

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air bersih merupakan air digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan dapat menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih sebagai sistem penyediaan air minum yaitu harus memenuhi persyaratan. Adapun persyaratan yang dimaksud telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologi sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping.

Penyediaan air bersih harus memenuhi kualitas standar yang berlaku. Perusahaan air minum selalu memeriksa air bersih sebelum didistribusikan. Air minum yang sesuai standar seharusnya tidak berbau, jernih, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak mengandung zat kimia yang dapat merusak fungsi tubuh dan dapat merugikan secara ekonomis. Selain itu, air seharusnya tidak korosif dan tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan pada saat pendistribusiannya (Effendi, 2003).

2.2 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 digunakan untuk keperluan minum adalah air hujan, dan air tanah, air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya. Kuantitas air baku harus tersedia dalam jumlah banyak agar dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat. Air baku memiliki berbagai klasifikasi kelas sesuai dengan proses pengolahannya, oleh karena itu perlu diperhatikan tentang klasifikasi kelas air baku yang akan digunakan.

2.3 Karakteristik Air Baku

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat dilihat dari kandungankandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dapat dinilai dengan cepat oleh orang awam. Yang termasuk kedalam parameter fisik adalah sebagai berikut :

a. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*) atau FTU (Formazin turbidity unit). Kekeruhan ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (Total Suspended Solid) baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan. (Ninla Elmawati Falabiba et al., 2014)

b. Zat Padat Terlarut atau TDS (Total Dissolved Solid)

Zat padat terlarut atau TDS (Total Dissolved Solid) merupakan terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1982).

c. Total Padatan Tersuspensi atau TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi merupakan 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.

d. Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberikan petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhan algae (Effendi, 2003).

e. Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa atau tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, 10 asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003)

f. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar: Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/ pipa, yang dapat membahayakan kesehatan. Menghambat reaksi biokimia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

g. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetik dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urine, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya.

Selain itu, zat organik ini bila terkena klor dapat membentuk senyawa-senyawa kloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri (Effendi, 2003).

2. Parameter Kimiawi

a. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai $pH = 7$. Nilai $pH > 7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, apabila nilai $pH < 7$ sifat larutan asam.

b. Nitrat/Nitrogen

Air permukaan sering kali tercemar oleh limbah domestik atau limbah industri amoniak bisa mengandung nitrat tinggi akibat dari proses nitrifikasi. Air baku dengan kadar org-N dan ammonia-N yang tinggi namun sedikit sekali NO_3-N , menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono et al., 2014).

c. Timbal (Pb)

Air dengan kadar 0,3-0,5 mg/l Pb menyebabkan keracunan pada manusia. Batas maximum pada kadar Pb dalam air minum adalah 0,1 mg/l. umumnya Pb di dalam air terjadi karena bahan penambal sambungan pipa lama (Permenkes 492/MENKES/PER/2010).

d. Fluor (F)

Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah di kerak Bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F). Fluorida dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida sendiri banyak dimanfaatkan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam dan aluminium, dan pestisida (Eckenfelder, 1989).

e. Alkalinity / Acidity

Air pada umumnya memiliki sifat basa (alkalin) dengan pH sedikit diatas normal, hal ini disebabkan oleh kandungan kalsium/ kalium/ atau 12

magnesium karbonat/bikarbonat. Alkalinity ini penting dalam proses koagulasi, bila alkalinity dalam air baku kurang maka perlu dilakukan penambahan kapur atau Na_2CO_3 , bila kelebihan maka akan mengganggu proses koagulasi. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dengan baik jenis koagulan yang digunakan agar reaksi dapat berjalan dengan sempurna.

f. Kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan-kandungan mineral tertentu di dalam air, pada umumnya ion kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat merupakan penyebab utama dari kesadahan sementara. Kesadahan air tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain anion bikarbonat berupa senyawa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2). Kesadahan air yang mengandung senyawa tersebut tidak bisa dihilangkan dengan pemanasan (Fillaeli, 2012).

g. Besi dan Mangan

Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Mangan merupakan unsur berlimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) yang terjadi secara alamiah. Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh, sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi.

h. Klorida

Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl^-). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan di perairan alami. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl) dan kalsium klorida (CaCl_2) (Hefni Effendi, 2003).

i. Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh

mahkluk hidup dalam air. Semakin banyak jumlah DO (dissolved oxygen), maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi. Satuan DO dinyatakan dalam persentase saturasi (Salmin, 2003).

