



**UNMAS DENPASAR**

**Modul Kuliah** : *Detail Engineering Design (DED)*  
**Mata Kuliah** : **Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Bersih**  
**SKS** : **3 SKS**  
**Penyusun** : **Dr. I Made Wahyu Wijaya, ST**  
**Program Studi** : **Teknik Lingkungan**  
**Fakultas** : **Teknik**  
**Tahun Ajaran** : **2022/2023 (Genap)**

**MARET 2023**  
**UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR**

Modul Kuliah

Detail Engineering Design (DED)

Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Bersih (PBPAB)

Mata Kuliah : Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen : Dr. I Made Wahyu Wijaya, ST

NIDN : 0816089102

## DAFTAR ISI

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| DAFTAR ISI.....                                                     | i  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                              | 1  |
| BAB II PRINSIP DASAR PENGOLAHAN AIR.....                            | 2  |
| 2.1    Air Baku .....                                               | 2  |
| 2.2    Kebutuhan Air .....                                          | 2  |
| 2.1.1    Kebutuhan Air Domestik .....                               | 3  |
| 2.1.2    Kebutuhan Air Non Domestik .....                           | 3  |
| 2.3    Regulasi dan Standar .....                                   | 4  |
| 2.2.1    Kualitas Air Baku .....                                    | 4  |
| 2.2.2    Standar Kualitas Air Minum.....                            | 5  |
| BAB III PROSES DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR.....                    | 7  |
| 3.1 <i>Intake Building</i> .....                                    | 7  |
| 3.2 <i>Water Treatment Plant (WTP)</i> .....                        | 7  |
| 3.2.1    Koagulasi .....                                            | 7  |
| 3.2.2    Flokulasi.....                                             | 8  |
| 3.2.3    Sedimentasi .....                                          | 8  |
| 3.2.4    Filtrasi .....                                             | 8  |
| 3.2.5    Desinfeksi .....                                           | 8  |
| 3.3 <i>Reservoir</i> .....                                          | 8  |
| BAB IV DETAIL ENGINEERING DESIGN .....                              | 9  |
| 4.1    Data Dasar .....                                             | 9  |
| 4.2    Alternatif Pengolahan.....                                   | 9  |
| 4.3    Perhitungan Luas Area .....                                  | 9  |
| 4.4    Perhitungan Detail Unit.....                                 | 9  |
| 4.5    Perhitungan Profil Hidrolis .....                            | 10 |
| 4.6    Perhitungan Bill Of Quantity dan Rencana Anggaran Biaya..... | 10 |
| 4.7    Menyusun Layout IPAM.....                                    | 10 |
| BAB V STUDI KASUS.....                                              | 11 |
| BAB VI TUGAS.....                                                   | 17 |
| 6.1    Contoh Soal.....                                             | 17 |
| 6.2    Ketentuan Tugas Besar.....                                   | 17 |
| BAB VII REFERENSI .....                                             | 20 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Bagian ini memberikan gambaran umum tentang modul, tujuan, dan hasil pembelajaran yang diharapkan. Modul ini dirancang untuk membantu mahasiswa memahami tahapan detail engineering design (DED) dalam perencanaan bangunan pengolahan air bersih. Fokusnya adalah menghasilkan desain yang efisien, efektif, dan memenuhi standar lingkungan.

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tujuan Pembelajaran  | Mahasiswa memahami tentang prinsip dasar perhitungan DED Unit Bangunan Pengolahan Air Bersih                                                                                                                                                                                                                                      |
| Capaian Pembelajaran | <ul style="list-style-type: none"><li>- Menetapkan periode desain unit pengolahan air bersih</li><li>- Membuat diagram alir proses</li><li>- Menetapkan kriteria perencanaan</li><li>- Membuat hitungan awal unit-unit proses</li><li>- Menghitung kesetimbangan massa</li><li>- Merencanakan tata letak unit</li><li>-</li></ul> |
| Jumlah Pertemuan     | 3 kali pertemuan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## **BAB II**

### **PRINSIP DASAR PENGOLAHAN AIR**

Menguraikan dasar-dasar pengolahan air bersih termasuk air baku, kebutuhan air, regulasi, dan standar kualitas air yang relevan. Membahas aturan pemerintah dan standar kualitas air untuk memastikan sistem pengolahan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

#### **2.1 Air Baku**

Air baku adalah air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk kegunaan tertentu. Kegunaan air baku terbesar adalah untuk air minum. Dalam PP Nomor 16 tahun 2005 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, air baku air minum dapat dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu. Di antara sumber-sumber tersebut yang paling banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya.

Dalam memilih sumber air baku harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Kualitas air baku
- Volume (kuantitas) air baku
- Kondisi iklim di daerah sumber air baku
- Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
- Konstruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
- Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
- Elevasi muka air sumber mencukupi
- Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
- Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi. (Droste, 1997)

#### **2.2 Kebutuhan Air**

Kebutuhan air (*water requitments*) merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan dan air untuk pengelontoran kota (Robert JK dan Roestam Syarief, 2008). Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi per kapita (Kodoatie dan Sjarief, 2005).

### 2.1.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Perlu diketahui pula jumlah kebutuhan rata-rata air bersih per orang per hari, dimana dibedakan atas kategori kota dan perdesaan. Tingkat pemakaian air bersih secara umum ditentukan berdasarkan kebutuhan manusia untuk kehidupan sehari-hari.

