

SKRIPSI

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH
KAMPUS UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

**RIRIN NUR FITRAH
D131 191 078**



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh

**Ririn Nur Fitrah
D131191078**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 24 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T.
NIP 198104252008121001

Pembimbing Pendamping,



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

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ririn Nur Fitrah

NIM : D131191078

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 24 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Ririn Nur Fitrah



ABSTRAK

RIRIN NUR FITRAH. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin* (dibimbing oleh Bambang Bakri dan Roslinda Ibrahim).

Universitas Hasanuddin adalah salah satu kampus besar yang berada di Sulawesi Selatan. Saat ini, Universitas Hasanuddin tidak hanya bergerak di sektor pendidikan tetapi juga merambah sektor ekonomi, salah satunya yaitu membangun hotel yang diberi nama Unhas Hotel & *Convention*. Dengan adanya hotel tersebut membuat pemakaian air bersih semakin meningkat. Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air di Kampus Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air Danau Unhas sebagai sumber air baku, menghitung kebutuhan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin, dan merencanakan instalasi pengolahan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian pada air Danau Universitas Hasanuddin untuk parameter TSS, TDS, pH, DO, BOD, COD, Fosfat, dan Fe. Setelah itu, dilakukan perhitungan debit perencanaan dengan menggunakan data kebutuhan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin dan Unhas Hotel & *Convention*. Kemudian dilakukan perencanaan unit instalasi pengolahan air bersih sesuai debit perencanaan. Perencanaan unit dilakukan dengan perhitungan dimensi serta perhitungan komponen-komponen yang ada di setiap unit. Hasil dari perhitungan ini kemudian dijadikan pedoman dalam menggambar desain instalasi pengolahan air bersih.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Danau Unhas belum memenuhi standar air baku kelas 1 (satu) sehingga diperlukan unit pengolahan untuk meningkatkan kualitas air menjadi air bersih. Karakteristik air Danau Unhas mempunyai nilai TSS berkisar antara 30 – 90 mg/l, TDS 184 – 332 mg/l, pH 8.03 – 8.9, DO 3.64 – 6.09 mg/l, BOD 10.54 – 31.86 mg/l, COD 32-176 mg/l, Fosfat 0.011 – 0.28 mg/l, dan Fe 2.09 – 4.00 mg/l. Kebutuhan total air bersih Universitas Hasanuddin adalah 0.05862 m³/s dengan rincian 0.058 m³/s untuk Kampus Unhas dan 0.00062 m³/s untuk Unhas Hotel & *Convention*. Untuk debit perencanaan yang digunakan adalah 0.06 m³/s atau 60 l/s. Perencanaan instalasi air bersih Kampus Universitas Hasanuddin menggunakan unit Intake, Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi, Desinfeksi, Reservoir, dan *Sludge Drying Bed* (SDB).

Kata Kunci: Air Bersih, Perencanaan Unit, Instalasi Pengolahan



ABSTRACT

RIRIN NUR FITRAH. *Planning of Clean Water Treatment Plant of Hasanuddin University Campus* (supervised by Bambang Bakri and Roslinda Ibrahim).

Hasanuddin University is one of the major campuses in South Sulawesi. Currently, Hasanuddin University is not only engaged in the education sector but also penetrates the economic sector, one of which is building a hotel called Unhas Hotel & Convention. With the existence of the hotel, the use of clean water is increasing. Therefore, it is necessary to plan a clean water treatment plant to meet the water needs on the Hasanuddin University Campus.

This study aims to analyze the water quality of Lake Unhas as a source of raw water, calculate the clean water needs of Hasanuddin University Campus, and plan a clean water treatment plant for Hasanuddin University Campus.

This research begins with testing Hasanuddin University Lake water for TSS, TDS, pH, DO, BOD, COD, Phosphate, and Fe parameters. After that, the calculation of planning discharge is carried out using clean water demand data for Hasanuddin University Campus and Unhas Hotel & Convention. Then the planning of the clean water treatment plant unit is carried out according to the planning discharge. Unit planning is done by calculating the dimensions and calculating the components in each unit. The results of these calculations are then used as guidelines in drawing the design of clean water treatment plants.

The results showed that the water quality of Lake Unhas has not met the standard of raw water class 1 (one) so that a treatment unit is needed to improve water quality into clean water. Lake Unhas water characteristics have TSS values ranging from 30 - 90 mg/l, TDS 184 - 332 mg/l, pH 8.03 - 8.9, DO 3.64 - 6.09 mg/l, BOD 10.54 - 31.86 mg/l, COD 32-176 mg/l, Phosphate 0.011 - 0.28 mg/l, and Fe 2.09 - 4.00 mg/l. The total clean water demand of Hasanuddin University is 0.05862 m³/s with details of 0.058 m³/s for Unhas Campus and 0.00062 m³/s for Unhas Hotel & Convention. The planning debit used is 0.06 m³ / s or 60 l / s. Hasanuddin University Campus clean water installation planning uses Intake, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Filtration, Disinfection, Reservoir, and Sludge Drying Bed (SDB) units.

Keywords: Clean Water, Unit Planning, Treatment Plant



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Bersih.....	4
2.2 Kebutuhan Air Bersih	4
2.3 Parameter Kualitas Air.....	6
2.4 Baku Mutu Air	8
2.5 Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih.....	11
2.6 <i>Mass Balance</i>	37
2.7 <i>Head loss</i>	37
2.8 Jurnal Penelitian Terdahulu	38
BAB III METODE PENELITIAN.....	40
3.1 Rancangan Penelitian.....	40
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	40
3.3 Alat dan Bahan.....	43
3.4 Populasi dan Sampel	44
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	44
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	46
3.7 Teknik Analisis	46
3.8 Diagram Alir Penelitian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Analisis Kualitas Air Baku.....	48
4.2 Analisis Kebutuhan Air Bersih	50
4.3 Perhitungan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	123
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA	124
LAMPIRAN.....	127



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Paket unit instalasi pengolahan air	12
Gambar 2 <i>Intake</i>	13
Gambar 3 Koagulasi.....	17
Gambar 4 Flokulasi	22
Gambar 5 Sedimentasi	24
Gambar 6 Filtrasi.....	30
Gambar 7 Desinfeksi.....	34
Gambar 8 Reservoir	35
Gambar 9 <i>Sludge Drying Bed</i>	36
Gambar 10 Lokasi perencanaan	41
Gambar 11 Diagram alir penelitian.....	47
Gambar 12 Bagan alir pengolahan air bersih.....	49
Gambar 13 Bagan alir <i>mass balance</i>	53
Gambar 14 Bagan alir <i>head loss</i> dan waktu tinggal.....	122



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pemakaian air bersih sesuai penggunaan gedung	5
Tabel 2. Parameter air baku	7
Tabel 3. Baku mutu air nasional	9
Tabel 4. Unit instalasi pengolahan air	12
Tabel 5. Komponen paket unit instalasi pengolahan air	13
Tabel 6. Kriteria desain <i>intake</i>	15
Tabel 7. Kriteria perencanaan unit koagulasi	19
Tabel 8. Kriteria perencanaan unit flokulasi	22
Tabel 9. Kriteria perencanaan unit sedimentasi	25
Tabel 10. Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat)	31
Tabel 11. Kriteria desain desinfeksi	34
Tabel 12. Kriteria desain <i>sludge drying bed</i>	37
Tabel 13. Jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian	38
Tabel 14. Civitas akademik Universitas Hasanuddin	42
Tabel 15. <i>Mass balance</i>	51
Tabel 16. Kriteria desain bak intake	54
Tabel 17. Kriteria perencanaan bak intake	54
Tabel 18. Rekapitulasi dimensi bak intake	62
Tabel 19. Kriteria desain bak koagulasi	62
Tabel 20. Kriteria perencanaan bak koagulasi	62
Tabel 21. Rekapitulasi bak koagulasi	69
Tabel 22. Kriteria desain bak flokulasi	69
Tabel 23. Kriteria perencanaan bak flokulasi	69
Tabel 24. Rekapitulasi bak flokulasi	74
Tabel 25. Kriteria desain bak sedimentasi	75
Tabel 26. Kriteria perencanaan bak sedimentasi	75
Tabel 27. Rekapitulasi bak sedimentasi	89
Tabel 28. Kriteria desain bak filtrasi	89
Tabel 29. Kriteria perencanaan bak filtrasi	89
Tabel 30. Rekapitulasi bak filtrasi	106
Tabel 31. Kriteria desain bak desinfeksi	107
Tabel 32. Kriteria perencanaan bak desinfeksi	107
Tabel 33. Rekapitulasi bak desinfeksi	113
Tabel 34. Kriteria perencanaan bak reservoir	114
Tabel 35. Rekapitulasi bak reservoir	115
Tabel 36. Kriteria desain bak <i>sludge drying bed</i>	116
Tabel 37. Kriteria perencanaan bak <i>sludge drying bed</i>	117
Tabel 38. Rekapitulasi bak <i>sludge drying bed</i>	121



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan hasil pengujian.....	128
Lampiran 2 Dokumentasi kegiatan	131
Lampiran 3 <i>Detail Engineering Design</i> (DED)	135
Lampiran 4 Peraturan baku mutu	154



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin”. Selawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam*, beserta para keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang Strata-I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat dan doa dari segala pihak, membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua penulis yakni Bapak Suherman Taan dan Ibu Hasmawati beserta keluarga besar yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan sebagainya yang tidak bisa penulis ungkapkan semuanya. Pada kesempatan kali ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT. selaku Dekan dan Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
5. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama ini.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu Sumi, Pak Olan, dan Kak Tami yang telah banyak membantu penulis dalam proses administrasi.
8. Bapak Syarifuddin, S.T. selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang bantu penulis selama penelitian yang dilakukan di laboratorium. batku Yolo Squad yang selalu memberi semangat, dukungan, dan nasehat tggga kuat menghadapi dunia perkuliahan.