- j. Biological Oxygen Demand (BOD) Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).
- k. Chemical Oxygen Demand (COD) Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O.

2. Parameter Biologis

a. Bakteri E-Coli

Bakteri E-Coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri Coliform ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Pracoyo, 2006).

b. Virus

Virus merupakan mikroorganisme yang lebih kecil dari pada bakteri yang memerlukan media coli untuk hidup dan beraktifitas.

Yang perlu diwaspadai adalah virus penyebab penyakit poliomyelitis, infectious hepatitis, dan kemungkinan gastroenteritis.

c. Algae / ganggang

Tumbuhan bersel tunggal dengan berbagai bentuk dan ukuran ini hidup dalam air yang tenang/ tergenang dengan kadar nutrient yang memadai. Beberapa jenis algae membentuk filament yang menimbulkan kekeruhan/ warna, sehingga menyebabkan filter cepat buntu. Akibat buruk yang ditimbulkannya adalah rasa dan bau dalam air minum. Pengendalian populasi dengan pemberian CuSO_4

d. Protozoa

Protozoa merupakan binatang bersel tunggal, berinti sejati (eukarotik) dan tidak memiliki dinding sel. Bentuk sel dan ukuran tubuhnya protozoa sangat bervariasi. Habitat protozoa hidup di air atau di tempat yang basah yang pada umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Disinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Disinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994).

e. Fungi/ jamur

Jamur merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga dapat hidup tanpa memerlukan cahaya. Jamur dapat bertahan hidup dengan lingkungan yang memiliki kelembapan berlebihan, kurangnya ventilasi, atau suhu yang rendah sehingga jamur dapat hidup dalam pipa distribusi air minum dengan debit aliran air yang rendah dengan jangka waktu yang lama. Jamur yang mati pada dalam pipa dapat menimbulkan bau tidak sedap. Proses pemberian disinfeksi dapat memusnahkan adanya jamur.

2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.4.1 Bak Pengumpul

Sumur pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah engendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir. Selain bertujuan untuk menampung air sumur pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja bak pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju bak pengumpul. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya.



Gambar 2. 1 Sumur Pengumpul

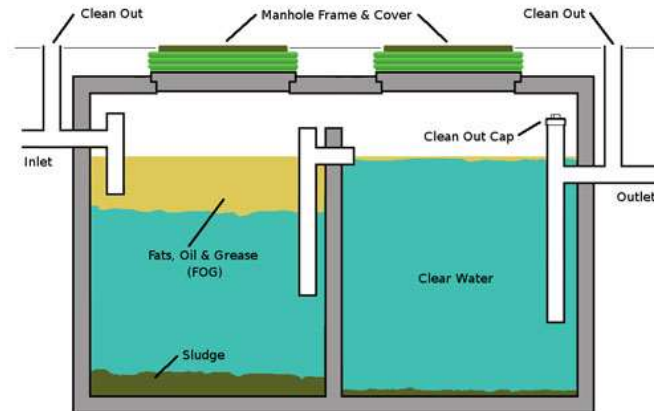
Sumber : <https://radarsulteng.id/bak-prasedimen-siap-difungsikan-kapan-saja/>

2.4.2 Grease Trap

Flotasi adalah unit operasi yang meremoval partikel padat atau cair yang ada pada air (seperti minyak). Menambahkan gas (biasanya udara) pada sistem sebagai fasilitas pemisahan minyak tersebut (Qasyim. 1999). Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak, lemak dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan.

Flotasi natural (alamiah) biasanya diterapkan pada proses pemisahan minyak. Pada flotasi ini kemungkinan didahului dengan proses penyatuan gelembung (*micro droplets* menempel satu dengan yang lain) untuk mencapai ukuran minimum sehingga terjadi pemisahan. Jenis flotasi yang digunakan dalam perancangan ini adalah grease trap. Penyisihan minyak dan lemak menggunakan grease trap dilakukan di awal system pengolahan untuk mencegah terjadinya

gangguan pada unit pengolahan selanjutnya. Pada umumnya, grease trap terdiri dari dua kompartemen. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa grease trap mampu menyisihkan hingga 80% minyak dan lemak (EPA, 1998), serta 50-80% BOD dan TSS (DPH, 1998).