Tabel 2.1 Kriteria Kebutuhan Air Domestik

| No. | Uraian                                            | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa) |                                      |                                        |                                   |                  |
|-----|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------|
|     |                                                   | > 1.000.000<br>Metro                             | 500.000 –<br>1.000.000<br>Kota Besar | 100.000 –<br>500.000<br>Kota<br>Sedang | 20.000 –<br>100.000<br>Kota Kecil | < 20.000<br>Desa |
| 1.  | Konsumsi Unit<br>Sambungan Rumah<br>(L/org/hari)  | 190                                              | 170                                  | 150                                    | 130                               | 100              |
| 2.  | Konsumsi Unit Hidran<br>Umum (L/org/hari)         | 30                                               | 30                                   | 30                                     | 30                                | 30               |
| 3.  | Konsumsi Unit Non<br>Domestik (L/org/hari) -<br>% | 20 – 30                                          | 20 – 30                              | 20 – 30                                | 20 – 30                           | 10 – 20          |
| 4.  | Kehilangan Air %                                  | 20 – 30                                          | 20 – 30                              | 20 – 30                                | 20 – 30                           | 20               |
| 5.  | Faktor Hari Maksimum                              | 1,1                                              | 1,1                                  | 1,1                                    | 1,1                               | 1,1              |
| 6.  | Faktor Jam Puncak                                 | 1,5                                              | 1,5                                  | 1,5                                    | 1,5                               | 1,5              |
| 7.  | Jumlah Jiwa per SR                                | 5                                                | 5                                    | 6                                      | 6                                 | 10               |
| 8.  | Jumlah Jiwa per HU                                | 100                                              | 100                                  | 100                                    | 100 – 200                         | 200              |
| 9.  | Sisa Tekan di Jaringan<br>Distribusi (mka)        | 10                                               | 10                                   | 10                                     | 10                                | 10               |
| 10. | Jam Operasi                                       | 24                                               | 24                                   | 24                                     | 24                                | 24               |
| 11. | Volume Reservoir                                  | 20                                               | 20                                   | 20                                     | 20                                | 20               |
| 12. | SR : HU                                           | 50 : 50 s.d.<br>80 : 20                          | 50 : 50 s.d.<br>80 : 20              | 80 : 20                                | 70 : 30                           | 70 : 30          |
| 13. | Cakupan Pelayanan*                                | **90                                             | 90                                   | 90                                     | 90                                | ***70            |

Sumber: Sarwoko M. Ir. "Penyediaan Air Bersih I"

Keterangan:

\*) tergantung survei proyek

\*\*) 60 % perpipaan ; 30 % non perpipaan

\*\*\*) 25 % perpipaan ; 45 % non perpipaan

### 2.1.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain penggunaan komersil dan industri yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri. Serta penggunaan umum yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan tempat-tempat ibadah. Kebutuhan ini bisa mencapai antara 20% – 25% dari total kebutuhan air domestik.

Tabel 2.2 Kriteria Kebutuhan Air Non Domestik

| No. | Uraian                                   | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa) |                                      |                                        |                                   |                      |
|-----|------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
|     |                                          | > 1.000.000<br>Metro                             | 500.000 –<br>1.000.000<br>Kota Besar | 100.000 –<br>500.000<br>Kota<br>Sedang | 20.000 –<br>100.000<br>Kota Kecil | < 20.000<br>Desa     |
| 1.  | Sekolah (L/murid/hari)                   | 10                                               | 10                                   | 10                                     | 10                                | 5                    |
| 2.  | Rumah Sakit<br>(L/temp.tdr/hari)         | 200                                              | 200                                  | 200                                    | 200                               | 200                  |
| 3.  | Puskesmas/BKIA<br>(m <sup>3</sup> /hari) | 2                                                | 2                                    | 2                                      | 2                                 | 1,2                  |
| 4.  | Masjid/Gereja<br>(m <sup>3</sup> /hari)  | 1 – 2                                            | 1 – 2                                | 1 – 2                                  | 1 – 2                             | 1 – 2                |
| 5.  | Kantor<br>(L/pegawai/hari)               | 10                                               | 10                                   | 10                                     | 10                                | 10                   |
| 6.  | Pasar (m <sup>3</sup> /ha/hari)          | 12                                               | 12                                   | 12                                     | 12                                | 12                   |
| 7.  | Hotel/Losmen<br>(L/temp.tdr/hari)        | 150                                              | 150                                  | 150                                    | 150                               | 90                   |
| 8.  | Rumah Makan<br>(L/temp.ddk/hari)         | 100                                              | 100                                  | 100                                    | 100                               | 100                  |
| 9.  | Komplek Militer<br>(L/orang/hari)        | 60                                               | 60                                   | 60                                     | 60                                | 60                   |
| 10. | Kawasan Industri<br>(L/dtk/hari)         | 0,2 – 0,8                                        | 0,2 – 0,8                            | 0,2 – 0,8                              | 0,2 – 0,8                         | 10<br>L/pekerja/hari |
| 11. | Kawasan Pariwisata<br>(L/dtk/hari)       | 0,1 – 0,3                                        | 0,1 – 0,3                            | 0,1 – 0,3                              | 0,1 – 0,3                         | 0,1 – 0,3            |