10. Teman-teman Bakaong yang telah mendoakan, memberi semangat, dan sebagai penghibur penulis ketika jenuh dengan dunia perkuliahan.
11. Teman-teman KKN Posko 15 yang memberi semangat dan motivasi di akhir-akhir masa perkuliahan.
12. Lembaga tercinta IKPMB sebagai rumah tempat penulis berproses selama masa perkuliahan.
13. Teman-teman seperjuangan dari maba penghuni Pondok Ungu yang telah membantu penulis dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
14. Teman-teman Lingkungan 2019 yang telah sama-sama berjuang dari awal *Till The End*.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkenan membalas kebaikan kalian. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan dari tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberi manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Makassar, 19 Oktober 2023

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah kebutuhan utama bagi manusia dalam melangsungkan hidupnya. Manusia tidak akan bisa hidup tanpa adanya air. Air yang ada di bumi sangatlah melimpah, namun hanya sedikit yang dapat dimanfaatkan. Air dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam sektor. Sektor yang paling banyak digunakan adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan air minum bagi manusia. Jenis kebutuhan air bersih dapat berupa kebutuhan air domestik atau kebutuhan air rumah tangga, kebutuhan non domestik, pelayanan umum, dan industri (Martila, 2020).

Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan harian adalah air yang berkualitas. Air berkualitas yang dimaksud adalah air yang telah memenuhi standar instansi/lembaga dimana standar ini merupakan hasil penelitian yang telah sesuai dengan ilmu dan teknologi kesehatan yang berkembang. Keberadaan air di bumi jumlahnya sangat melimpah, namun kuantitasnya tidak sejalan dengan kualitasnya. Kualitas air banyak yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sehingga diperlukan usaha untuk memperbaikinya (Saparuddin, 2010).

Kualitas air dapat ditingkatkan dengan cara melakukan pengolahan terhadap air yang diperlukan, terutama air yang berasal dari permukaan maupun air tanah. Pengelolaan air sudah sangat beragam bentuknya, mulai dari cara yang sederhana hingga pengolahan yang mutakhir/lengkap. Jenis pengelolaan air ini menyesuaikan dengan karakteristik dan tingkat pencemaran dari sumber air tersebut. Semakin tercemar airnya maka akan semakin kompleks pengolahan yang dibutuhkan, dan semakin beragam zat pencemarnya maka akan semakin banyak pula teknik-teknik yang diperlukan untuk mengolah air tersebut (Saparuddin, 2010).

Universitas Hasanuddin adalah salah satu kampus besar yang berada di Sulawesi Selatan. Saat ini, Universitas Hasanuddin tidak hanya bergerak di sektor pendidikan tetapi juga merambah sektor ekonomi, salah satunya yaitu membangun

g diberi nama *Unhas Hotel & Convention*. *Unhas Hotel & Convention* li dalam area Universitas Hasanuddin. Dengan adanya hotel tersebut pemakaian air bersih oleh Universitas Hasanuddin semakin meningkat.



Sumber utama air bersih di Universitas Hasanuddin hanya berasal dari PDAM. Lambat laun PDAM tidak akan mampu lagi memenuhi kebutuhan air yang diharapkan karena kebutuhan oleh masyarakat sekitar kampus juga meningkat, sementara Universitas Hasanuddin sebenarnya memiliki danau yang secara kuantitas bisa memenuhi kebutuhan air bagi kampus, namun kualitasnya belum memenuhi standar yang ada.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air bersih untuk memenuhi kebutuhan Universitas Hasanuddin dimana untuk sumber air bakunya berasal dari Danau Universitas Hasanuddin. Penelitian ini akan mengetahui bagaimana kualitas air Danau Universitas Hasanuddin, berapa kebutuhan air bersih Universitas Hasanuddin, hingga perencanaan unit-unit instalasi pengolahan air bersih. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan yaitu, **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar untuk dilakukan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air Danau Kampus Universitas Hasanuddin ?
2. Seberapa besar kebutuhan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin?
3. Bagaimana desain unit instalasi pengolahan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas air Danau Kampus Universitas Hasanuddin.
2. Menghitung kebutuhan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.
3. Merencanakan instalasi pengolahan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.



1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas air Danau Kampus Universitas Hasanuddin sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan unit pengolahan yang akan digunakan.
2. Mengetahui seberapa besar kebutuhan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.
3. Memberikan referensi dalam Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Kampus Universitas Hasanuddin sebagai berikut:

1. Kualitas air Danau Kampus Universitas Hasanuddin akan diketahui dengan melakukan pengujian untuk 8 (delapan) parameter di 6 (enam) titik.
2. Kebutuhan air bersih akan dianalisis melalui kebutuhan dari mahasiswa, dosen, dan tenaga pendidik Kampus Universitas Hasanuddin serta jumlah tempat tidur yang ada di Unhas Hotel & *Convention*.
3. Perencanaan teknis meliputi:
 - a. Penentuan zona pengembangan unit bangunan instalasi pengolahan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.
 - b. Penentuan dan perhitungan unit-unit bangunan instalasi pengolahan air bersih Kampus Universitas Hasanuddin.
 - c. Gambar *Detail Engineering Design* (DED).



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air bersih dapat diartikan sebagai air yang memenuhi kelayakan untuk dijadikan air baku bagi air minum. Kelayakan yang dimaksud berarti air tersebut dapat digunakan untuk mandi, cuci, dan kakus. Air bersih sebagai air yang layak diminum bukan berarti bisa langsung diminum, air tersebut perlu untuk dimasak atau direbus hingga mendidih terlebih dahulu. Dapat disimpulkan bahwa air bersih adalah air yang memenuhi syarat untuk diolah menjadi air minum. Persyaratan yang dimaksud adalah dari segi kualitas fisika, kimia, dan biologi. Pemenuhan syarat ini agar air tersebut dapat kita konsumsi tanpa menimbulkan efek samping (Martila, 2020).

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 tahun 2017 dinyatakan bahwa yang dimaksud dengan air adalah standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan air untuk keperluan higiene sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu, air untuk keperluan higiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

2.2 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air yaitu banyaknya air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air dalam kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci, memasak, menyiram tanaman dan lain sebagainya. Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Dalam kasus ini kebutuhan air yang diperhitungkan yaitu kebutuhan air untuk peruntukan kegiatan rumah tangga (domestik), fasilitas umum meliputi perkantoran, pendidikan (non domestik), irigasi, peternakan, industri, serta untuk raan/penggelontoran sungai (Salim, 2019).

nurut Wahyuni dan Junianto (2017), kebutuhan air bersih terbagi menjadi 1 :



1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik adalah air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan harian atau kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan pribadi (mandi, cuci, dan sebagainya), minum, memasak, menyiram tanaman, dan pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet).

2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan Non Domestik meliputi :

- a. Kebutuhan fasilitas umum adalah kebutuhan air bersih untuk tempat rekreasi, rumah ibadah, dan terminal.
- b. Kebutuhan komersial dan industri. Kebutuhan komersial meliputi kebutuhan air bersih untuk kegiatan pasar, toko, hotel, restoran. Sedangkan, kebutuhan industri digunakan untuk kegiatan proses industri seperti air pendingin, air boiler untuk pemanas, dan pada proses bahan baku.
- c. Kebutuhan institusional adalah kebutuhan air bersih untuk fasilitas pendidikan dan perkantoran.

Kebutuhan air bersih harian menurut SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Pemakaian air bersih sesuai penggunaan gedung

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah sakit	500	Liter/tempat tidur/hari
5	Sekolah dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel melati/ penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gd. pertunjukkan, bioskop	10	Liter/kursi
15	Gd. serba guna	25	Liter/kursi
	Stasiun, terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
	Peribadatan	5	Liter/orang, (belum dengan air wudhu)

NI 03-7065-2005



Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, perhitungan dimensi bangunan air harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian. Debit maksimum adalah kebutuhan rata-rata air maksimum suatu hari. Adapun rumus penentuan debit perencanaan sebagai berikut :

$$Q = \text{Pengguna air} \times \text{pemakaian air} \quad (1)$$

$$Q_{\text{max}} = Q \times F_{\text{max}} \quad (2)$$

dengan pengertian :

$$Q = \text{Debit air bersih (liter/hari)}$$

$$Q_{\text{max}} = \text{Debit perencanaan maksimum (liter/hari)}$$

$$F_{\text{max}} = \text{Faktor debit maksimum (1.1 – 1.5)}$$

2.3 Parameter Kualitas Air

Kualitas air dapat diketahui dengan memperhatikan nilai komposit parameter kualitas air dalam suatu wilayah pada waktu tertentu. Nilai ini dikenal dengan sebutan Indeks Kualitas Air (IKA). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, parameter pemantauan air ditetapkan sebagai berikut:

1. Parameter air sungai wajib untuk perhitungan IKA meliputi:
 - a. derajat keasaman (pH);
 - b. oksigen terlarut (DO);
 - c. kebutuhan oksigen biologi (BOD);
 - d. kebutuhan oksigen kimiawi (COD);
 - e. padatan tersuspensi total (TSS);
 - f. nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$);
 - g. total fosfat (T-Phosphat); dan
 - h. fecal coliform (Fecal Coli).
2. Parameter danau, waduk atau situ untuk perhitungan IKA meliputi:
 - a. derajat keasaman (pH);
 - b. oksigen terlarut (DO);
 - c. kebutuhan oksigen biologi (BOD);
 - d. kebutuhan oksigen kimiawi (COD);



- e. padatan tersuspensi total (TSS);
- f. total fosfat (T-Phosphat);
- g. kecerahan;
- h. klorofil-a;
- i. total nitrogen; dan
- j. fecal coliform (Fecal Coli).