Gambar 2. 2 Grease Trap

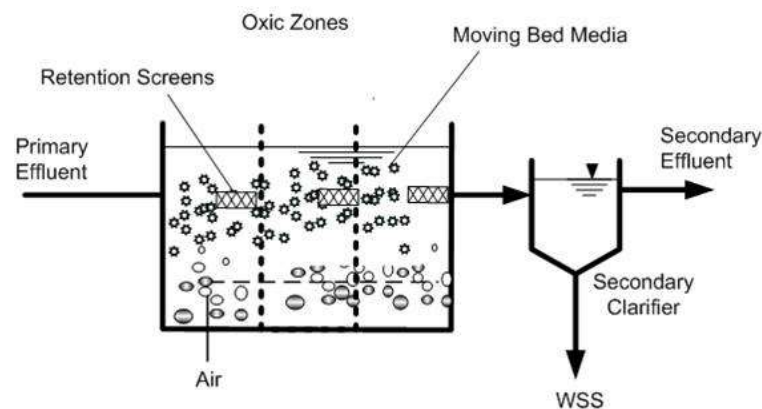
Sumber: <https://images.app.goo.gl/rEpfPUXPsBLjKZny7>

2.4.3 Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

MBBR adalah salah satu teknologi pengolahan air limbah yang telah digunakan secara luas dalam industri dan perkotaan. Dalam sebuah penelitian oleh Khan et al. (2017), MBBR telah terbukti efektif dalam menghilangkan bahan organik, nitrogen, dan fosfor dari air limbah. Dalam MBBR, biofilm tumbuh pada media bergerak yang berada dalam ruang reaktor. Biofilm ini berperan sebagai tempat bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan mengoksidasi bahan organik yang terlarut dalam air limbah.

Dalam beberapa tahun terakhir, MBBR juga telah diterapkan dalam pengolahan air minum. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2019), MBBR dapat digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan zat kimia tertentu, seperti zat warna, dari air minum. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi MBBR sebagai metode pengolahan air minum yang efektif dan ramah lingkungan.

Efisiensi pengolahan air limbah menggunakan MBBR dapat ditingkatkan dengan memperhatikan faktor-faktor desain yang relevan. Menurut penelitian oleh Ahmad et al. (2020), pemilihan media yang sesuai, perbandingan antara luas permukaan media dengan volume reaktor, laju alir, dan oksigen terlarut dalam reaktor merupakan faktor kunci yang mempengaruhi kinerja MBBR. Penelitian ini menekankan pentingnya optimasi desain MBBR untuk memastikan efisiensi pengolahan yang maksimal.



Gambar 2. 3 *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/XsRPzoQQEsNeFXX16>

Adapun kriteria perencanaan unit MBBR yaitu sebagai berikut:

1. HRT (*Hydraulic Retention Time*) anoksik = 0,5 – 2 jam
2. HRT (*Hydraulic Retention Time*) aerobik = < 4 jam
3. Biomassa peper unit permukaan = 5 – 25 g TS/m₂
(Sumber: Buku B SPALD-T “Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat, Hal 77)
4. Surface Area Removal Flux (SARF) = 0,2 – 1 g NO₃-N/m².hari
(Sumber: Metcalf and Eddy. 2014. *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*, 5th Edition. McGraw-Hill Education)
5. Spesific Surface Area (SA) = 250 – 500 m²/m³
6. Media fill volume (fm) = 50 – 60%

(Sumber: Qasim “*Wastewater Treatment and Reuse, Theory and Design Examples*, Hal 256)

2.4.4 Clarifier

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

Bangunan clarifier digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing vee dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 10-15 feet (3-4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter). *Secondary Settling (Clarifier)*, fungsinya sama dengan bak pengendap, tetapi clarifier biasanya ditempatkan setelah pengolahan kedua (pengolahan biologis).