Sumber: Dirjen Cipta Karya DPU, 1998

## 2.3 Regulasi dan Standar

### 2.2.1 Kualitas Air Baku

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

### 2.2.2 Standar Kualitas Air Minum

Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air minum juga harus tidak mengandung kuman patogen. Tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat merugikan secara ekonomis. Air juga seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusi yang ada. Parameter wajib kualitas air minum yang diterapkan di pengolahan air minum mengacu pada PERMENKES No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Tabel 2.3 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

| No                                                         | Parameter                      | Satuan                   | Kadar Maksimum yang Diperbolehkan |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan       |                                |                          |                                   |
| A                                                          | Parameter mikrobiologi         |                          |                                   |
| 1                                                          | E. Coli                        | Jumlah per 100 mL sampel | 0                                 |
| 2                                                          | Total Bakteri E. Coli          | Jumlah per 100 mL sampel | 0                                 |
| B                                                          | Kimia anorganik                |                          |                                   |
| 1                                                          | Arsen                          | Mg/L                     | 0,01                              |
| 2                                                          | Fluorida                       | Mg/L                     | 1,5                               |
| 3                                                          | Total Kromium                  | Mg/L                     | 0,05                              |
| 4                                                          | Kadmium                        | Mg/L                     | 0,003                             |
| 5                                                          | Nitrit (NO <sub>2</sub> )      | Mg/L                     | 3                                 |
| 6                                                          | Nitrat (NO <sub>3</sub> )      | Mg/L                     | 50                                |
| 7                                                          | Sianida                        | Mg/L                     | 0,07                              |
| 8                                                          | Selenium                       | Mg/L                     | 0,01                              |
| Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan |                                |                          |                                   |
| A                                                          | Parameter fisik                |                          |                                   |
| 1                                                          | Bau                            |                          | Tidak berbau                      |
| 2                                                          | Warna                          | TCU                      | 12                                |
| 3                                                          | Total zat padat terlarut (TDS) | Mg/L                     | 500                               |
| 4                                                          | Kekeruhan                      | NTU                      | 5                                 |
| 5                                                          | Rasa                           |                          | Tidak berasa                      |
| 6                                                          | Suhu                           | °C                       | ± 3                               |
| B                                                          | Parameter kimiawi              |                          |                                   |

| No | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang Diperbolehkan |
|----|-----------|--------|-----------------------------------|
| 1  | Aluminium | Mg/L   | 0,2                               |
| 2  | Besi      | Mg/L   | 0,3                               |
| 3  | Kesadahan | Mg/L   | 500                               |
| 4  | Khlorida  | Mg/L   | 250                               |
| 5  | Mangan    | Mg/L   | 0,4                               |
| 6  | pH        | Mg/L   | 6,5 – 8,5                         |
| 7  | Seng      | Mg/L   | 3                                 |
| 8  | Sulfat    | Mg/L   | 250                               |
| 9  | Tembaga   | Mg/L   | 2                                 |
| 10 | Amonia    | Mg/L   | 1,5                               |

*Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Umum Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010*

## **BAB III**

### **PROSES DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR**

Membahas berbagai proses dan teknologi yang digunakan dalam pengolahan air bersih, meliputi *intake*, instalasi pengolahan air, dan *reservoir*.

#### **3.1 *Intake Building***

*Intake building* merupakan sebuah bangunan atau konstruksi pertama untuk masuknya air dari sumber air. Bangunan ini dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menyaring benda-benda asing yang ikut tergenang dalam air. Air yang berada di *intake building* ini selanjutnya akan masuk ke dalam bak besar yang nantinya akan dipompa ke bangunan selanjutnya.

#### **3.2 *Water Treatment Plant (WTP)***

*Water Treatment Plant (WTP)* atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku (*influent*) terkontaminasi untuk mendapatkan perawatan kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu atau siap untuk dikonsumsi. *Water Treatment Plant (WTP)* atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) merupakan sarana penting yang akan menghasilkan air bersih dan aman untuk dikonsumsi. Biasanya bangunan atau konstruksi ini terdiri dari 5 proses, yaitu: koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.

##### **3.2.1 Koagulasi**

Pada proses koagulasi dalam *Water Treatment Plant (WTP)* atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) dilakukan proses destabilisasi partikel koloid, karena pada dasarnya sumber air (air baku) biasanya berbentuk koloid dengan berbagai koloid yang terkandung didalamnya. Tujuan proses ini adalah untuk memisahkan air dengan partikel-partikel padatan yang terlarut di dalamnya. Proses destabilisasi ini dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia maupun dilakukan secara fisik dengan *rapid mixing* (pengadukan cepat), hidrolis (terjunan atau *hydrolic jump*), maupun secara mekanis (menggunakan batang pengaduk).