Air baku atau air yang akan diolah menjadi air bersih harus memenuhi baku mutu sesuai persyaratan yang berlaku. Parameter yang menjadi acuan dalam penentuan kualitas air tergantung pada daerah yang dilaluinya. Menurut SNI 7508:2011 Tentang Tata Cara Penentuan Jenis Unit Instalasi Pengolahan Air Berdasarkan Sumber Air Baku, parameter air baku menurut jenis sumber air sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter air baku

Sumber Air	Parameter	Keterangan
1. Air Permukaan		
1.1 Air Sungai		
1.1.1 Non Gambut	Fisika	Tergantung daerah yang dilalui. Apabila ada logam berat dan pestisida maka harus diperiksa secara khusus.
	Kimia anorganik	
	Kimia organik	
	Mikrobiologi	
1.1.2 Air Gambut	Fisika	Tergantung daerah yang dilalui. Apabila ada logam berat dan pestisida maka harus diperiksa secara khusus.
	Kimia anorganik	
	Kimia organik	
	Mikrobiologi	
1.1.3 Air Payau	Fisika	Apabila ada logam berat dan pestisida maka harus diperiksa secara khusus.
	Kimia anorganik	
	Kimia organik	
	Mikrobiologi	
Sumber Air Permukaan Alami	Fisika	Apabila ada logam berat dan pestisida maka harus diperiksa secara khusus.
	Kimia anorganik	



dalam air. Dalam lampiran peraturan ini, baku mutu air nasional ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 3. Baku mutu air nasional

No	Parameter	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya						
1	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000
3	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400
4	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-
5	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9
6	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12
7	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80
8	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
9	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400
10	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600
11	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20
12	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-
13	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-
14	Total nitrogen	mg/L	15	15	25	-
15	Total fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-
16	Fluorida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-
17	Belerang (sebagai H ₂ S)	mg/L	0,002	0,002	0,002	-
18	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-
19	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-
20	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-
21	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0
22	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
23	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
24	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
25	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-
26	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
27	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
28	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-
29	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
30	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
31	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2
32	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5
33	Kromium heksavalen (Cr (VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1
34	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10
35	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-
36	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02
	rin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-
	∞	µg/L	210	210	210	-
	ordane	µg/L	3	-	-	-
	Γ	µg/L	2	2	2	2
	rin	µg/L	1	4	4	-
	tachlor	µg/L	18	-	-	-



No	Parameter	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
43	Lindane	µg/L	56	-	-	-
44	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-
45	Toxapan	µg/L	5	-	-	-
46	Fecal coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000
47	Total coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000
48	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil
49	Radioaktivitas					
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1

Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya

1	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000
3	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	25	50	100	400
4	Transparansi	M	10	4	2,5	-
5	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-
6	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9
7	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12
8	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80
9	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
10	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400
11	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600
12	Total nitrogen	mg/L	0,65	0,75	1,90	-
13	Total fosfat (sebagai P)	mg/L	0,01	0,03	0,1	-
14	Fluorida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-
15	Belerang (sebagai H ₂ S)	mg/L	0,002	0,002	0,002	-
16	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-
17	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-
18	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-
19	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0
20	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
21	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
22	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
23	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-
24	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
25	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
26	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,4	0,4	0,5	1,0
27	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
28	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
29	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2
30	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5
31	Kromium heksavalen (Cr (VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1
	Yak dan lemak	mg/L	1	1	1	10
	Organik terlarut total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-
	Organik terlarut terlarut	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02
	Organik terlarut/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-
	Organik terlarut/ Dieldrin	µg/L	210	210	210	-



No	Parameter	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
37	Chlordane	µg/L	3	-	-	-
38	DDT	µg/L	2	2	2	2
39	Endrin	µg/L	1	4	4	-
40	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-
41	Lindane	µg/L	56	-	-	-
42	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-
43	Toxapan	µg/L	5	-	-	-
44	Fecal coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000
45	Total coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000
46	Klorofil-a	mg/m ³	10	50	100	200
47	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil
48	Radioaktivitas					
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1

Sumber : PP RI No. 22 Tahun 2021

Pemerintah Republik Indonesia dalam peraturan Nomor 22 Tahun 2021 menggolongkan mutu air ke dalam empat kelas berdasarkan fungsinya. Kelas 1 (satu) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas 2 (dua) merupakan 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. Kelas 3 (tiga) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas 4 (empat) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.5 Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih

Berdasarkan Puskim (Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum) (2014) tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket

Pengolahan Air, unit-unit teknologi pengolahan air dapat dilihat sebagai

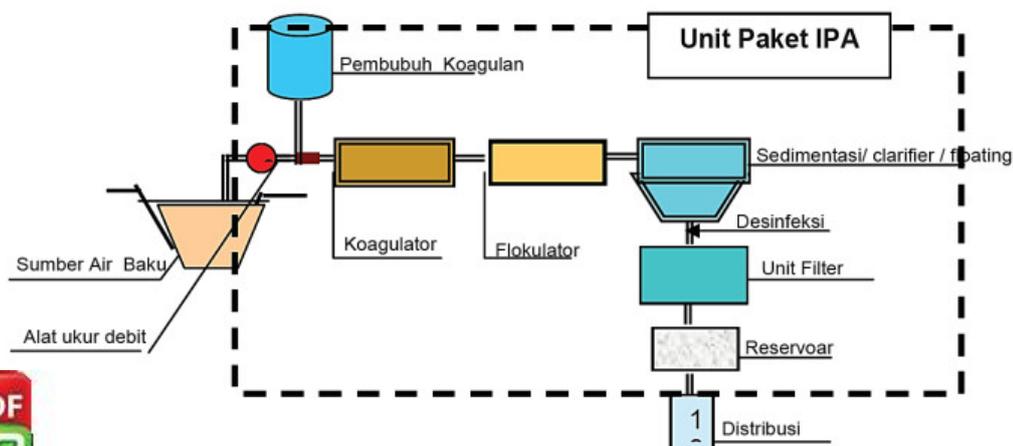


Tabel 4. Unit instalasi pengolahan air

No	Operasi dan Proses	Parameter	Metode Pengujian
1	Air baku	Fisika, kimia, biologi Debit air baku yang digunakan IPA	Pemeriksaan lengkap di laboratorium. Pengamatan visual melalui pengukuran kecepatan air dan luas penampang saluran atau sungai
2	Koagulasi	pH Konsentrasi bahan kimia Dosis koagulan Debit pembubuhan	pH comparator atau pH meter Perhitungan bahan kimia yang dilarutkan JAR – TEST Pengamat visual menggunakan alat ukur volume pada satuan waktu tertentu
3	Flokulasi	Gradient kecepatan Td (waktu tinggal)	Perhitungan Perhitungan
		Gradient kecepatan Td (waktu tinggal)	Perhitungan Perhitungan
4	Sedimentasi	Diameter flok Kecepatan pengendapan	Pengamatan visual Perhitungan
		Td (waktu tinggal) Diameter flok	Perhitungan Pengamatan visual
5	Filtrasi	Kecepatan penyaringan Kecepatan pencucian	Perhitungan Perhitungan
		Td (waktu tinggal) Dosis disinfektan	Perhitungan Perhitungan
6	Desinfeksi	Debit disinfektan	Pemeriksaan DPC (Daya Pengikat Chlor)
		Sisa klor pada reservoir	Pengamatan visual pemeriksaan laboratorium

Sumber : PUSKIM, 2014

Standar Nasional Indonesia 6773:2008 tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air membagi komponen paket unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) sesuai diagram proses sebagai berikut.



NI 6773:2008

Gambar 1 Paket unit instalasi pengolahan air



Tabel 5. Komponen paket unit instalasi pengolahan air

No	Komponen	Jenis
Komponen utama		
1	Unit pengambil air baku	Air permukaan, air tanah
2	Pengukur aliran air	Ambang tajam, turbin, pitot, elektromagnetik dan ultrasonik
3	Pembubuh larutan kimia	Pompa dosing, gravitasi
4	Mixer	Mekanis, hidrolis, in line dan kompresor
5	Koagulasi	Hidrolis, mekanis
6	Flokulasi	Hidrolis, mekanis
7	Sedimentasi/ klarifikasi	Gravitasi, floating
8	Filtrasi	Saringan pasir cepat
9	Desinfeksi	Pompa dosing
Komponen Penunjang		
10	Penampung	Reservoir
11	Distribusi	Gravitasi, Pemompaan

Sumber : SNI 6773:2008

2.5.1 Intake

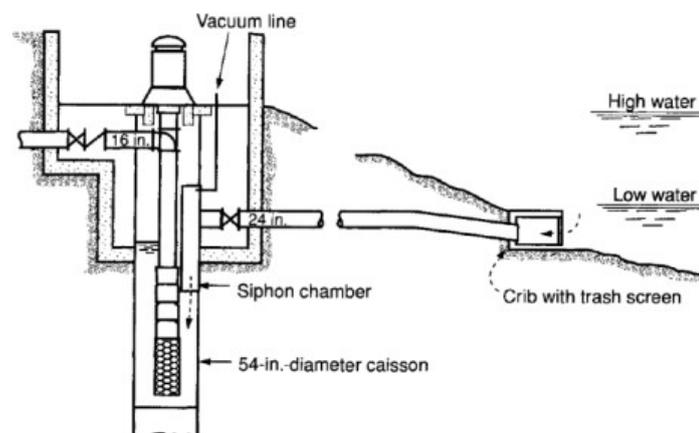
Air dari sumber air baku yang berasal dari air permukaan ditangkap dalam sebuah bangunan yang disebut *intake*. Air baku dari air permukaan yang telah diambil kemudian dialirkan ke unit-unit pengolahan. Menurut cara pengambilannya, bangunan *intake* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut (Kawamura, 1991 dalam Zingga, 2018) :

1. *Intake* gravitasi

Intake gravitasi adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan prinsip gravitasi.