Adapun kriteria perencanaan unit *clarifier* yaitu sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. Bentuk bak pengendap | = circular |
| 2. Kedalaman (H) | = 3 – 4,9 m |
| 3. Diameter | = 3- 60 m |

4. Bottom slope = 1/16 – 1/6 mm/mm
5. Flight speed = 0,02 – 0,05 m/menit
6. Waktu detensi (td) = 1,5 – 2,5 jam
7. *Over Flow Rate* (OFR)
Average = 30 – 50 m³/m².hari
Peak = 80 – 120 m³/m².hari
8. Weir loading = 125 – 500 m/m².hari
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 398)
9. Diameter inlet well = 15% - 20% diameter bak
10. Ketinggian inlet well = 0,5 – 0,7 m
11. Kecepatan inlet well = 0,3 – 0,75 m
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 401)
12. Konsentrasi solid = 4% - 12%
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 411)
13. Specific gravity sludge (Sg) = 1,005
14. Specific gravity solid (Ss) = 1,25
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, Fourth Edition, hal 1456)
15. Massa jenis air (ρ), T(26°C) = 996,81 kg/m³ = 0,99681 g/cm³
16. Viskositas kinematik (ν) = 0,8774 x 10⁻⁶ m²/s
17. Viskositas dinamik (μ) = 0,8746 x 10⁻³ N.s/m²
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 762)
18. Bilangan Reynold (NRe) untuk Vs = < 1 (laminer)
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 224)
19. Bilangan Reynold (NRe) untuk Vh = < 2000 (aliran laminer)
20. Bilangan Froude (Nfr) = > 105

(Sumber: SNI 6774:2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, hal 6)

2.4.5 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 domestic
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 beberapa hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

- Oksidan kimia;
- Iradiasi;
- Pengolahan termal;
- Pengolahan kimiawi

Desinfeksi memiliki berbagai jenis antara lain, desinfeksi kimiawi dan desinfeksi fisik:

a. Desinfeksi Kimiawi

Desinfektan yang paling sering digunakan adalah kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 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:

1. Dosis yang cukup
2. 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*.

b. 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

Adapun kriteria perencanaan unit desinfeksi yaitu sebagai berikut:

1. Sisa klor = 0,3 mg/L
2. Daya Pengikat Klor (DPC) = 1,4 mg/L
3. Dosis klor = DPC + Sisa klor
= 1,4 mg/L + 0,3 mg/L
= 1,7 mg/L

(Sumber: SNI 6774:2008)

4. Dosis klor optimum = 2 mg/L

(Sumber: Qasim et al, 2000)

5. Konsentrasi larutan = 5%
6. Periode pelarutan = 1 kali sehari
7. Densitas kaporit = 1,2 kg/L
8. Kadar klor = 60%

(Sumber: M. Razif, 1986. Bangunan Pengolahan Air Minum Jilid II. Hal. 90)

9. Massa jenis air (ρ), T(26°C) = 996,81 kg/m³ = 0,99681 g/cm³
10. Viskositas kinematik (ν) = 0,8774 x 10⁻⁶ m²/s
11. Viskositas dinamik (μ) = 0,8746 x 10⁻³ N.s/m²

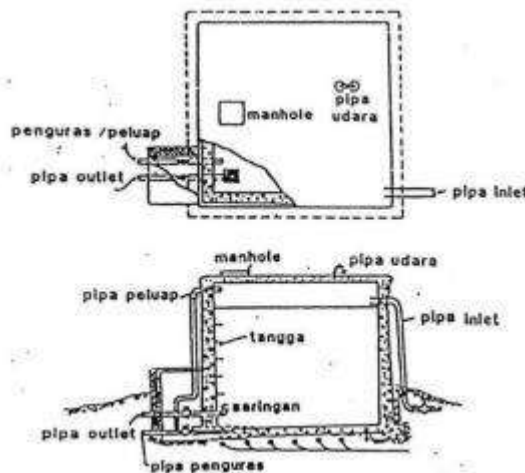
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 762)

2.4.6 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



Gambar 2. 4 Reservoir Permukaan

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3_Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

3. Fungsi Ground Reservoir.docx.pdf

b. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



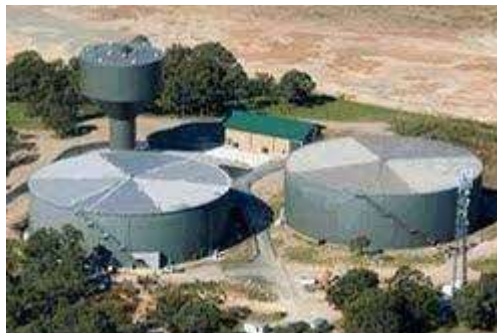
Gambar 2. 5 Reservoir Menara

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3. Fungsi Ground Reservoir.docx.pdf

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 4 yaitu:

- Reservoir Tangki Baja

Banyak reservoir menara dan “*standpipe*” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 6 Reservoir Tangki Baja

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/ae05_3. Fungsi Ground Reservoir.docx.pdf

- Reservoir Beton Cor

Tanki dan reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.