### 3.2.2 Flokulasi

Proses flokulasi pada *Water Treatment Plant* (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) bertujuan untuk membentuk dan memperbesar flok (pengotor yang terendapkan). Pada proses ini dilakukan pengadukan lambat (*slow mixing*), aliran air disini harus tenang. Untuk meningkatkan efisiensi biasanya ditambah dengan senyawa kimia yang mampu mengikat flok-flok. Poly Aluminium Chloride (PAC) adalah salah satu senyawa kimia untuk menjernihkan air biasa maupun air limbah. Koagulan yang paling umum digunakan adalah tawas  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

### 3.2.3 Sedimentasi

Proses sedimentasi menggunakan prinsip berat jenis, dan proses sedimentasi dalam *Water Treatment Plant* (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel koloid yang sudah didestabilisasi oleh proses sebelumnya (partikel koloid lebih besar berat jenisnya daripada air).

### 3.2.4 Filtrasi

Dalam *Water Treatment Plant* (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) proses filtrasi, sesuai dengan namanya bertujuan untuk penyaringan. Dalam teknologi membran proses filtrasi membran ada beberapa jenis, yaitu: *Multi Media Filter*, *UF (Ultrafiltration) System*, *NF (Nanofiltration) System*, *MF (Microfiltration) System*, *RO (Reverse Osmosis) System*.

### 3.2.5 Desinfeksi

Setelah melewati proses filtrasi dan air bersih dari pengotor, ada kemungkinan masih terdapat kuman dan bakteri yang hidup, sehingga diperlukan penambahan senyawa kimia dalam *Water Treatment Plant* (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang dapat mematikan kuman, biasanya berupa penambahan *chlor*, *ozonosasi*, *UV*, pemanasan, dll sebelum masuk ke konstruksi terakhir yaitu *reservoir*.

## 3.3 *Reservoir*

*Reservoir* berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bersih sebelum didistribusikan. *Reservoir* ini terletak di tempat dengan elevasi lebih tinggi. Selanjutnya untuk mendistribusikan air bersih tersebut, digunakan pipa-pipa dengan berbagai macam ukuran hingga air bersih dapat sampai kepada konsumen.

## **BAB IV**

### **DETAIL ENGINEERING DESIGN**

Proses pengumpulan data dasar dan analisis kebutuhan untuk merancang sistem pengolahan air bersih.

#### **4.1 Data Dasar**

Dalam perencanaan pengolahan air bersih, beberapa data dasar yang perlu dikumpulkan dan dianalisis meliputi perhitungan kebutuhan air untuk rumah tangga (domestik), non-domestik. Serta identifikasi sumber air baku yang akan digunakan, termasuk kualitas, kuantitas, dan kontinuitasnya. Termasuk data jumlah penduduk dan fasilitas umum.

#### **4.2 Alternatif Pengolahan**

Dalam proses pengolahan air bersih, penting untuk mempertimbangkan beberapa alternatif dalam pemilihan unit proses dan unit operasi yang akan digunakan. Selain itu, aspek efisiensi, kemudahan operasi, serta biaya juga harus diperhatikan. Pemilihan unit operasi harus sesuai dengan kebutuhan pengolahan air bersih dan anggaran yang tersedia.

#### **4.3 Perhitungan Luas Area**

Perhitungan luas area dalam perencanaan bangunan pengolahan limbah adalah proses untuk menentukan dimensi dan kapasitas unit-unit pengolahan yang diperlukan. Ini melibatkan estimasi ukuran fisik dari setiap unit proses berdasarkan volume air limbah yang akan diolah dan karakteristik limbah tersebut.

#### **4.4 Perhitungan Detail Unit**

Perhitungan detail unit adalah perhitungan dimensi bagi setiap unit proses agar sistem dapat diakomodasi dengan efisien. Selain itu, mengoptimalkan desain bangunan pengolahan limbah agar efisien dalam penggunaan ruang dan sumber daya, serta sesuai dengan standar teknis dan regulasi. Sehingga memberikan gambaran awal tentang biaya pembangunan, termasuk biaya konstruksi dan operasional.

#### **4.5 Perhitungan Profil Hidrolis**

Perhitungan profil hidrolis dilakukan untuk menetapkan posisi vertikal setiap unit IPAM pada lahan yang disediakan dengan cara menghitung kehilangan tekanan (*head loss*) akibat aliran dalam unit-unit IPAM ketika beroperasi. Tujuan lain pada perhitungan hidrolis adalah untuk menentukan lokasi ketinggian atau elevasi dari setiap unit IPAM yang akan dibangun.

Pada umumnya penetapan elevasi dilakukan secara mundur dimulai dari elevasi muka air di badan penerima sampai ke elevasi pipa pengumpul air limbah. Gambar profil hidrolis biasanya menggunakan gambar horizontal dan vertikal yang berbeda. Dalam proses analisis profil hidrolis diperhatikan tiga hal, yakni posisi elevasi muka air di setiap unit dan saluran, *head*, dan *head loss*.

#### **4.6 Perhitungan Bill Of Quantity dan Rencana Anggaran Biaya**

BOQ (*Bill of Quantity*) adalah perincian jumlah dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan di dalam perencanaan, sedangkan RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah biaya yang diperlukan dalam pengadaan peralatan dan biaya pembayaran tenaga kerja.