2. *Intake* Pemompaan

Intake pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa.



Sumber : AWWA, 1990

Gambar 2 *Intake*



Menurut Kawamura, (1991) dalam Zingga (2018), bangunan intake juga dapat dibagi berdasarkan sumber air permukaannya, yaitu :

1. *Tower intake*

Tower intake biasanya digunakan untuk mengambil air baku yang berasal dari danau, baik yang alamiah maupun buatan (beton). *Tower intake* dibangun di dekat sisi bendungan atau pada bagian pelimpahan. Pondasi *tower* dibangun pada bagian hulu dan terpisah dari bendungan.

2. *Shore intake*

Shore intake bisa digunakan untuk air baku yang berasal dari danau maupun sungai. *Shore intake* terbagi menjadi beberapa variasi bentuk tergantung situasi lapangan. Berikut adalah jenis-jenis *shore intake* :

a. *Siphon well intake*

Intake ini memiliki saluran air masuk ke bangunan *intake* berupa pipa. Fluktuasi tekanan air tidak memberi pengaruh pada interior *intake*.

b. *Suspended intake*

Intake ini menggunakan pipa hisap yang dibenamkan ke dalam sumber air tanpa menggunakan bangunan pelindung dan tercampur langsung dengan aliran sumber air baku.

c. *Floating intake*

Intake ini menggunakan pelampung yang terapung dan bergerak naik turun mengikuti fluktuasi muka air.

3. *Crib intake*

Intake ini dibuat terbenam di dasar sungai dengan kedalaman lebih dari 3 meter. *Intake* ini harus dibangun di lokasi yang minim resiko kemungkinan hanyut oleh arus air sungai.

4. *Direct intake*

Intake jenis ini memiliki biaya konstruksinya lebih murah dibanding jenis *intake* yang lain. *Intake* jenis ini langsung menghubungkan pipa penyadap dari unit pengolahan. Untuk mencegah agar tidak terjadi erosi maka bisa bangun tanggul di pinggir sumber air baku.



5. *Indirect intake*

Intake ini menggunakan pipa penyadap yang terhubung ke sumur pengumpul. Setelah berada di sumur pengumpul barulah air akan dialirkan ke unit pengolahan. *Intake* ini lebih ekonomis untuk sumber air baku yang mengalami fluktuasi cukup tinggi saat musim hujan dan musim kemarau.

6. Sumur bor *intake*

Intake ini biasa digunakan untuk sumber air baku yang berasal dari air tanah.

Tabel 6. Kriteria desain *intake*

Uraian	Kriteria
Kecepatan pipa sadap	0,6 – 2,5 m/s
Dasar <i>intake</i>	> 1 m di bawah dasar sumber air
Kecepatan pipa suction	1 – 2,5 m/s
Debit pipa sadap	Debit air maksimum

Sumber : Al-layla, 1980 dalam Priambodo, 2016

Perhitungan untuk unit *Intake* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 adalah sebagai berikut.

Bangunan penyadap

$$D = \left(\frac{Q}{v \times \frac{1}{4} \times \pi} \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$V = Q \times t_d \quad (4)$$

dengan pengertian :

D = diameter pipa penyadap (m)

Q = debit (m³/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

V = volume bak (m³)

t_d = waktu detensi (s)

Bangunan *intake* memiliki perlengkapan penunjang yaitu *bar screen* dan *strainer*. Keduanya memiliki fungsi yang sama untuk menyaring partikel padatan dari aliran air, yang membedakan adalah desain dan fungsinya dimana *bar screen* berbentuk kerangka dengan batang-batang horizontal atau vertikal yang ditempatkan dalam posisi paralel atau miring dan berfungsi untuk menyaring



partikel besar seperti ranting, daun, plastik, dsb. Sedangkan, *strainer* lebih menggunakan saringan atau wadah dengan lubang-lubang kecil yang berfungsi menyaring partikel yang lebih besar dari ukuran lubang tersebut. Adapun

rumus perhitungan untuk *bar screen* dan *strainer* menurut Amalia dkk (2022), adalah sebagai berikut.

Bar screen

$$n = \frac{Ws - r}{d + r} \quad (5)$$

$$wc = Ws - (n \times d) \quad (6)$$

$$w = n \times r \quad (7)$$

$$b = (n - 1) \times r \quad (8)$$

$$P = \frac{D}{\sin \alpha} \quad (9)$$

$$L = P \times \cos \alpha \quad (10)$$

dengan pengertian :

- n = jumlah kisi
- ws = lebar saluran pembawa (m)
- r = jarak antar kisi (m)
- d = diameter bar (m)
- wc = lebar bukaan screen (m)
- w = total lebar area terbuka (m)
- b = total penampang area terbuka (m)
- P = Panjang screen (m)
- L = Lebar screen (m)
- α = kemiringan screen ($^{\circ}$)

Strainer

$$A = \frac{Q \text{ pipa}}{v} \quad (11)$$

$$D \text{ strainer} = 1.5 \times D \text{ suction} \quad (12)$$

$$\text{Sisi} = \sqrt{A} \quad (13)$$

$$AL = \frac{1}{4} \times \pi \times \text{Bukaan lubang strainer}^2 \quad (14)$$

$$n = \frac{A}{AL} \quad (15)$$

$$n \text{ tiap sisi} = \frac{n}{5} \quad (16)$$



$$0.5 \times D \text{ strainer} \quad (17)$$

$$1.5 \times D \text{ strainer} \quad (18)$$

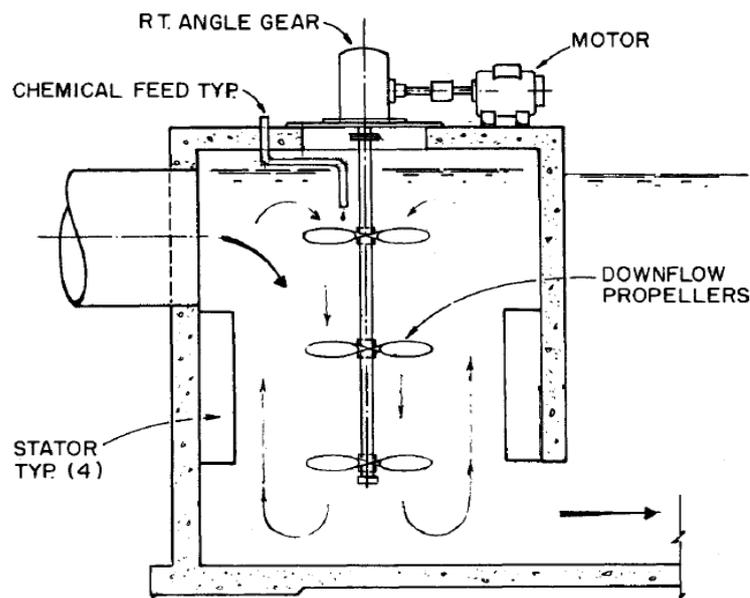
$$0.25 \times D \text{ strainer} \quad (19)$$

dengan pengertian :

A	= luas <i>strainer</i> (m^2)
AL	= luas lubang (m^2)
n	= jumlah lubang
s	= jarak <i>strainer</i> ke dasar sumur (m)
S	= jarak ujung <i>strainer</i> ke permukaan air (m)
x	= jarak ujung <i>strainer</i> ke dinding sumur (m)

2.5.2 Koagulasi

Koagulasi (pengaduk cepat) adalah proses pencampuran bahan kimia (koagulan) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen. Koagulan digunakan untuk membentuk flok pada proses pencampuran (SNI 6774:2008). Pengadukan cepat memiliki tujuan untuk melarutkan koagulan, mendistribusikan koagulan secara merata dalam air, dan menghasilkan partikel-partikel halus sebagai inti (Saputri, 2011 dalam Priambodo, 2016).



Sumber : AWWA, 1990

Gambar 3 Koagulasi

Menurut Zingga (2018), berdasarkan metodenya pengadukan dibedakan



adukan mekanis

adukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk

(*impeller*). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam *impeller*, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling).

2. Pengadukan hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan), atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

3. Pengadukan pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.

Berdasarkan SNI 6774:2008, kriteria koagulan adalah sebagai berikut :

1. Jenis koagulan yang digunakan;

- a. Aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14(H_2O)$ diturunkan dalam bentuk cair konsentrasi sebesar (5 – 20)%.
- b. PAC, poly aluminium chloride ($Al_{10}(OH)_{15}Cl_{15}$) kualitas PAC ditentukan oleh kadar aluminium oxide (Al_2O_3) yang terkait sebagai PAC dengan kadar (10 – 11)%.

2. Dosis koagulan ditentukan berdasarkan hasil percobaan *jar test* terhadap air baku.

3. Pembubuhan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan secara gravitasi atau

ompaan.

oagulan aluminium sulfat atau tawas adalah jenis koagulan yang mudah n di pasaran dan memiliki harga yang lebih ekonomis daripada jenis



koagulan lainnya. Namun jika dibandingkan dengan koagulan PAC, menurut Sofiah (2016) koagulan PAC lebih efektif dibanding koagulan tawas pada proses koagulasi-flokulasi. Selain itu, menurut Rosariawari (2013) koagulan PAC juga lebih praktis karena lebih cepat membentuk flok dan tidak mengakibatkan air menjadi keruh bila dilakukan pemakaian berlebih. Menurut Susanto (2008), koagulan PAC juga dapat menurunkan kandungan besi (Fe) dalam air. Kandungan Fe dalam air berada dalam bentuk Fe^{+2} dan Fe^{+3} yang masing-masing bereaksi dengan atom oksigen, hidrogen, dan sulfur yang merupakan senyawa organik. Penambahan koagulan PAC akan mengikat atom Fe dalam bentuk senyawa organik yang kemudian membentuk endapan.