Gambar 2. 7 Reservoir Beton Cor

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/ae05_3. Fungsi Ground Reservoir.docx.pdf

- Reservoir *Fiberglass*

Penggunaan *fiberglass* sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



Gambar 2. 8 Reservoir Fiberglass

Sumber: <https://aekotangkifiberglass.com/tangki-air-fiberglass/>

- Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan pengisi dinding bangunan sudah umum kita lihat diberbagai bangunan dari dulu hingga kini. Selain sudah teruji kekuatannya, untuk mendapatkan material ini pun tidak susah. Kelebihan dari menggunakan material ini adalah kekuatan, kekokohan serta tahan lama sehingga jarang sekali terjadi keretakan dinding. Kekurangannya adalah dari sulitnya membuat pasangan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kecenderungan pemborosan dalam penggunaan material perekatnya.



Gambar 2. 9 Reservoir Pasangan Bata

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/ae05_3. Fungsi Ground Reservoir.docx.pdf

Adapun kriteria perencanaan unit reservoir yaitu sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran (v) = 0,6 – 1,5 m/s

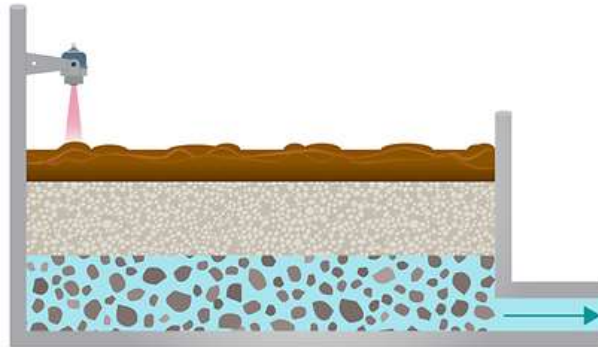
(Sumber: Al-Layla, 1978, hal. 67)

2.4.7 Sludge Drying Bed (SDB)

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. 10 *Sludge Drying Bed*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/B786XKZmUPXBRqEX7>

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).

Adapun kriteria perencanaan unit sludge drying bed (SDB) yaitu sebagai berikut:

1. Waktu pengeringan = 10 – 15 hari
2. Tebal sludge cake = 20 – 30 cm

3. Lebar = 23 – 30 cm
 4. Panjang = 11 m
 5. Slope = 6 – 30 m
 6. Kecepatan aliran pipa = > 0,75 m/s
 7. Berat air dalam cake (Pi) = 60% – 70%
 8. Kadar air (P) = 60% – 80 %
 9. Kadar solid = 20% – 40 %
 10. Sludge loading rate = 120 – 150 kg/solid kering/m².tahun
- (Sumber: Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*, hal 1570-1572)

2.5 Persen Removal

Berdasarkan data yang kelompok kami kumpulkan, diperoleh persen removal setiap unit pengolahan yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Persen Removal

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	% Removal	Sumber / Literatur
Sedimentasi 2 (Clarifier)	BOD	50-80%	Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition</i> , 2003 hal. 396
	TSS	60-88%	
	COD	25-40%	Syed R. Qasyim, <i>WWTP, Planing, design and operation</i> , hal. 66
Desinfeksi	Total Coliform	90-100%	Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , hal. 224
Grease Trap	Minyak dan lemak	95%	Wisesa, D. M., & Slamet, A. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rumah Susun Tanah Merah Surabaya. <i>Jurnal Teknik ITS</i> , 5(2), D199-D203.
MBBR	Ammonia	95%	Agus Slamet, Daffa R., Ali Masduqi. (2023). Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Untuk Menurunkan BOD dan Nutrien Pada Air Limbah Industri Susu. <i>Jukung Jurnal Teknik Lingkungan</i> , 9(1):63-74.
	TSS	99,95%	

2.6 Profil Hidrolis

Profil Hidrolis IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “hydraulic grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influent- effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/ head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:
 - Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
 - Kehilangan tekanan pada bak
 - Kehilangan tekanan pada pintu
 - Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus
2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:
 - Kehilangan tekanan pada perpipaan Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram

- Kehilangan tekanan pada aksesoris Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S
- Kehilangan tekanan pada pompa Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya
- Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

- Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake
- Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.