#### **4.7 Menyusun Layout IPAM**

*Plant layout* atau tata letak IPAM adalah susunan fisik unit pengolahan yang dirancang pada lokasi yang dipilih. Penetapan tata letak IPAL bertujuan untuk mengatur posisi spasial unit-unit yang ada beserta bangunan utilitas lainnya (gedung administrasi, gudang, dan lainnya). Hal ini sebagai gambaran fisik secara menyeluruh posisi IPAM, walaupun masih bersifat umum dan sementara. Pertimbangan tata letak IPAM meliputi:

1. Jarak dengan sumber air baku
2. Geometri lokasi IPAM
3. Topografi dan kontur lokasi untuk kemudahan pengaliran
4. Kondisi tanah dan pondasi, tahan terhadap bencana/bebas bencana (gempa, banjir, longsor)
5. Lokasi reservoir
6. Akses transportasi
7. Aksesibilitas untuk pekerja
8. Reliabilitas dan ekonomi operasional
9. Estetika dan lingkungan
10. Ketersediaan lahan untuk perluasan bangunan di masa yang akan datang

## BAB V

### STUDI KASUS

Membahas proses perhitungan yang digunakan dalam studi kasus.

Contoh Studi Kasus: Berdasarkan hasil proyeksi, jumlah penduduk Kecamatan Gianyar pada tahun 2039 sebanyak 110.376 jiwa, dan diketahui debit harian rata-rata ( $Q_{av}$ ) kebutuhan air bersih adalah 243,73 liter/detik. Maka debit harian maksimum ( $Q_{max}$ ):

$$\begin{aligned}Q_{max} &= f_{max} \times Q_{av} \\&= 1,2 \times 243,73 \\&= 292,47 \text{ liter/detik} \\&= 0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan desain teknik bangunan *intake* (*intake tower*):

#### 1. *Bar Screen*

Kriteria Desain (Susumu Kawamura, 1991):

- Saringan yang digunakan *Bell Mouth*
- Diameter batang (w) = 5 – 19 mm
- Jarak antar batang (b) = 5 – 7,5 mm
- Kecepatan aliran air saat melewati bar = (0,1 – 0,6) m/detik
- Letak pintu air = 0,6 m dari dasar
- Jarak vertikal antar pintu air = 3 – 4,5 m.

Kriteria perencanaan:

- $Q_{max}$  = 0,29247 m<sup>3</sup>/detik
- Kecepatan aliran air (v) = 0,5 m/detik
- Jarak antar batang (b) = 6 mm = 0,006 m
- Lebar pintu (L) = 3 m
- Diameter batang (w) = 10 mm = 0,01 mm

#### 2. Saringan *Bell Mouth*

Kriteria Desain (Al-layla, 1978):

- Kec. air melalui lubang saringan ( $vLs$ ) = (0,15 – 0,3) m/detik
- Diameter bukaan lubang (dbL) = 6 – 12 mm
- *Gross area*/luas total saringan = 2 x luas efektif saringan

Kriteria perencanaan:

- Kec. air melalui lubang saringan ( $vLs$ ) = 0,3 m/detik

- Diameter bukaan lubang (dbL) = 10 mm
- *Gross area*/luas total saringan = 2 x luas efektif saringan

*Perhitungan Bar Screen dan Bell Mouth*

| Parameter                        | Rumus                               | Perhitungan                                                        | Hasil                    | Satuan         |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|
| Lebar pintu (L)                  |                                     |                                                                    | 3                        | m              |
| Bar Screen                       |                                     |                                                                    |                          |                |
| Jumlah batang (n)                | $L = n \times w + (n + 1) \times b$ | $3 = n \times 0,01 + (n + 1) \times 0,006$                         | $187,13 \approx 187$     | batang         |
| Lebar bukaan total (L')          | $L' = L - n \times w$               | $L' = 3 - (187 \times 0,01)$                                       | 1,13                     | m              |
| Ac                               | $Ac = L' \times t$                  | $Ac = 1,13 \times 1$                                               | 1,13                     | m <sup>2</sup> |
| Cek kecepatan pada aliran batang | $V = \frac{Q}{Ac}$                  | $A = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,13 \text{ m}^2}$    | 0,26                     | m/detik        |
|                                  |                                     |                                                                    | OK                       |                |
| Saringan Bell Mouth              |                                     |                                                                    |                          |                |
| Luas efektif area (A)            | $A = \frac{Q}{v}$                   | $A = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,5 \text{ m/detik}}$ | 0,585                    | m <sup>2</sup> |
| Luas area semu (A')              | $A' = \frac{\pi d^2}{4}$            | $A' = \frac{3,14 \times 0,01^2}{4}$                                | $7,85 \times 10^{-5}$    | m <sup>2</sup> |
| Jumlah lubang pada saringan (n)  | $n = \frac{A}{A'}$                  | $n = \frac{0,585}{7,85 \times 10^{-5}}$                            | $7.425,23 \approx 7.425$ | buah           |
| Gross area                       | $A = 2 \times \text{luas efektif}$  | $A = 2 \times 0,585$                                               | 1,17                     | m <sup>2</sup> |

### 3. Pipa Air Baku

Kriteria Desain (Al-layla, 1978):

- Kecepatan air dalam pipa air baku = (0,6 – 1,5) m/detik
- Pipa air baku satu buah, diletakkan pada jarak 70 cm di bawah muka air minimum

Kriteria perencanaan:

- $Q_{\max}$  = 0,29247 m<sup>3</sup>/detik
- Kecepatan air dalam pipa air baku = 1,1 m/detik

### 4. Pipa Air Hisap

Kriteria Desain (Al-layla, 1978):

- Kecepatan air di pipa hisap = (1 – 1,5) m/detik
- Beda tinggi dari muka air minimum ke pusat pompa  $\leq 3,7$  m
- Jika muka air > dari muka air minimum, maka jarak pusat pompa ke muka air minimum < 4 m

Kriteria perencanaan:

- $Q_{\max}$  = 0,29247 m<sup>3</sup>/detik
- Kecepatan air di pipa hisap = 1,1 m/detik

Karena kecepatan pipa hisap dan pipa air baku yang ditetapkan sama, maka diameter pipa hisap dan air baku sama.

