-150
Humus <i>Trickling Filter</i>	1,25-1,75	0,12-0,16	18-25	90-120
Lumpur <i>Activated Sludge</i>	1,75-2,5	0,16-0,23	12-20	60-100
Lumpur Presipitasi Kimia	2-2,5	0,19-0,23	20-33	100-160

* Berdasarkan kebutuhan luas lahan untuk memenuhi variasi antara 70-75% *Sludge Drying Bed* terbuka. Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003)