Tabel 7. Kriteria perencanaan unit koagulasi

Uraian	Kriteria
Pengaduk cepat	Hidrolis
• Tipe	– Terjunan – Saluran bersekat – Dalam instalasi pengolahan air bersekat
	Mekanis:
	– Bilah (blade), pedal (paddle) – Flotasi
• Waktu pengadukan (menit)	1 – 5
• Nilai G/detik	> 750

Sumber : SNI 6774:2008

Dimensi unit koagulasi dapat ditentukan dengan rumus (SNI 6774:2008) :

Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$Q = A \cdot v \quad (20)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 v \quad (21)$$

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot g \quad (22)$$

$$h_f = k \cdot \frac{v^2}{2} \cdot g \quad (23)$$

$$G^2 = Q \cdot \rho \cdot \frac{h_f}{\mu} \cdot C \quad (24)$$

$$v = 0,849 \cdot C_n \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad (25)$$

Dengan pengertian :



Q : kapasitas pengolahan ($m^3/detik$)

D : diameter pipa instalasi pengolahan air (m)

v : kecepatan aliran (m/det)

h_f = kehilangan tekanan pada pipa instalasi pengolahan air dan perlengkapannya (m kolom air)

g = gravitasi (9,81 m/detik)

f = koefisien kehilangan melalui pipa instalasi pengolahan air (0,02 – 0,26)

k = koefisien kehilangan melalui perlengkapan pipa instalasi pengolahan air (0,7 -1)

μ = viskositas kinematik air ($m^2/detik$)

C = kapasitas bak (m^3)

C_n = koefisien kekasaran pipa instalasi pengolahan air

S = kemiringan hidrolis (m/m)

R = jari-jari hidrolis (m)

ρ = masa jenis air (g/cm^3)

Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \quad (26)$$

dengan pengertian :

P = tenaga yang diperlukan ($g.cm/det$)

n = putaran (rpm)

g_c = faktor konversi Newton

D = diameter impeller (cm)

K = konstanta eksperimen (1.0 – 5.0)

ρ = masa jenis air (g/cm^3)

Bak pembubuh koagulan (Amalia dkk, 2022)

$$\text{Kebutuhan PAC harian} = \text{Dosis optimum PAC} \times (Q \times 1000) \quad (27)$$

$$\text{Kebutuhan PAC} = \frac{100\%}{\text{konsentrasi PAC}} \times \text{kebutuhan PAC harian} \quad (28)$$

$$Q \text{ koagulan} = \frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\rho \text{ PAC}} \quad (29)$$

$$V = \frac{Q \text{ koagulan}}{td \text{ koagulan}} \quad (30)$$

$$P = (G^2) \times \mu \times V \quad (31)$$



$$= \left(\frac{P}{k_t \times n^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (32)$$

$$= \frac{1}{4} \times Di \quad (33)$$

$$H_i = \frac{1}{2} \times D_i \quad (34)$$

$$Q \text{ injeksi} = \frac{V}{\text{waktu injeksi}} \quad (35)$$

dengan pengertian :

Q koagulan	= debit koagulan (m ³ /hari)
V	= volume bak pembubuh (m ³)
P	= daya pengadukan (N.m/s)
G	= rentang gradien (/s)
D _i	= diameter paddle (m)
W _i	= lebar paddle (m)
H _i	= jarak paddle dari dasar bak (m)
Q injeksi	= debit injeksi (m ³ /s)

2.5.3 Flokulasi

Flokulasi (pengaduk lambat) adalah proses pembentukan partikel flok (koloid yang menggumpal) yang besar dan padat agar dapat diendapkan (SNI 6774:2008). Secara garis besar terdapat 3 (tiga) jenis flokulasi yaitu, sistem hidrolis, mekanis, dan kontak padatan (Puskim, 2014) :

1. Sistem Hidrolis

- a. Saluran dengan *baffle* (vertikal atau horizontal), tidak diperlukan pengaturan apapun pada sistem flokulasi jenis ini, energi untuk flokulasi dihitung dari kehilangan tekanan (*head loses*) pada saluran antara awal dan akhir flokulasi.
- b. Bak pintu, energi untuk flokulasi dihitung dari kehilangan tekanan (*head loses*) pada pintu untuk setiap bak. Atur bukaan pintu sorong sedemikian rupa sehingga kehilangan tekanan (*head loses*) sesuai dengan perencanaan. Kehilangan tekanan (*head loses*) bisa diawali dan diatur dari perbedaan muka air pada bak flokulasi yang berurutan.
- c. Dinding berlubang (*perforated wall*), tidak diperlukan penyatuan apapun pada sistem flokulasi jenis ini, energi untuk flokulasi dihitung dari kehilangan tekanan (*head loss*) pada setiap lubang/celah pada dinding bak flokulasi.



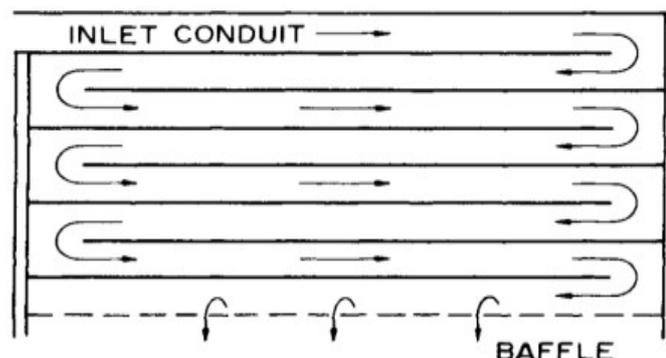
2. Sistem Mekanis

Pada umumnya terdapat 2 (dua) jenis sistem flokulasi mekanis yaitu, menggunakan pedal (vertikal atau horizontal) dan baling-baling. Apabila terdapat sarana pengatur putaran, maka atur putaran baling-baling atau pedal sesuai dengan tekanan perencanaan. Apabila tidak terdapat sarana pengatur putaran, maka tidak perlu dilakukan pengaturan apapun.

3. Sistem Kontak Padatan (*solid contact/saudge blanket*)

Terdapat 2 (dua) jenis sistem flokulasi kontak padatan, yaitu *sludge blanket* dan *sludge blanket* dengan sirkulasi lumpur (reaktor). Kedua jenis sistem flokulasi ini umumnya terpasang menjadi satu dalam bak sedimentasi.

- Sludge blanket*, flokulasi dengan memanfaatkan proses hidrolis dengan pengaliran ke atas (*up flow*)
- Sludge blanket* dengan sirkulasi lumpur (reaktor), proses flokulasi menggunakan pedal/baling-baling sumbu vertikal, dimana untuk sirkulasi lumpur menggunakan pompa lumpur.



Sumber : AWWA, 1990

Gambar 4 Flokulasi

Tabel 8. Kriteria perencanaan unit flokulasi

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator Clarifier
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) - 5	60 (menurun) - 10	70 (menurun) - 10	100 - 10
Waktu tinggal (menit)	30 - 45	30 - 40	20 - 40	20 - 100
Tahap flokulasi (buah)	6 - 10	3 - 6	2 - 4	1
Waktu tinggal (buah)	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Waktu tinggal (buah)	0,9	0,9	1,8 - 2,7	1,5 - 0,5



Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator Clarifier
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 -5	8 – 25	-
Tinggi (m)				2 – 4 (termasuk ruang <i>sludge blanket</i>)

Sumber : SNI 6774:2008

Dimensi unit flokulasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (SNI 6774:2008) :

Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$V = Q \cdot t_d \quad (36)$$

$$p \times l \times d = Q \cdot t_d \quad (37)$$

$$G^2 = g \cdot \frac{h_f}{\mu} \cdot t_d \quad (38)$$

$$n = \left[\left(\frac{2 \times \mu \times t_d \text{ kompartemen}}{\rho \times (1.44 + f)} \right) \times \left(\frac{H \times P \text{ kompartemen} \times G}{Q} \right)^2 \right]^{\frac{1}{3}} \quad (39)$$

$$B = \frac{P}{n} \quad (40)$$

dengan pengertian :

Q = kapasitas pengolahan (m³/detik)

p = panjang bak(m)

l = lebar bak (m)

d = tinggi (m)

t_d = waktu tinggal (detik)

G = gradien (detik⁻¹)

h_f = kehilangan tekanan pada pipa instalasi pengolahan air dan perlengkapannya (m kolom air)

μ = viskositas kinematik air (m²/detik)

g = gravitasi (9,81 m/detik)

n = jumlah *baffle*

B = jarak antar sekat (m)

f = koefisien kekasaran dinding (/s)



Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \quad (41)$$

dengan pengertian :

P = tenaga yang diperlukan (g.cm/det)

n = putaran (rpm)

g_c = faktor konversi Newton

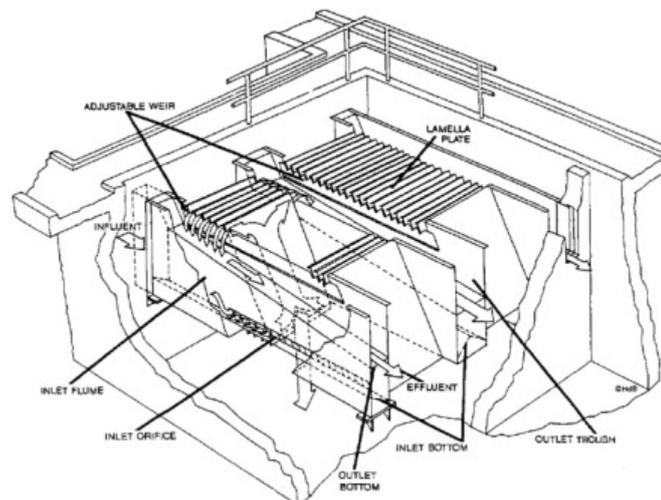
D = diameter impeller (cm)

K = konstanta eksperimen (1.0 – 5.0)

ρ = masa jenis air (g/cm^3)

2.5.4 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 dimana air yang masuk akan melalui zona *inlet*, zona pengendap, dan zona *sludge*. Pada zona pengendap partikel – partikel pencemar secara gravitasi akan turun ke bawah sehingga kadar TSS, BOD, dan COD akan berkurang (Amalia dkk, 2022).



Sumber : AWWA, 1990

Gambar 5 Sedimentasi

Proses sedimentasi memiliki beberapa bagian diantaranya zona *inlet*, zona pengendap, zona lumpur, dan zona *outlet*. Zona *inlet* adalah titik masuknya air dan padatan ke dalam bak sedimentasi. Zona pengendap adalah



area dimana material padat mengendap. Zona lumpur adalah tempat penumpukan lumpur, lumpur dikumpulkan menggunakan *scraper* (penyapu lumpur). Zona *outlet* adalah tempat keluarnya air untuk dialirkan ke bak selanjutnya.

Tabel 9. Kriteria perencanaan unit sedimentasi

Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (Menggunakan Pelat/Tabung Pengendap)	Bak Bundar (Aliran Vertikal Radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Beban permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5 [*])	1,3 – 1,9	2 -3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 -6	0,5 – 1,0
Waktu tinggal (jam)	1,5 – 3	0,07 ^{**})	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
Lebar / Panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	< 11	< 11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 - 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	Max 0,15	-	-	-
Bilangan froude	> 10 ⁻⁵	> 10 ⁻⁵	-	-	> 10 ⁻⁵
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45° - 60°	45° - 60°	45° - 60°	> 60°	45° - 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 – 24	8 – 24	12 – 24	Kontinyu	12 – 24 ^{***})
Kemiringan tube/plate	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°

Catatan: *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) pembuangan lumpur sebagian

Sumber : SNI 6774:2008

Dimensi unit sedimentasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (SNI 6774:2008):

$$A = \frac{Q \cdot W}{S_o (H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha)} \quad (42)$$

dengan pengertian



= luas permukaan bak (m²)

= kapasitas pengolahan (m³/detik)

= jarak antar pelat (cm)

S_o = beban permukaan (cm/detik)

H = tinggi pelat (cm)

α = kemiringan pelat ($^\circ$)

Bilangan Reynold & Froude

Bilangan Reynold (Re)

$$R = \frac{W}{2} \quad (43)$$

$$Re = \frac{vR}{\mu} \quad (44)$$

Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{v^2}{gR} \quad (45)$$

dengan pengertian :

v = kecepatan rata-rata di tube settler/plat settler (m/s)

R = jari-jari hidrolis

μ = viskositas kinematik air (m/s)

g = gravitasi (9,81 m/s²)

Apabila bilangan Reynold dan bilangan Froude tidak memenuhi, maka akan membuat aliran menjadi pendek dan turbulen sehingga perlu untuk merencanakan *perforated baffle* (sekat berlubang). *Perforated baffle* berfungsi untuk memperlambat aliran cairan sehingga memungkinkan partikel padatan yang terbawa oleh cairan untuk lebih mudah mengendap. Menurut Amalia dkk (2022), rumus perhitungan untuk *perforated baffle* adalah sebagai berikut.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (46)$$

$$A \text{ total} = \frac{Q}{0.6 \times v} \quad (47)$$

$$n = \frac{A \text{ total}}{A} \quad (48)$$

$$sh = \frac{\text{Panjang baffle} - (n \text{ horizontal} \times D \text{ lubang})}{n \text{ horizontal} - 1} \quad (49)$$

$$sv = \frac{\text{Tinggi baffle} - (n \text{ vertikal} \times D \text{ lubang})}{n \text{ vertikal} - 1} \quad (50)$$

dengan pengertian :



A = luas tiap lubang (m²)

$A \text{ total}$ = luas total lubang (m²)

n = jumlah lubang

sh = jarak horizontal antar lubang (m)

sv = jarak vertikal antar lubang (m)

Memaksimalkan kinerja bak sedimentasi bisa dilakukan dengan penggunaan *plate settler*. *Plate settler* adalah perangkat yang digunakan untuk memisahkan padatan dari cairan yang melibatkan penggunaan plat atau papan datar dengan sudut kemiringan tertentu. Menurut Amalia dkk (2022), rumus perhitungan *plate settler* adalah sebagai berikut.

$$n \text{ plate} = \frac{P \text{ plate settler}}{\text{jarak antar plate} + \left(\frac{\text{tebal plate}}{\sin \alpha}\right)} + 1 \quad (51)$$

$$Q \text{ plate} = \frac{Q \text{ bak}}{(n \text{ plate} - 1)} \quad (52)$$

$$A \text{ plate} = \frac{w}{\sin \alpha} \times L \quad (53)$$

$$V_h = \frac{Q \text{ plate}}{A \text{ plate} \times \sin \alpha} \quad (54)$$

$$d = \left(\frac{18 \times V_o \times \mu}{(Sg - 1) \times g}\right)^{1/2} \quad (55)$$

$$V_{sc} = \left(\frac{8 \times k \times (Sg - 1) \times d \times g}{f}\right)^{1/2} \quad (56)$$

dengan pengertian :

n plate = jumlah plat

Q plate = debit melalui plat (m³/s)

α = kemiringan plat (°)

w = jarak antar plat (m)

A plate = luas plat (m²)

L = lebar plat (m)

V_h = beban pengaliran pada plat (m/s)

d = diameter partikel (m)

V_{sc} = kecepatan skoring (m/s)

Sg = specific gravity

k = kontrol penggerusan

Di dalam bak sedimentasi terdapat area untuk mengumpulkan hasil pan yang disebut zona lumpur. Salah satu tipe bentuk zona lumpur adalah pancung. Bak ini memiliki bentuk menyerupai limas terbalik dengan



bagian atas yang lebih lebar dan bagian bawah yang lebih sempit. Menurut Amalia dkk (2022), rumus untuk perhitungan zona lumpur yaitu sebagai berikut.

Sludge

$$\text{Kons. Effluent TSS} = (100\% - \text{efisiensi removal TSS}) \times \text{Konsentrasi TSS} \quad (57)$$

$$\text{TSS teremoval} = \text{Efisiensi removal TSS} \times \text{Konsentrasi TSS} \quad (58)$$

$$W_s = Q \times \text{TSS teremoval} \quad (59)$$

$$W_w = \frac{\text{kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar lumpur kering}} \times W_s \quad (60)$$

$$\text{Berat jenis lumpur} = (\rho \text{ lumpur} \times \text{kadar lumpur kering}) + (\rho \text{ air} \times \text{kadar air dalam lumpur}) \quad (61)$$

dengan pengertian :

$$W_s = \text{berat lumpur (kg/s)}$$

$$W_w = \text{berat air (kg/s)}$$

Ruang lumpur

$$\text{Debit lumpur} = \frac{W_s + W_w}{\text{berat jenis lumpur}} \quad (62)$$

$$\text{Volume ruang lumpur} = \text{Debit lumpur} \times \left(\frac{\text{periode pengurasan}}{24 \text{ jam}} \right) \quad (63)$$

$$A_1 = P_1 \times L_1 \quad (64)$$

$$A_2 = P_2 \times L_2 \quad (65)$$

$$\text{Volume ruang lumpur} = \frac{1}{3} \times h \times (A_1 + A_2 + \sqrt{(A_1 \times A_2)}) \quad (66)$$

$$Q_p = \frac{\text{Volume pengurasan}}{\text{waktu pengurasan} \times 60}$$

dengan pengertian :

$$A_1 = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$$

$$A_2 = \text{luas dasar (m}^2\text{)}$$

$$Q_p = \text{debit pengurasan (m}^3\text{/s)}$$

Air yang berada di bak sedimentasi akan menuju ke saluran pengumpul melalui *gutter* (selokan) dan *weir* (penghalang air). *Gutter* adalah saluran atau alur yang digunakan untuk mengalirkan air yang telah melalui *plate settler*. Di sisi *gutter* terdapat *weir* yang berfungsi untuk mengatur aliran kecepatan aliran. Perhitungan

ter dan *weir* menurut Amalia dkk (2022) dilakukan dengan rumus berikut.

n Weir

$$\text{gutter} = \frac{q}{\text{jumlah gutter}} \quad (67)$$



$$\text{Panjang total weir} = \frac{Q}{\text{weir loading}} \quad (68)$$

$$\text{Panjang tiap weir} = \frac{\text{Panjang total weir}}{\text{jumlah weir}} \quad (69)$$

$$Q \text{ weir} = \frac{Q}{\text{jumlah weir}} \quad (70)$$

$$A = \frac{Q/\text{jumlah weir}}{v} \quad (71)$$

$$H \text{ air} = \left(\frac{Q \text{ gutter}}{1.38 \times L} \right)^{2/3} \quad (72)$$

$$\text{Tinggi gutter} = H \text{ air} + (H \text{ air} \times 30\%) \quad (73)$$

$$\text{Lebar saluran gutter} = 2 \times \text{tinggi gutter} \quad (74)$$

dengan pengertian :

A = luas saluran weir (m²)

H air = tinggi air gutter (m)

V- notch

$$\text{Jumlah v-notch} = \frac{\text{Panjang tiap weir}}{\text{jarak v notch} + \text{lebar v notch}} \quad (75)$$

$$Q \text{ v-notch} = \frac{Q \text{ weir}}{\text{jumlah v notch}} \quad (76)$$

$$H \text{ peluapan} = \left(\frac{Q}{8/15 \times cd \times (2 \times g \times \tan \theta/2)^{1/2}} \right)^{4/5} \quad (77)$$

dengan pengertian :

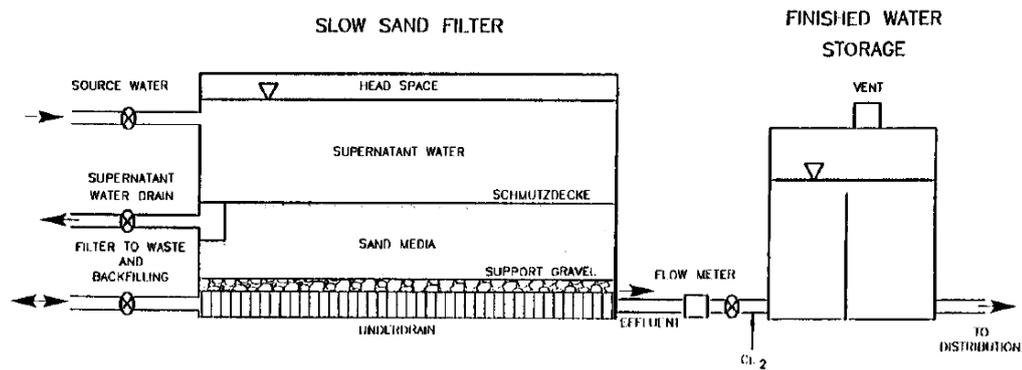
Cd = koefisien drag

θ = sudut v-notch (°)

2.5.5 Filtrasi

Filtrasi (saringan cepat) adalah proses pemisahan padatan dari supernatran melalui media penyaring (SNI 6774:2008). Pada umumnya terdapat 2 (dua) jenis sistem saringan cepat, yaitu saringan gravitasi dan saringan bertekanan. Keduanya secara prinsip tidak memiliki perbedaan proses dan operasi yang berarti (Puskim, 2014). Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya (Ikk, 2022).





Sumber : AWWA, 1990

Gambar 6 Filtrasi

Jenis filtrasi yang banyak digunakan adalah *rapid sand filter*. Keuntungan menggunakan *rapid sand filter* 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 filter*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filter* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak (Amalia dkk, 2022). Jenis media yang bisa digunakan adalah semua material yang stabil, berporos seperti granular pasir, krikil, antrasit, *glass*, dan plastik. Menurut Putri (2015), pemilihan jenis media harus memerhatikan hal-hal berikut :

1. Ketebalan media

Ketebalan media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama dan biaya yang lebih tinggi.

2. Diameter butiran media

Ukuran diameter butiran filtrasi berpengaruh pada porositas, laju filtrasi, dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya, maupun bentuk susunan dari butiran media. Ukuran pori menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel. Lubang pori yang terlalu besar akan meningkatkan rate dari filtrasi dan menyebabkan lolosnya partikel-

kel halus yang akan disaring. Sebaliknya, lubang pori yang terlalu kecil meningkatkan kemampuan penyaringan namun mudah mengalami *zing* (penyumbatan).



Setelah bak filtrasi digunakan dalam waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Oleh karena itu perlu dilakukan pencucian dari bawah ke atas (*backwash*). Tersumbatnya media filter ditandai oleh penurunan kapasitas debit produksi sebanyak 10-20%, peningkatan kehilangan energi (*head loss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter, dan penurunan kualitas produksi (Olvianti dkk, 2021).

Tabel 10. Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat)

No	Uraian	Saringan Biasa (Gravitasi)	Jenis Saringan	
			Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5 *}$	Minimum 5 bak	-
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)**)	6 – 11	6 – 11	12 - 33
3	Pencucian: • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 - 24 30 - 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 - 24 30 - 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72 - 198 - - 30 - 50
4	Media pasir : • Tebal (mm) • Singel media • Media ganda • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/dm ³) • Porositas • Kadar SiO ₂	300 - 700 600 - 700 300 - 600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%	300 - 700 600 - 700 300 - 600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%	300 - 700 600 - 700 300 - 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%
5	Media antransit: • Tebal (mm) • ES (mm) • UC • Berat jenis (kg/dm ³) • Porositas	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
6	Filter bottom/dasar saringan 1) Lapisan penyangga uri atas ke bawah • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm)	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10	- - -



No	Uraian	Saringan Biasa (Gravitasi)	Jenis Saringan	
			Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
•	Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	
•	Kedalaman (mm)	80 – 150	80 – 150	-
	Ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30	
2) Filter nozzle				
•	Lebar slot nozzle (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Persentasi luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	> 4 %	> 4 %	> 4 %

Catatan : *) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun
 **) untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan, harus dilengkapi dengan pengatur aliran otomatis

Sumber : SNI 6774:2008

Dimensi unit filtrasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (SNI 6774:2008) :

$$A = \frac{Q}{v} \quad (78)$$

dengan pengertian :

Q = kapasitas pengolahan (m³/s)

A = luas bak (m²)

v = kecepatan penyaringan (m/s)

Media filtrasi yang digunakan untuk menghilangkan partikel dan zat-zat terlarut dari air lama kelamaan media tersebut akan terakumulasi dengan kotoran dan zat-zat yang diambil dari air. Untuk membersihkannya, aliran air diubah arahnya sehingga mengalir dari bawah ke atas melalui media, membawa kotoran dan partikel yang terperangkap dengan aliran tersebut dan mengeluarkannya melalui saluran pembuangan atau yang dikenal dengan nama proses *backwash*. Penentuan urutan media adalah berdasarkan *specific gravity* (berat jenis) media. Berat jenis adalah gaya tarik bumi yang bekerja pada suatu benda. Media dengan berat jenis terbesar diletakkan di lapisan terbawah kemudian diikuti oleh media dengan berat jenis yang lebih kecil. Urutan ini dilakukan agar ketika dilakukan

ckwash media tidak saling tercampur. Menurut Amalia dkk (2022), rumus hitungan *backwash* adalah sebagai berikut.



Backwash

$$C_d = \frac{24}{N} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34 \quad (79)$$

$$V_s = \left[\left(\frac{4 \times g}{3 \times C_d} \right) \times (Sg - 1) \times d \right]^{1/2} \quad (80)$$

$$V_b = V_s \times (\varepsilon^{4.5}) \quad (81)$$

$$H_l = (Sg - 1) \times (1 - \varepsilon) \times D \quad (82)$$

$$Le = D \times \frac{1-d}{1 - \left(\frac{v_b}{V_s} \right)^{0.22}} \quad (83)$$

dengan pengertian :

- Cd = koefisien drag
- Nre = kontrol Reynold *Number*
- Vs = kecepatan pengendapan partikel (m/s)
- Vb = kecepatan *backwash* (m/s)
- Hl = kehilangan tekanan awal *backwash* (m)
- d = ukuran media (m)
- D = tebal media (m)
- Sg = *specific gravity*
- Le = tinggi ekspansi media (m)

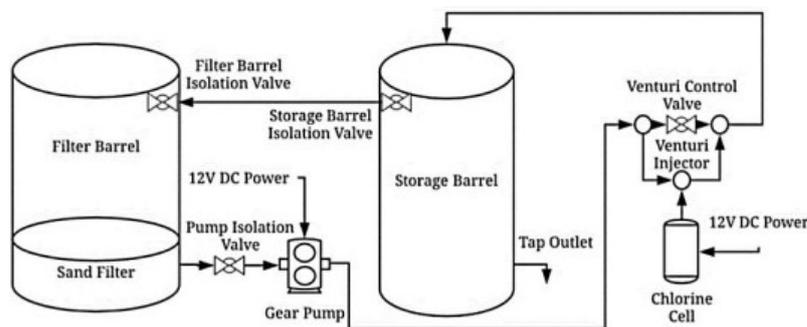
2.5.6 Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses untuk membunuh bakteri, protozoa, dan virus dengan kuantitas desinfektan yang kecil dan tidak beracun bagi manusia. Reaksi desinfeksi yang terjadi harus dilaksanakan di bawah kondisi normal, termasuk suhu, aliran, kualitas air, dan waktu kontak. Hal ini akan membuat air menjadi tidak beracun, tidak berasa, lebih mudah diolah, ekonomis, serta akan meninggalkan residu yang tetap untuk jangka waktu yang aman, sehingga kontaminan dapat dihilangkan (Al-Layla, 1980 dalam Priambodo, 2016).

Kebutuhan klor dalam suatu perencanaan desinfeksi memberikan sisa klor aktif agar dalam distribusi air produksi tidak terkontaminasi mikroorganisme bila terjadi kebocoran dalam pipa. Klorinasi dapat dilakukan dengan penambahan hipoklorit (CaOCl_2) sebagai sumber klornya dapat pula dengan gas Cl_2 . Dosis klor dapat bervariasi tergantung pada kualitas air, temperatur, dan kondisi air lain (Priambodo, 2016).



Senyawa klor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang dipasaran dikenal dengan kaporit. Desinfektan ini termasuk dalam jenis desinfeksi kimiawi. Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 (dua) syarat yaitu dosis yang cukup dan waktu kontak yang cukup (minimum 30 menit). Selain itu diperlukan proses pencampuran yang sempurna agar desinfektan benar-benar tercampur. Kadar sisa klor akan habis pada jarak 8 km, hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak maka sisa klor semakin menurun (Olvianti dkk, 2021).



Sumber : Researchgate.net

Gambar 7 Desinfeksi

Tabel 11. Kriteria desain desinfeksi

Uraian	Kriteria
Kandungan klor aktif :	
• Gas klor (Cl_2)	99%
• Kaporit atau kalsium hipoklorit (CaOCl_2) x H_2O	60 – 70%
• Sodium hipoklorit (NaOCl)	15%
Sisa klor	0,25 – 0,35 mg/l
Peralatan gas klor	≥ 2
Bak kaporit	2 (bak pengaduk manual/mechanis dan bak pembubuh)
Kapasitas penampungan bak kaporit	8 – 24 jam

Sumber : SNI 6774:2008

Unit desinfeksi memiliki 2 (dua) unit bak, yaitu bak koagulan dan bak kontak. Perhitungan untuk bak koagulan sama dengan perhitungan yang dilakukan di bak pembubuh pada unit koagulasi. Sedangkan untuk bak kontak, perhitungannya sama dengan yang dilakukan rumus penentuan besar bak pada umumnya.

2.5.7 Reservoir



Amalia dkk (2022), reservoir adalah tempat penampungan air bersih pada penyediaan air bersih. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan

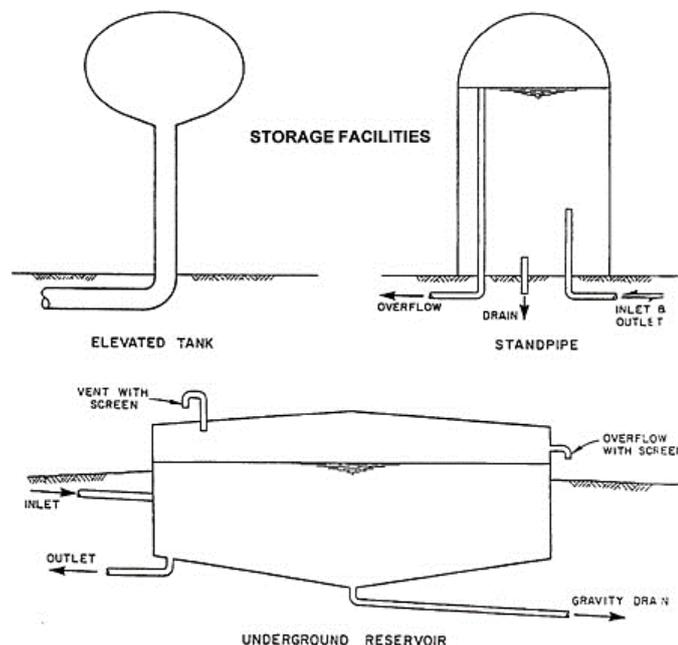
baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian 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 relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

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

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



Sumber : Watertraining.ca

Gambar 8 Reservoir

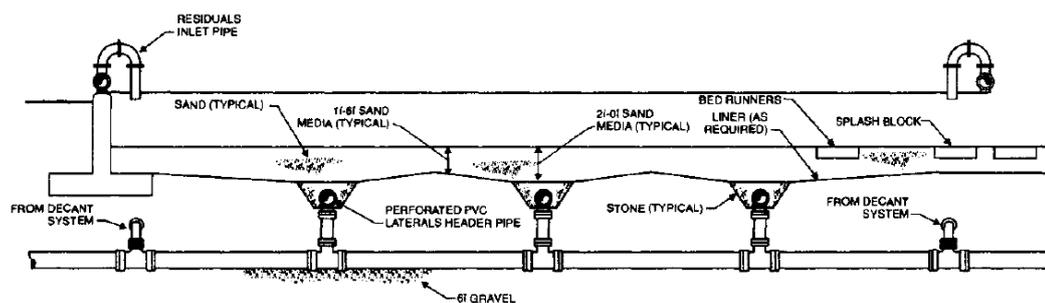


Perhitungan bak reservoir dilakukan menggunakan rumus penentuan besar umumnya. Namun, untuk penentuan waktu detensi digunakan selang antara waktu produksi dan waktu pelayanan. Waktu produksi mengacu pada di mana instalasi pengolahan air sedang dalam operasi aktif, untuk

memastikan pasokan air yang berkelanjutan biasanya waktu produksi selama 24 jam sehari atau terus-menerus. Sedangkan, waktu layanan adalah waktu pendistribusian air ke wilayah pelayanan, waktunya disesuaikan dengan kebutuhan wilayah layanan.

2.5.8 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed (SDB) adalah salah satu pengolahan lumpur dengan sistem *natural dewatering* yang memanfaatkan sinar matahari. SDB ini digunakan untuk pengeringan lumpur yang relatif stabil. Untuk pengeringan tergantung dari cuaca, terutama sinar matahari. SDB memiliki dua prinsip, yang pertama yaitu terjadi pengurangan kadar air pada lumpur melalui proses infiltrasi. Pada tahap ini kadar air dapat turun sampai 80%. Kedua, terjadi proses penguapan kandungan air pada lumpur. Pada tahap ini kadar air lumpur dapat turun sampai 60% (Metcalf dan Eddy, 2003 dalam Priambodo, 2016).



Sumber : AWWA, 1990

Gambar 9 *Sludge Drying Bed*

Padatan pada SDB hanya dapat dikuras dari bangunan SDB 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 *scraper* atau secara manual dan diangkat menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (Metcalf dan Eddy, 2003 dalam Priambodo, 2016). Perhitungan untuk bak SDB

1 seperti penentuan besar bak pada umumnya dengan memperhatikan debit yang dihasilkan di bak sedimentasi.



Tabel 12. Kriteria desain *sludge drying bed*

Uraian	Kriteria
Jumlah bak	3 – 4 bak
Ketebalan lapisan lumpur	300 – 450 mm
Kecepatan aliran lumpur dalam pipa	> 0,75 m/s
Ketebalan total kerikil	355 mm
Ketebalan lapisan pasir	300 mm
Rasio lebar : panjang	1 : 4

Sumber : SNI 7510:2011

2.6 Mass Balance

Mass balance / neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui (Wuryanti, 2016). Rumus perhitungan *mass balance* untuk pengolahan air adalah sebagai berikut (Amalia dkk, 2022).

Mass balance

$$C \text{ removal} = \% \text{ removal} \times C_{inf} \quad (84)$$

$$C_{eff} = C_{inf} - C \text{ removal} \quad (85)$$

dengan pengertian :

$C \text{ removal}$ = Kadar yang dihilangkan (mg/l)

$\% \text{ removal}$ = efisiensi *removal* (%)

C_{inf} = konsentrasi *influent* (mg/l)

C_{eff} = konsentrasi *effluent* (mg/l)

2.7 Head loss

Head loss atau kehilangan energi adalah energi yang hilang selama pengaliran dari titik awal sampai pada suatu titik yang diamati. *Head loss* terdiri atas 2 (dua) jenis, yaitu *head loss* mayor dan *head loss* minor. *Head loss* mayor terjadi akibat adanya



an zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas dan akan
 lkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang
head loss minor adalah kehilangan energi akibat perubahan penampang dan

aksesoris lainnya. Misalnya terjadi pada perubahan arah seperti pembelokan (*elbow*), bengkokan (*bends*), pembesaran tampang (*expansion*), serta pengecilan penampang (*contraction*). Kehilangan energi minor ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang pipa (Ritonga, 2017).

Menurut Standar Nasional Indonesia 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum, kehilangan energi dalam pipa tidak lebih dari 30% dari total *head* statis pada sistem transmisi dengan pemompaan. Untuk sistem gravitasi, kehilangan energi maksimum 5 m/1000 m atau 80% tekanan kerja sesuai dengan spesifikasi teknis pipa. *Head loss* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$H_f \text{ mayor} = \left(\frac{10.67 \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.87}} \right) \times L \quad (86)$$

$$H_f \text{ mayor} = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \quad (87)$$

$$H_f \text{ minor} = k \times \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right) \quad (88)$$

dengan pengertian :

- H_f = kehilangan energi (m)
- C = koefisien kekasaran pipa Hazen William
- Q = debit (m³/s)
- D = diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- k = koefisien *minor loss*
- v = kecepatan aliran (m/s)

2.8 Jurnal Penelitian Terdahulu

Tabel 13. Jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Sabrinatus nalia G., rnasari ndriratri, dan	Bangunan Pengolahan Air Minum (Sumber	Unit pengolahan air yang digunakan adalah <i>intake</i> , prasedimentasi, netralisasi, aerasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi 1,



No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Nur Anisah (2022)	Air Baku Sungai X)	sedimentasi 2, filtrasi, reservoir, dan <i>sludge drying bed</i> .
2	Adianda Putri Olvianti, Vanya Ardelia Augustasya, dan Rizqi Kurnia Putra (2021)	Bangunan Pengolahan Air Minum (Sumber Air Baku : Air Sungai Winongo, Yogyakarta)	Unit pengolahan air yang digunakan adalah <i>intake</i> , koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, reservoir, dan <i>sludge drying bed</i> .
3	Dian Retno Hapsari, Valentino Rizkiar P., dan Erditya Fauzan Thoriqul Haqq (2021)	Bangunan Pengolahan Air Minum (Sumber Air Baku : Sungai Krukut Jakarta Barat)	Unit pengolahan air yang digunakan adalah <i>intake</i> , prasedimentasi, koagulasi, flokulasi (<i>baffle channel</i>), sedimentasi, filtrasi (<i>rapid sand filter</i>), desinfeksi (injeksi klor), reservoir, dan <i>sludge drying bed</i> .
4	Farras Naufal Zingga (2018)	Bangunan Pengolahan Air Minum (Sumber Air Baku : Air Sungai)	Unit pengolahan air yang digunakan adalah <i>intake</i> , sumur pengumpul, bak penampung, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, reservoir, dan <i>sludge drying bed</i> .
5	Eko Ary Priambodo (2016)	Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh November	Kampus ITS memiliki potensi dalam pemanfaatan limpasan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air minum Kampus ITS dengan kualitas memenuhi standar air baku kelas 2. Unit pengolahan yang digunakan adalah <i>intake</i> , koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, reservoir, dan rumah pompa.