### Perhitungan Pipa Air Baku

| Parameter               | Rumus                               | Perhitungan                                                        | Hasil | Satuan  |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| Luas penampang pipa (A) | $A = \frac{Q}{v}$                   | $A = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,1 \text{ m/detik}}$ | 0,266 | m²      |
| Diameter pipa (d)       | $d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$ | $d = \sqrt{\frac{4 \times 0,266}{3,14}}$                           | 0,58  | m       |
| D pasaran               |                                     |                                                                    | 600   | mm      |
|                         |                                     |                                                                    | 0,6   | m       |
| Cek Perhitungan         |                                     |                                                                    |       |         |
| Luas penampang pipa (A) | $A = \frac{\pi d^2}{4}$             | $A = \frac{3,14 \times 0,6^2}{4}$                                  | 0,283 | m²      |
| Cek kecepatan (v)       | $v = \frac{Q}{A}$                   | $V = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,283 \text{ m}^2}$   | 1,03  | m/detik |
|                         |                                     |                                                                    | OK    |         |

#### 5. Sumur Pengumpul

Kriteria Desain (Al-layla, 1978):

- Minimal terdiri dari dua sumur pengumpul
- Waktu detensi (td) minimal 20 menit = 1.200 detik
- Jarak dasar sumur dari muka air minimum 1,52 m
- Tinggi *foot valve* dari dasar sumur 0,6 m
- Tebal dinding dan sumur dan lantai 20 cm
- *Freeboard* 0,5 m
- $Q_{\max} = 0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kemiringan dasar sumur 10 – 20%
- Sumur pengumpul dilengkapi dengan *flow meter*
- Dasar sumur minimum 1 m di bawah permukaan sungai

Kriteria Perencanaan:

- Waktu detensi (td) = 1.200 detik
- $Q_{\max} = 0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Muka air maksimum = 5,5 m
- Muka air minimum = 4 m
- Jarak dasar sumur dari muka air minimum = 1,52 m
- Jarak muka tanah dengan muka air maksimum = 0,48 m
- *Freeboard* = 0,5 m

### Perhitungan Sumur Pengumpul

| Parameter                                  | Rumus                                                                               | Perhitungan                                                      | Hasil        | Satuan                |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Jumlah bak                                 |                                                                                     |                                                                  | 2            | buah                  |
| Debit (Q)                                  | $Q = \frac{Q_{\max}}{2}$                                                            | $A = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{2}$                 | 0,146        | m <sup>3</sup> /detik |
| Volume (V)                                 | $V = Q \times t_d$                                                                  | $V = 0,146 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1.200 \text{ detik}$  | 175,48 ≈ 176 | m <sup>3</sup>        |
| Kedalaman efektif (HE)                     | He =<br>muka air max<br>– muka air min<br>+ jarak dasar<br>sumur ke muka<br>air min | He = 5,5 m –<br>4 m + 1,52 m                                     | 3,02         | m                     |
| Luas dasar (As)                            | $As = \frac{V}{He}$                                                                 | $As = \frac{176 \text{ m}^3}{3,02 \text{ m}}$                    | 58,28        | m <sup>2</sup>        |
| Dimensi dasar sumur                        | $s = \sqrt{As}$                                                                     | $s = \sqrt{58,28 \text{ m}^2}$                                   | 7,63         | m                     |
| Panjang = lebar                            |                                                                                     |                                                                  | 3            | m                     |
| Tinggi (t)                                 | t = He + jarak<br>muka tanah<br>dgn muka air max<br>+ freeboard                     | t = 3,02 m +<br>0,48 m + 0,5 m                                   | 4            | m                     |
| Pipa <i>outlet</i> = D <sub>air baku</sub> |                                                                                     |                                                                  | 600          | mm                    |
| Pipa Penguras                              |                                                                                     |                                                                  |              |                       |
| Luas penampang pipa (A)                    | $A = \frac{Q}{v}$                                                                   | $A = \frac{0,146 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}}$ | 0,0973       | m <sup>2</sup>        |
| Diameter pipa (d)                          | $d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$                                                 | $d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0973}{3,14}}$                        | 0,352        | m                     |
| D pasaran                                  |                                                                                     |                                                                  | 400          | mm                    |
|                                            |                                                                                     |                                                                  | 0,4          | m                     |
| Cek Perhitungan                            |                                                                                     |                                                                  |              |                       |
| Luas penampang pipa (A)                    | $A = \frac{\pi d^2}{4}$                                                             | $A = \frac{3,14 \times 0,4^2}{4}$                                | 0,1256       | m <sup>2</sup>        |
| Cek kecepatan (v)                          | $v = \frac{Q}{A}$                                                                   | $V = \frac{0,146 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,1256 \text{ m}^2}$  | 1,16         | m/detik               |
|                                            |                                                                                     |                                                                  | OK           |                       |

#### 6. Intake

Kriteria Desain (Susumu Kawamura, 1991):

- Tebal dinding dan lantai 20 cm
- Jenis pompa yaitu sentrifugal, yang terdiri dari dua buah. Satu beroperasi, satu lagi sebagai cadangan
- Dilengkapi dengan rumah pompa
- Puncak intake berada 1,5 m di atas muka air maksimum

#### 7. Transmisi

Kriteria Desain (Al-layla, 1978):

- Kecepatan air = (0,6 – 1,2) m/detik
- Tekanan di dalam pipa = (1,8 – 2,8) kg/cm<sup>2</sup>
- Tekanan di dalam pipa untuk pemadam kebakaran = 4,2 kg/cm<sup>2</sup>

- Tekanan di dalam pipa untuk wilayah komersil = 5,3 kg/cm
- Tebal tanah penutup untuk pipa di bawah jalan raya = min 90 cm
- Tebal tanah penutup untuk pipa di bawah trotoar = min 75 cm

Kriteria Perencanaan:

- $Q_{\max}$  = 0,29247 m<sup>3</sup>/detik
- Kecepatan pipa transmisi (v) = 1,1 m/detik

#### Perhitungan Pipa Transmisi

| Parameter               | Rumus                               | Perhitungan                                                        | Hasil | Satuan  |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| Luas penampang pipa (A) | $A = \frac{Q}{v}$                   | $A = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,1 \text{ m/detik}}$ | 0,266 | m²      |
| Diameter pipa (d)       | $d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$ | $d = \sqrt{\frac{4 \times 0,266}{3,14}}$                           | 0,58  | m       |
| D pasaran               |                                     |                                                                    | 600   | mm      |
|                         |                                     |                                                                    | 0,6   | m       |
| Cek Perhitungan         |                                     |                                                                    |       |         |
| Luas penampang pipa (A) | $A = \frac{\pi d^2}{4}$             | $A = \frac{3,14 \times 0,6^2}{4}$                                  | 0,283 | m²      |
| Cek kecepatan (v)       | $v = \frac{Q}{A}$                   | $V = \frac{0,29247 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,283 \text{ m}^2}$   | 1,03  | m/detik |
|                         |                                     |                                                                    | OK    |         |

#### 8. Pompa Hisap *Intake*

Kriteria Desain (Al-Layla, 1978):

- Faktor gesekan pipa = 0,03
- Konstanta pipa masuk = 0,5
- Konstanta pipa keluar = 1
- Konstanta Bend 90° = 0,7
- Konstanta Tee = 1,5
- Konstanta valve = 0,2
- Jarak dari pompa ke IPA = 600 m
- Jumlah pompa 2 (dua) buah; satu beroperasi, satu lagi cadangan

Kriteria Perencanaan:

- Diameter pipa tekan (Dd) = 0,2 m
- Diameter pipa hisap (Ds) = 0,2 m
- Kecepatan air di pipa tekan (vd) = 1,2 m/detik
- Kecepatan air di pipa hisap (vs) = 1,2 m/detik
- $Q_{\max}$  = 0,29247 m<sup>3</sup>/detik = 17,5482 m<sup>3</sup>/menit
- $\gamma$  = 1 kg/L
- Konstanta pipa masuk = 0,5

- Konstanta pipa keluar = 1
- Konstanta Bend 90° = 0,7
- Konstanta Tee = 1,5
- Konstanta valve = 0,2
- Jarak dari pompa ke IPA = 600 m
- $\eta$  = 75%
- Sisa tekan = 5 m

Perhitungan Head Pompa *Intake*:

Hfd1 : kerugian gesek dari pompa ke muka air di *intake*

Hfd2 : kerugian gesek dari muka air di *intake* ke IPA

$$\begin{aligned}
 H_{fd1} &= \frac{f \times L \times V_d^2}{2g \times D_d} \\
 &= \frac{0,03 \times 6 \text{ m} \times (1,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,2 \text{ m}} \\
 &= 0,066 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{fd2} &= \frac{f \times L \times V_d^2}{2g \times D_d} \\
 &= \frac{0,03 \times (600 \text{ m} + 6 \text{ m}) \times (1,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,2 \text{ m}} \\
 &= 6,671 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{md} &= H_{md} \text{ Bend} + H_{md} \text{ valve} + H_{md} \text{ Tee} \\
 &= K. \text{ Bend } 90^\circ \times \frac{v^2}{2g} + K. \text{ valve} \times \frac{v^2}{2g} + K. \text{ Tee} \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,7 \times \frac{(1,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} + 0,2 \times \frac{(1,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} + 1,5 \times \frac{(1,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
 &= 0,176 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_t &= 0,066 \text{ m} + 6,671 \text{ m} + 0,176 \text{ m} \\
 &= 6,913 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## **BAB VI**

### **TUGAS**

Memuat soal dan ketentuan tugas besar PBPAM.

#### **6.1 Contoh Soal**

1. Unit instalasi pengolahan air minum salah satunya terdiri dari bangunan penyadap,
  - a. Apa yang dimaksud dengan *intake*?
  - b. Hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan *intake*? Apa yang saudara ketahui tentang prasedimentasi dan pada unit prasedimentasi dibagi menjadi empat zona, sebutkan dan jelaskan!
2. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid akibat netralisasi muatan elektrostatik dengan penambahan koagulan.
  - a. Sebutkan koagulan yang dapat digunakan dalam proses pengolahan air minum!
  - b. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi proses koagulasi?
3. Jelaskan apa yang saudara ketahui tentang sedimentasi dan berapa proses pengendapan yang ada pada sedimentasi?
4. Buatlah diagram alir proses pengolahan air sungai secara lengkap!

#### **6.2 Ketentuan Tugas Besar**

COVER

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR ASISTENSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.2 Maksud dan Tujuan

1.3 Ruang Lingkup

1.4 Manfaat

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- 2.1 Kebutuhan Air
  - 2.1.1 Kebutuhan Air Domestik
  - 2.1.2 Kebutuhan Air Non Domestik
- 2.2 Kualitas Air Baku
- 2.3 Proses Pengolahan Air
- 2.4 Rencana Desain
  - 2.4.1 Bangunan Pengambil Air Baku (Intake)
  - 2.4.2 Prasedimentasi
  - 2.4.3 Koagulasi
  - 2.4.4 Flokulasi
  - 2.4.5 Sedimentasi
  - 2.4.6 Filtrasi
  - 2.4.7 Desinfeksi
  - 2.4.8 Reservoir

## BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH

- 3.1 Umum
- 3.2 Topografi
- 3.3. Iklim
- 3.4 Aspek Sosial Ekonomi dan Budaya
  - 3.4.1 Tata Guna Lahan
  - 3.4.2 Kependudukan
- 3.5 Fasilitas Perkotaan
  - 3.5.1 Sarana Pendidikan
  - 3.5.2 Sarana Kesehatan
  - 3.5.3 Sarana Peribatan
  - 3.5.4 Sarana Perdagangan
- 3.6 Kuaitas Air Baku
- 3.7 Debit Air Baku

## BAB IV RENCANA DASAR

- 4.1 Kebutuhan Air
  - 4.1.1 Kebutuhan Air Domestik (Qd)
  - 4.1.2 Kebutuhan Air Non Domestik (Qnd)
  - 4.1.3 Kebutuhan Air Bersih Total

|         |       |                                                                         |
|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------|
|         | 4.2   | Pentahapan IPAM dan Rencana Kapasitas Unit                              |
|         | 4.3   | Analisis Kualitas Air Baku                                              |
|         | 4.4   | Alternatif Unit Operasi dan Unit IPAM                                   |
|         | 4.4.1 | Alternatif Pengolahan I                                                 |
|         | 4.4.2 | Alternatif Pengolahan II                                                |
|         | 4.4.3 | Alternatif Pengolahan III                                               |
|         | 4.5   | Diagram Skema PBPAB                                                     |
|         | 4.6   | Bangunan Penunjang                                                      |
|         | 4.6.1 | Pos Satpam                                                              |
|         | 4.6.2 | Kantor                                                                  |
|         | 4.6.3 | Laboratorium                                                            |
|         | 4.6.4 | Ruang Terbuka Hijau                                                     |
|         | 4.6.5 | Gudang                                                                  |
|         | 4.6.6 | Tempat Parkir                                                           |
|         | 4.6.7 | Jalan Akses                                                             |
| BAB V   |       | PERHITUNGAN DESAIN TEKNIK                                               |
|         | 5.1   | Umum (memuat data kualitas air, skema bangunan pengolahan yang dipilih) |
|         | 5.2   | Perhitungan Desain Teknik                                               |
|         | 5.2.1 | Intake                                                                  |
|         | 5.2.2 | Koagulasi                                                               |
|         | 5.2.3 | Flokulasi                                                               |
|         | 5.2.4 | Sedimentasi                                                             |
|         | 5.2.5 | Filtrasi                                                                |
|         | 5.2.6 | Desinfeksi                                                              |
| BAB VI  |       | BOQ DAN RAB                                                             |
|         | 6.1   | Rencana Anggaran                                                        |
|         | 6.2   | Perhitungan BOQ dan RAB                                                 |
| BAB VII |       | PENUTUP                                                                 |
|         | 7.1   | Kesimpulan                                                              |
|         | 7.2   | Saran                                                                   |
|         |       | DAFTAR PUSTAKA                                                          |
|         |       | LAMPIRAN                                                                |

## **BAB VII**

### **REFERENSI**

1. Hammer, M.J. and Hammer, M.J. Jr., "Water and Wastewater Technology"
2. Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. 2000. Water Work Engineering: Planning, Design & Operation. Texas: Prentice Hall PTR.
3. Reynolds. 1982. Unit Operation and Processes in Environmental Engineering. California: Texas A&M University, Brook/Cole Engineering Division.
4. Sarwoko, M. 1985. Penyediaan Air Bersih. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
5. Schulz, C.R. and Okun, D.A. 1984. Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries. NewYork: John Wiley and Sons.
6. Tambo, Narihito. 1974. Water Treatment Engineering. Japan International Corporation, Tokyo.
7. Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 6774: Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.
8. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
9. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
10. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum