

# **PENGELOLAAN LIMBAH CAIR**

**Samuel Marganda Halomoan Manalu**

**Lisma Luciana**

**Sariwahyuni**

**Wayan Budiarsa Suyasa**

**Alianto**

**Bambang Suhartawan**

**Isran Asnawi**

**Andi Asdiana Irma Sari Yusuf**

**Lieza Corsita**

**Syardah Ugra Al Adawiyah**

**Th. Teddy Bambang S**



**GET PRESS INDONESIA**

# **PENGELOLAAN LIMBAH CAIR**

## **Penulis :**

Samuel Marganda Halomoan Manalu

Lisma Luciana

Sariwahyuni

Wayan Budiarsa Suyasa

Alianto

Bambang Suhartawan

Isran Asnawi

Andi Asdiana Irma Sari Yusuf

Lieza Corsita

Syardah Ugra Al Adawiyah

Th. Teddy Bambang S

## **ISBN :**

**Editor :** Mila Sari, S.ST. M.Si

**Penyunting :** Rantika Maida Sahara, S.Tr. Kes

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Atyka Trianisa, S.Pd

**Penerbit :** GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah

Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)

Email : [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, November 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pengelolaan Limbah Cair ini.

Buku ini membahas Pengantar Pengelolaan Limbah Cair (Pengertian, Sumber dan Karakteristik), Penggolongan Pengelolaan Limbah Cair, Sampel Limbah Cair untuk Parameter Fisika, Sampel Limbah Cair untuk parameter Mikrobiologi, Sampel Limbah Cair untuk Parameter Kimia, Prosedur Penanganan Limbah Cair, Sistem Pengolahan Limbah Cair, Strategi dan Standar baku mutu limbah cair, penyakit yang ditularkan melalui limbah cair, Perencanaan Jaringan Penyaluran Limbah Cair Hb, Laju Air Limbah (Aliran limbah dan metode perhitungan laju air limbah).

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, November 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                  | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                      | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                   | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                    | <b>ix</b>  |
| <b>BAB 1 PENGELOLAAN LIMBAH CAIR.....</b>                    | <b>1</b>   |
| 1.1 Pendahuluan.....                                         | 1          |
| 1.2 Air Limbah Domestik dan Industri.....                    | 1          |
| 1.3 Pengelolaan Air Limbah Domestik.....                     | 2          |
| 1.4 Karakteristik Air Limbah Industri .....                  | 3          |
| 1.5 Sumber Limbah.....                                       | 3          |
| 1.5.1 Industri Besi dan Baja.....                            | 3          |
| 1.5.2 Industri Pelapisan Logam.....                          | 4          |
| 1.5.3 Industri Perminyakan .....                             | 5          |
| 1.5.4 Industri Petrokimia.....                               | 5          |
| 1.5.5 Industri Kimia Organik Kompleks .....                  | 6          |
| 1.5.6 Industri Pulp.....                                     | 7          |
| 1.5.7 Industri Zat Pewarna .....                             | 8          |
| 1.5.8 Industri Bir .....                                     | 8          |
| 1.5.9 Industri Alkohol.....                                  | 9          |
| 1.5.10 Industri Kosmetik dan Farmasi .....                   | 10         |
| 1.5.11 Industri Pertambangan.....                            | 11         |
| 1.5.12 Industri Makanan .....                                | 11         |
| 1.5.13 Industri Perikanan dan Pertanian.....                 | 12         |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                          | 14         |
| <b>BAB 2 PENGKOLONGAN PENGELOLAAN</b>                        |            |
| <b>LIMBAH CAIR.....</b>                                      | <b>15</b>  |
| 2.1 Limbah cair Berdasarkan Sumbernya:.....                  | 16         |
| 2.2 Limbah cair Berdasarkan sifatnya.....                    | 17         |
| 2.3 Limbah cair Berdasarkan Komposisi Kimianya .....         | 19         |
| 2.4 Limbah cair Berdasarkan Tujuan Pengelolaan .....         | 21         |
| 2.4.1 Pengolahan Primer ( <i>Pretreatment</i> ) .....        | 21         |
| 2.4.2 Pengolahan Sekunder:.....                              | 22         |
| 2.4.3 Pengolahan Tersier ( <i>Advanced Treatment</i> ) ..... | 23         |
| 2.4.4 Penggunaan Kembali ( <i>Reuse</i> ).....               | 25         |
| 2.4.5 Pembuangan Ke Lingkungan.....                          | 26         |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.6 Pengelolaan Limbah Beracun ( <i>Hazardous Waste Management</i> ):.....               | 27        |
| 2.4.7 Pengelolaan Banjir ( <i>Flood Management</i> ): .....                                | 28        |
| 2.4.8 Pengelolaan Sumber Daya Air ( <i>Water Resource Management</i> ): .....              | 28        |
| 2.5 Limbah cair Berdasarkan lokasi pengelolaan .....                                       | 28        |
| 2.7 Limbah Cair Berdasarkan Metode Pengolahan .....                                        | 30        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                        | 33        |
| <b>BAB 3 SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK</b>                                                      |           |
| <b>PARAMETER FISIKA .....</b>                                                              | <b>35</b> |
| 3.1 Parameter fisika pengujian limbah cair .....                                           | 35        |
| 3.1.1 Warna Air .....                                                                      | 35        |
| 3.1.2 Turbiditas .....                                                                     | 36        |
| 3.1.3 Suhu Air.....                                                                        | 37        |
| 3.1.4 Kecerahan.....                                                                       | 38        |
| 3.1.5 Padatan Tersuspensi .....                                                            | 39        |
| 3.2 Cara pengambilan sampel limbah cair untuk parameter fisika.....                        | 39        |
| 3.2.1 Persiapan di laboratorium .....                                                      | 39        |
| 3.2.2 Pemeriksaan di lapangan.....                                                         | 40        |
| 3.2.3 Pengambilan contoh sampel limbah cair .....                                          | 41        |
| 3.3 Prosedur Kerja.....                                                                    | 44        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                        | 46        |
| <b>BAB 4 SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK</b>                                                      |           |
| <b>PARAMETER MIKROBIOLOGI .....</b>                                                        | <b>47</b> |
| 4.1 Kegiatan -Usaha Terkait Pencemaran Mikrobiologi .....                                  | 47        |
| 4.2 Metode, peralatan dan lokasi Pengambilan Contoh untuk Uji Parameter Mikrobiologi ..... | 51        |
| 4.3 Penyiapan dan pelaksanaan pengambilan contoh air .....                                 | 58        |
| 4.4 Pengambilan contoh terkait jenis air .....                                             | 62        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                        | 69        |
| <b>BAB 5 SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK</b>                                                      |           |
| <b>PARAMETER KIMIA .....</b>                                                               | <b>71</b> |
| 5.1 Pendahuluan .....                                                                      | 71        |
| 5.2 Lokasi Pengambilan Sampel.....                                                         | 72        |
| 5.2.1 Sumber Yang Dilengkapi IPAL .....                                                    | 72        |
| 5.2.2 Sumber Yang Tidak Dilengkapi IPAL .....                                              | 73        |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3 Prosedur Pengambilan Sampel.....                             | 74         |
| 5.3.1 Wadah Untuk Mengambil dan Menyimpan<br>Sampel.....         | 74         |
| 5.3.2 Mempersiapkan Wadah.....                                   | 75         |
| 5.3.3 Menyiapkan Wadah Untuk Bahan Organik<br>dan Nutrien .....  | 75         |
| 5.4 Pengukuran Parameter Kimia .....                             | 76         |
| 5.4.1 pH .....                                                   | 76         |
| 5.4.2 DO .....                                                   | 76         |
| 5.4.3 BOD .....                                                  | 79         |
| 5.4.4 COD.....                                                   | 80         |
| 5.4.5 Total Nitrogen dan Fosfat.....                             | 81         |
| 5.4.6 Amonia.....                                                | 83         |
| 5.4.7 Nitrit .....                                               | 84         |
| 5.4.8 Nitrat.....                                                | 85         |
| 5.4.9 Ortofosfat.....                                            | 86         |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                              | 88         |
| <b>BAB 6 PROSEDUR PENGELOLAAN LIMBAH<br/>CAIR DOMESTIK .....</b> | <b>91</b>  |
| 6.1 Pendahuluan .....                                            | 91         |
| 6.2 Karakteristik Limbah Cair .....                              | 92         |
| 6.2.1 Karakteristik Fisika .....                                 | 92         |
| 6.2.2 Karakteristik Kimia .....                                  | 93         |
| 6.2.3 Karakteristik Biologi.....                                 | 94         |
| 6.3 Sistem Pengelolaan Limbah Cair.....                          | 95         |
| 6.3.1 Pengelolaan primer ( <i>Primary treatment</i> ).....       | 95         |
| 6.3.2 Pengelolaan sekunder ( <i>Secondary treatment</i> ).....   | 95         |
| 6.3.3 Pengelolaan tersier ( <i>Tertiary treatment</i> ) .....    | 96         |
| 6.4 Metode Pengelolaan Limbah Cair .....                         | 97         |
| 6.4.1 Pengelolaan secara fisika .....                            | 98         |
| 6.3.2 Pengelolaan secara kimia .....                             | 99         |
| 6.3.3 Pengelolaan secara biologi .....                           | 100        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                              | 101        |
| <b>BAB 7 SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR .....</b>                 | <b>103</b> |
| 7.1 Prinsip Pengolahan Limbah Cair .....                         | 103        |
| 7.2 Pengolahan Secara Fisika .....                               | 106        |
| 7.2.1 Sedimentasi.....                                           | 106        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.2 Ekualisasi dan Skrining .....                                                       | 107        |
| 7.2.3 Flotasi.....                                                                        | 107        |
| 7.2.4 Filtrasi.....                                                                       | 108        |
| 7.3 Pengolahan Secara Kimia .....                                                         | 111        |
| 7.3.1 Koagulasi Flokulasi .....                                                           | 111        |
| 7.3.2 Desinfeksi.....                                                                     | 112        |
| 7.3.3 Netralisasi.....                                                                    | 113        |
| 7.3.4 Penukar Ion.....                                                                    | 114        |
| 7.4 Pengolahan Secara Biologi.....                                                        | 115        |
| 7.4.1 Lumpur Aktif.....                                                                   | 115        |
| 7.4.2 Reaktor Biologis Putar .....                                                        | 116        |
| 7.4.3 Filter Resapan.....                                                                 | 117        |
| 7.5 Waste Water Treatment Plant.....                                                      | 117        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                       | 120        |
| <b>BAB 8 STRATEGI PENGOLAHAN DAN STANDAR</b>                                              |            |
| <b>BAKU MUTU LIMBAH CAIR.....</b>                                                         | <b>123</b> |
| 8.1 Strategi Pengolahan Limbah Cair .....                                                 | 123        |
| 8.1.1 Pengumpulan dan Perlakuan Awal Pengolahan<br>( <i>Preliminary Treatment</i> ) ..... | 123        |
| 8.1.2 Pengolahan Primer .....                                                             | 125        |
| 8.1.3 Pengolahan Sekunder: .....                                                          | 127        |
| 8.1.4 Pengolahan Tersier: .....                                                           | 128        |
| 8.1.5 Pengolahan Lumpur Aktif .....                                                       | 129        |
| 8.1.6 Monitoring dan Pemantauan .....                                                     | 130        |
| 8.1.7 Penyaluran atau Pembuangan.....                                                     | 131        |
| 8.2 Standar Baku Mutu Limbah Cair .....                                                   | 132        |
| 8.2.1 pH.....                                                                             | 135        |
| 8.2.2 Kandungan Logam Berat.....                                                          | 136        |
| 8.2.3 Bahan Kimia Berbahaya.....                                                          | 137        |
| 8.2.4 Bakteri dan Mikroorganisme .....                                                    | 137        |
| 8.2.5 Bahan Tersuspensi dan Terlarut Lainnya .....                                        | 137        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                       | 139        |
| <b>BAB 9 PENYAKIT YANG DITULARKAN MELALUI</b>                                             |            |
| <b>LIMBAH CAIR .....</b>                                                                  | <b>143</b> |
| 9.1 Pendahuluan .....                                                                     | 143        |
| 9.2 Klasifikasi Penyakit Air.....                                                         | 144        |
| 9.2.1 Penyakit yang ditularkan oleh air.....                                              | 145        |

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.2.2 Penyakit yang disebabkan oleh Air .....                                      | 146        |
| 9.2.3 Penyakit Berbasis Air.....                                                   | 147        |
| 9.2.4 Penyakit Berbasis Vektor Serangga.....                                       | 147        |
| 9.3 Analisis Bakteriologi Air.....                                                 | 148        |
| 9.3.1 Fermentasi Tabung Ganda (MTF) atau Teknik<br>Angka Paling Mungkin (MPN)..... | 149        |
| 9.3.2 Metode Teknologi Substrat Yang<br>Ditentukan (DST) .....                     | 150        |
| 9.4 Metode Molekuler .....                                                         | 151        |
| 9.5 Strategi Memerangi Penyakit Air pada Negara<br>Berkembang.....                 | 151        |
| 9.5.1 Air yang mengandung virus.....                                               | 151        |
| 9.5.2 Air yang mengandung Bakteri .....                                            | 152        |
| 9.5.3 Kontaminasi bahan kimia pada air .....                                       | 154        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                | 157        |
| <b>BAB 10 PERENCANAAN JARINGAN PENYALURAN</b>                                      |            |
| <b>LIMBAH CAIR.....</b>                                                            | <b>159</b> |
| 10.1 Pendahuluan .....                                                             | 159        |
| 10.2 Sistem Penyaluran Limbah Cair .....                                           | 159        |
| 10.3 Jenis-jenis Sistem Penyaluran Limbah Cair .....                               | 161        |
| 10.4 Perencanaan Sistem Penyaluran Limbah Cair .....                               | 167        |
| 10.5 Pengaliran Limbah Cair Melalui Perpipaian .....                               | 169        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                | 171        |
| <b>BAB 11 LAJU AIR LIMBAH (ALIRAN LIMBAH</b>                                       |            |
| <b>DAN METODE PERHITUNGAN LAJU AIR LIMBAH).....</b>                                | <b>173</b> |
| 11.1 Pendahuluan.....                                                              | 173        |
| 11.2 Pengertian Air Limbah .....                                                   | 173        |
| 11.3 Sumber Air Limbah.....                                                        | 174        |
| 11.4 Karakteristik Limbah.....                                                     | 174        |
| 11.5 Baku Mutu Air .....                                                           | 176        |
| 11.6 Debit Air Limbah.....                                                         | 177        |
| 11.7 Sistem Penyaluran Air Limbah.....                                             | 178        |
| 11.8 Perhitungan Debit Air Limbah .....                                            | 180        |
| 11.9 Perencanaan Sistem Perpipaian Air Limbah.....                                 | 183        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                | 188        |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                                                             |            |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 1.1.</b> Industri Besi dan Baja .....                                              | 4  |
| <b>Gambar 1.2.</b> Industri Pelapisan Logam .....                                            | 5  |
| <b>Gambar 1.3.</b> Industri Perminyakan.....                                                 | 5  |
| <b>Gambar 1.4.</b> Industri Petrokimia .....                                                 | 6  |
| <b>Gambar 1.5.</b> Industri Kimia Organik Kompleks.....                                      | 7  |
| <b>Gambar 1.6.</b> Industri Pulp .....                                                       | 8  |
| <b>Gambar 1.7.</b> Limbah Industri Zat Pewarna.....                                          | 8  |
| <b>Gambar 1.8.</b> Industri Bir .....                                                        | 9  |
| <b>Gambar 1.9.</b> Industri Alkohol .....                                                    | 10 |
| <b>Gambar 1.10.</b> Industri Kosmetik dan Farmasi .....                                      | 10 |
| <b>Gambar 1.11.</b> Industri Pertambangan .....                                              | 11 |
| <b>Gambar 1.12.</b> Industri Makanan .....                                                   | 12 |
| <b>Gambar 1.13.</b> Industri Pertanian .....                                                 | 13 |
| <b>Gambar 3.1.</b> <i>Secchi Disk</i> alat untuk mengukur tingkat<br>kecerahan perairan..... | 38 |
| <b>Gambar 3.2.</b> Alat uji multiparameter .....                                             | 41 |
| <b>Gambar 3.3.</b> Lokasi dan titik pengambilan sampel<br>air limbah industri .....          | 42 |
| <b>Gambar 4.1.</b> Pengambilan contoh dengan merawas .....                                   | 60 |
| <b>Gambar 4.2.</b> Pengambilan contoh dengan pemberat<br>pada kedalaman air .....            | 60 |
| <b>Gambar 4.3.</b> Alat pengambil contoh sediment pada<br>kedalaman .....                    | 61 |
| <b>Gambar 4.4.</b> Acuan titik pengambilan contoh air<br>permukaan .....                     | 65 |
| <b>Gambar 4.5.</b> Acuan titik pengambilan contoh air<br>Danau/waduk.....                    | 66 |
| <b>Gambar 4.6.</b> Acuan titik pengambilan contoh air tanah .....                            | 66 |
| <b>Gambar 4.7.</b> Acuan pengambilan contoh pada Sungai<br>berdasarkan debit.....            | 67 |
| <b>Gambar 4.8.</b> Acuan pengambilan contoh<br>vertical/kedalaman .....                      | 68 |
| <b>Gambar 5.1.</b> Titik pengambilan sampel pada influen<br>dan efluen IPAL.....             | 73 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 5.2.</b> Prosedur pengukuran sampel sampel limbah cair. ....                    | 84  |
| <b>Gambar 6.1.</b> Pengelolaan Limbah Cair .....                                          | 91  |
| <b>Gambar 6.2.</b> Pengolahan Air Limbah secara Fisika .....                              | 98  |
| <b>Gambar 6.3.</b> Pengolahan Air Limbah secara Kimia.....                                | 99  |
| <b>Gambar 6.4.</b> Pengolahan Air Limbah secara Biologi .....                             | 100 |
| <b>Gambar 7.1.</b> Prinsip pengolahan limbah cair .....                                   | 104 |
| <b>Gambar 7.2.</b> Jenis-jenis filtrasi berdasarkan ukuran filter .....                   | 110 |
| <b>Gambar 7.3.</b> Ultrafiltrasi pada unit pengolahan air .....                           | 110 |
| <b>Gambar 7.4.</b> <i>Reverse Osmosis</i> pada unit pengolahan air .....                  | 111 |
| <b>Gambar 7.5.</b> Tangki penyimpanan bahan kimia untuk netralisasi.....                  | 114 |
| <b>Gambar 7.6.</b> Penukar ion pada unit pengolahan air .....                             | 115 |
| <b>Gambar 7.7.</b> Piringan biofilm pada reaktor biologis putar.....                      | 116 |
| <b>Gambar 7.8.</b> <i>Trickling filter</i> .....                                          | 117 |
| <b>Gambar 7.9.</b> WWTP yang memiliki unit pengolahan primer, sekunder, dan tersier. .... | 119 |
| <b>Gambar 8.1.</b> Flow Process Pengolahan Permulaan .....                                | 124 |
| <b>Gambar 8.2.</b> Tahap Pengolahan Lumpur Aktif.....                                     | 130 |
| <b>Gambar 8.3.</b> <i>Onsite Sanitation</i> .....                                         | 132 |
| <b>Gambar 8.4.</b> Padatan tersuspensi dan zat padat lainnya dalam air limbah.....        | 134 |
| <b>Gambar 10.1.</b> Sistem saluran ganda.....                                             | 160 |
| <b>Gambar 10.2.</b> Sistem saluran tunggal .....                                          | 161 |
| <b>Gambar 10.3.</b> Sistem penyaluran limbah terpisah.....                                | 163 |
| <b>Gambar 10.4.</b> Sistem penyaluran limbah tercampur .....                              | 164 |
| <b>Gambar 10.5.</b> Sistem On-site .....                                                  | 166 |
| <b>Gambar 10.6.</b> Sistem Off-site.....                                                  | 166 |
| <b>Gambar 10.7.</b> Langkah-langkah perencanaan sistem wilayah kota.....                  | 168 |
| <b>Gambar 11.1.</b> Grafik Design Of Main Sewer .....                                     | 186 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 1.1.</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik.....                                       | 2   |
| <b>Tabel 9.1.</b> Penyakit yang berhubungan dengan Air<br>di Negara Afrika .....           | 146 |
| <b>Tabel 9.2.</b> Sifat Anti bakteri Nanopartikel Oksida<br>Logam.....                     | 153 |
| <b>Tabel 9.3.</b> Standar Kontaminan Kimiawi dalam Air<br>Minum menurut WHO dan USEPA..... | 155 |
| <b>Tabel 11.1.</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik<br>Tersendiri.....                        | 177 |
| <b>Tabel 11.2.</b> Nilai PE Untuk Setiap Kegiatan.....                                     | 182 |
| <b>Tabel 11.3.</b> Diameter Perpipaan Air Limbah Domestik.....                             | 184 |
| <b>Tabel 11.4.</b> Koefisien Kekasaran Pipa .....                                          | 185 |



# **BAB 1**

## **PENGELOLAAN LIMBAH CAIR**

*Oleh Samuel Marganda Halomoan Manalu*

### **1.1 Pendahuluan**

Permasalahan air di Indonesia sudah menunjukkan gejala serius. Penyebabnya bukan hanya dari kegiatan industri melainkan aktifitas rumah tangga atau yang disebut dengan limbah domestik. Rendahnya tingkat kesadaran dan kepedulian masyarakat dengan membuang kotoran dan sampah langsung ke sungai menjadi penyebab sangat cepatnya sungai mengalami pencemaran. Pertumbuhan penduduk dan industri yang sangat cepat menyebabkan kualitas lingkungan menurun. Pemukiman yang padat serta keadaan sanitasi yang sangat buruk ditambah buangan hasil industri dibuang ke badan air tanpa pengolahan mengakibatkan pencemaran pada sungai, pendangkalan air tanah, dan air permukaan ikut tercemar. Secara garis besar limbah dibagi menjadi 3 : limbah domestik, limbah perkantoran, limbah industri. Pengolahan limbah industri meliputi mekanisme pengolahan air yang sudah terkontaminasi oleh kegiatan yang berasal dari industri. Biasanya setiap industri akan menghasilkan limbah yang masih jarang untuk melakukan *reuse* atau penggunaan kembali limbah pada proses produksi.

### **1.2 Air Limbah Domestik dan Industri**

Limbah domestik terbagi 2 yaitu limbah dari toilet (*black water*) dan non-toilet (*grey water*). Limbah toilet berupa tinja, air seni dan sisa bilasan, dan non-toilet terdiri dari air bekas mandi, limbah dapur, cucian dan wastafel. Setiap orang menghasilkan rata-rata tinja 1.2 liter.

Air limbah industri terdiri dari beberapa variasi tergantung kegiatannya. Agar dapat mengetahui beban dan jumlah polutan pada limbah industri dilakukan pengukuran secara langsung maupun melakukan perkiraan berdasarkan kegiatan industri yang

sama. Berkembangnya teknologi sekarang ini industri pun semakin meningkat pesat. Selain dapat menciptakan produk yang memiliki manfaat, produk tersebut juga akan menghasilkan limbah buangan yang beracun dan berbahaya. Limbah yang dihasilkan dapat mengandung logam berat.

Logam berat masuk kedalam limbah B3. Limbah tersebut merupakan isu lingkungan yang menjadi sorotan berbagai pihak, utamanya pada industri yang ada di Indonesia. Permasalahan limbah yang mengandung logam berat merupakan masalah yang serius untuk diperhatikan karena dampak yang diakibatkan sangat nyata dalam kehidupan seluruh mahluk hidup.

### 1.3 Pengelolaan Air Limbah Domestik

Pengelolaan air limbah di Indonesia bersifat wajib dengan acuan PERMENLHK P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016. Limbah domestik merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia sehari-hari berhubungan dengan penggunaan air. Kegiatan tersebut diantaranya penginapan, rumah susun, asrama, rumah makan, pelayanan kesehatan, permukiman, balai pertemuan, IPAL permukiman dan kawasan serta perkotaan, bandara, pelabuhan, stasiun kereta api, lembaga permasyarakatan dan terminal. Pada PERMENLHK No.68/Tahun 2016 berbunyi setiap usaha dan kegiatan yang menghasilkan limbah domestik diwajibkan untuk mengolah limbah domestik tersebut. Apabila melakukan pengolahan sendiri maka hasil olahannya tidak boleh melewati baku mutu air limbah domestik.

**Tabel 1.1.** Baku Mutu Air Limbah Domestik

| Parameter               | Satuan        | Kadar Maksimum* |
|-------------------------|---------------|-----------------|
| <b>pH</b>               | Mg/l          | 6-9             |
| <b>BOD</b>              | Mg/l          | 30              |
| <b>COD</b>              | Mg/l          | 100             |
| <b>TSS</b>              | Mg/l          | 30              |
| <b>Minyak dan Lemak</b> | Mg/l          | 5               |
| <b>Amoniak</b>          | Mg/l          | 10              |
| <b>Total Coliform</b>   | Jumlah/100 ml | 3000            |
| <b>Debit</b>            | L/orang/hari  | 100             |

Sumber : Permen LHK No.68/ MENLHK/Setjen/Kum.1/8/2016

## 1.4. Karakteristik Air Limbah Industri

Berdasarkan karakteristik, limbah industri terbagi atas beberapa kelompok:

1. Mengandung zat organik yang tinggi yang dihasilkan dari industri kimia, makanan, obat-obatan, minyak nabati dan hewani, lem, pulp, dan tekstil
2. Mengandung zat organik yang rendah yang dihasilkan dari industri pengemasan, pemintalan, kimia, serat, minyak, laundry, dan batu bara
3. Mengandung zat organik yang beracun dan berbahaya yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit, barang yang menggunakan kulit sebagai bahan utama, besi baja, insektisida, dan herbisida
4. Mengandung zat anorganik umum yang dihasilkan dari industri pupuk, kimia, pencucian logam, dan keramik
5. Mengandung zat anorganik yang beracun dan berbahaya yang dihasilkan dari industri pelapis logam (*elektroplating*) dan baterai.

## 1.5 Sumber Limbah

### 1.5.1 Industri Besi dan Baja

Proses produksi besi yang berasal dari bijih menggunakan reaksi reduksi tinggi pada tungku. Proses tersebut membutuhkan air sebagai pendingin yang berpeluang mengalami kontaminasi senyawa seperti sianida dan amoniak. Produksi kokas batubara pada unit pemasakan (*cooking plant*) membutuhkan air sebagai pendingin dan pemisahan produk tambahan. Kontaminasi yang dapat terjadi pada saat produk gasifikasi contohnya sianida, fenol, benzena, kresol dan senyawa organik lebih kompleks yang biasanya disebut *polycyclic aromatic hydrocarbon*. Konversi besi menjadi lembaran, batangan dan kawat melewati tahap transformasi mekanik baik panas maupun dingin yang menggunakan pendingin air sehingga air limbah dapat terkontaminasi senyawa polutan seperti minyak hidrolik, lemak/lilin, dan partikel padat lainnya. Proses terakhir dalam produksi besi adalah pembersihan menggunakan asam dalam pembersihan karat, dan pelapisan menggunakan krom atau timah, ataupun aktifitas lainnya seperti

pengecatan. Senyawa asam yang paling sering digunakan dalam proses tersebut antara lain asam sulfat dan asam klorida. Limbah yang dihasilkan diantaranya air bekas cucian bersama limbah cair bersifat asam. Meskipun banyak terdapat pabrik besi melakukan *recovery* asam, dimana asam akan dididihkan terlebih dahulu dari garam besi, yang menghasilkan limbah yang bersifat asam dengan kandungan senyawa ferroklorida dan ferrosulfat. Terdapat pula air limbah industri baja memiliki kandungan minyak hidrolik / *soluble oils*. Pada industri baja air berfungsi untuk tahap proses, pendingin, dan pencucian yang mengandung polutan misalnya fenol, sianida, asam anorganik dan amonia. Limbah yang berasal dari *scrubber* debu dan gas memiliki kandungan padatan tersuspensi dengan kadar yang tinggi. Air limbah bekas cucian logam memiliki kandungan asam nitrat, asam sulfat, dan logam besi.



**Gambar 1.1.** Industri Besi dan Baja

### 1.5.2 Industri Pelapisan Logam



Pada proses pelapisan logam terdapat banyak tahapan yang dilakukan seperti tahap pencucian, tahap netralisasi, tahap menghilangkan lemak, tahap pencucian menggunakan asam, dan tahap dalam pelapisan. Limbah yang biasanya dihasilkan dari industri ini memiliki kandungan krom, sianida, nikel, seng, zat besi, tembaga, alkali, kadmium, asam dan flour.



**Gambar 1.2.** Industri Pelapisan Logam

### **1.5.3 Industri Perminyakan**

Limbah industri dari kegiatan pemurnian minyak dihasilkan dari air dengan kandungan minyak dan air hasil kegiatan proses dengan kandungan senyawa sulfida, fenol, amonia, dan minyak.



**Gambar 1.3.** Industri Perminyakan

### **1.5.4 Industri Petrokimia**

Limbah yang berasal dari petrokimia mempunyai kualitas yang bervariasi tergantung jenis industri dan kegiatan yang

menghasilkan suatu produknya. Karakteristik umum air limbah industri ini memiliki kandungan BOD, COD, dan TSS dengan konsentrasi yang sangat tinggi sampai konsentrasi yang rendah.



**Gambar 1.4.** Industri Petrokimia

#### **1.5.5 Industri Kimia Organik Kompleks**

Beragam industri manufaktur memakai bahan kimia bersifat organik kompleks. Termasuk pestisida, cat dan pewarna, farmasi, dan detergen. Limbah tersebut dapat mengalami kontaminasi bahan pencemar seperti material hasil sampingan produksi, *feed stock*, material terlarut, bahan pembersih dan pencuci, solvent, dan bahan yang lainnya.



**Gambar 1.5.** Industri Kimia Organik Kompleks

### **1.5.6 Industri Pulp**

Industri kertas termasuk industri penghasil limbah dengan jumlah besar dengan kandungan polutan bersifat organik (BOD dan COD) dan TSS yang memiliki konsentrasi tinggi. Dalam prosesnya, industri pulp akan menghasilkan limbah dengan kandungan selulosa, senyawa hemiselulosa dan lignin yang memiliki konsentrasi tinggi. Dalam proses untuk pemutihan bubur kertas akan menghasilkan limbah pada jumlah besar.



**Gambar 1.6.** Industri Pulp

### **1.5.7 Industri Zat Pewarna**

Banyak bahan pewarna yang digunakan dalam pewarnaan serat sintesis dan alami, dan juga bahan tambahan di dalam industri tekstil. Proses yang terjadi sangat kompleks, dan bervariasi kualitas dari air limbah yang dihasilkan. Biasanya kandungan BOD pada angka 200-500 mg/liter, dan kandungan TSS berkisar 50-400 mg/liter.



**Gambar 1.7.** Limbah Industri Zat Pewarna

### **1.5.8 Industri Bir**



Pada umumnya air limbah yang berasal dari industri bir memiliki kandungan BOD konsentrasi yang tinggi.



**Gambar 1.8.** Industri Bir

### **1.5.9 Industri Alkohol**

Pada proses industri alkohol menghasilkan limbah yang diperoleh dari fermentasi pati hingga menjadi alkohol. Dalam limbah tersebut memiliki kandungan polutan organik kisaran 45.000-60.000 ppm dan kandungan BOD serta COD berkisar 10.000-30.000 mg/liter.



**Gambar 1.9.** Industri Alkohol

#### **1.5.10 Industri Kosmetik dan Farmasi**

Industri ini menghasilkan limbah dengan kandungan polutan yang berbeda-beda tergantung pada produk yang dihasilkan. Pada limbah tersebut terdapat polutan organik dan anorganik maupun senyawa deterjen pada konsentrasi yang sangat tinggi.



**Gambar 1.10.** Industri Kosmetik dan Farmasi

### 1.5.11 Industri Pertambangan

Pertambangan akan menghasilkan limbah dengan sifat asam dan didalamnya terkandung logam berat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Air limbah yang dihasilkan dari aktifitas pertambangan antara lain lumpur (*slurry*) yang berasal dari bebatuan dalam air. Hal ini disebabkan oleh hujan yang langsung mengalir ke permukaan tanah yang sudah terbuka akibat adanya penambangan, jalan, batuan, dan juga *grading*. Volume dari air dapat semakin membesar apabila air hujan terjadi langsung pada lahan pertambangan yang luas.



**Gambar 1.11.** Industri Pertambangan

### 1.5.12 Industri Makanan

Limbah hasil pertanian memiliki karakteristik bervariasi dibanding dengan limbah domestik dan perkotaan. Biasanya limbah pertanian tidak bersifat racun dan mampu diurai secara *biodegradable*, meskipun kadar BOD dan TSS cukup tinggi. Polutan yang terkandung pada limbah pertanian bersifat kompleks untuk diprediksi karena adanya perbedaan konsentrasi antara pH dan BOD air yang dihasilkan melalui proses industri makanan yang bersifat musiman. Proses pada industri makanan melalui bahan baku membutuhkan air dengan kualitas dan kuantitas yang sangat tinggi. Dalam proses mencuci buah dan sayur dapat menghasilkan limbah dengan kandungan padatan dan zat organik yang terlarut

bahkan mengandung bahan surfaktan atau detergen. Limbah yang dihasilkan dari rumah potong hewan dan juga pengolahan daging akan memiliki kandungan polutan organik tinggi, contohnya kotoran ternak, darah dan isi perut. Limbah ini akan mengalami kontaminasi oleh zat antibiotik dan hormon pertumbuhan dari ternak, serta pestisida dalam kontrol penyakit pada parasit hewan. Residu insektisida pada bulu domba dapat mengakibatkan timbulnya masalah pada pengolahan limbah dalam proses pembuatan wol. Limbah yang timbul akibat proses makanan jadi akibat adanya proses memasak akan memiliki kandungan polutan organik tinggi dan dapat mengandung zat pewarna, garam, asam serta minyak dan lemak dalam jumlah besar.



**Gambar 1.12. Industri Makanan**

### **1.5.13 Industri Perikanan dan Pertanian**

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertanian memiliki kandungan nutrisi yang berasal dari pupuk dan memiliki kandungan pestisida. Beberapa senyawa nutrisi antara lain fosfor



dan nitrogen yang mengakibatkan terjadinya *eutrofikasi*. Makanan sisa dan kotoran yang berasal dari ikan pada perikanan akan menyebabkan timbulnya berbagai masalah di perairan tersebut terutama yang dapat menyebabkan terjadinya *eutrofikasi*.



**Gambar 1.13.** Industri Pertanian

## DAFTAR PUSTAKA

- Ferdiaz, S., 2006. *Polusi Air dan Udara*. 11 ed. Jakarta: Kanisius.
- KEPMEN LH, 1995. 1995. 'Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.58/1996 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit', pp. 1–9.
- Li, Norman N, Anthony. G. 2008. *Advanced Membrane Technology and Applications*. Chapter 5-9
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. 'Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia 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', *Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia*, pp. 1–20
- PERMENLHK P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
- Permenkes RI. 2010. 'Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum', *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, p. MENKES
- S. Judd, 2006. *Principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment*, Elsevier, Oxford
- Soemantri, A., 2015. *Kesehatan Lingkungan*. edisi 3 ed. Jakarta: Pranada Media Group
- Subirosa, B., 2020. *Sanitasi Air dan Limbah Pendukung Keselamatan Pasien Rumah Sakit*. Edisi 1 ed. s.l.:Penerit Salemba Medika.

# **BAB 2**

## **PENGGOLONGAN PENGELOLAAN LIMBAH CAIR**

*Oleh Lisma Luciana*

Air limbah adalah air yang mengandung zat-zat berbahaya dan tidak bersih bagi manusia, hewan, serta tumbuhan. Ini merupakan hasil dari berbagai aktivitas manusia, seperti industri dan rumah tangga. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dilepas dari rumah tangga, industri, atau tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan merusak lingkungan. Limbah merujuk pada bahan-bahan yang dihasilkan selama proses produksi, baik dalam industri maupun rumah tangga, yang tidak diinginkan di tempat atau waktu tertentu karena tidak memiliki nilai ekonomis (Faisal et al., 2016)

Dari segi kimia, limbah ini terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik dengan tingkat konsentrasi dan jumlah tertentu. Kehadiran limbah dapat berdampak negatif pada lingkungan, khususnya pada kesehatan manusia, sehingga perlu dikelola dengan baik. Tingkat bahaya keracunan yang disebabkan oleh limbah bergantung pada jenis dan karakteristik limbah tersebut. Pada dasarnya, limbah adalah bahan yang dibuang dari berbagai aktivitas manusia atau proses alam dan belum memiliki nilai ekonomis atau tidak diinginkan. Limbah umumnya dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas, tergantung pada bentuk fisiknya. Limbah dapat dibuang ke tanah, perairan, atau udara, dan dampaknya tergantung pada jenis dan jumlah limbah serta sensitivitas lingkungan terhadap limbah tersebut (Hermida & Agustian, 2016)

## **2.1 Limbah cair Berdasarkan Sumbernya:**

Limbah cair dapat digolongkan berdasarkan sumber asalnya. Penggolongan ini membantu dalam pemahaman lebih mendalam tentang asal-usul limbah cair dan memberikan panduan dalam pengelolaannya. Berikut adalah penggolongan limbah cair berdasarkan sumbernya (Alfakihuddin et al., 2023):

1. **Limbah Cair Industri:**

Limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri, seperti pabrik, pabrik kimia, dan fasilitas manufaktur lainnya. Sifat dan komposisi limbah cair industri sangat bervariasi tergantung pada jenis industri tersebut. Contohnya, limbah cair dari pabrik kimia dapat mengandung bahan kimia berbahaya, sedangkan limbah cair dari pabrik makanan mungkin mengandung limbah organik.

2. **Limbah Cair Rumah Tangga:**

Limbah cair yang berasal dari rumah tangga, seperti air buangan dari wastafel, kloset, dapur, dan mesin cuci. Limbah cair rumah tangga umumnya mengandung bahan-bahan seperti deterjen, limbah organik dari makanan, dan bahan kimia rumah tangga.

3. **Limbah Cair Komersial:**

Limbah cair yang dihasilkan oleh bisnis dan tempat komersial, seperti restoran, hotel, dan kantor. Komposisi limbah cair komersial dapat bervariasi tergantung pada jenis bisnisnya, tetapi seringkali mengandung limbah organik dan deterjen.

4. **Limbah Cair Pertanian:**

Limbah cair yang berasal dari kegiatan pertanian, seperti irigasi, penyiraman, dan penggunaan pupuk. Limbah cair pertanian dapat mengandung bahan-bahan seperti nutrisi berlebihan (misalnya, nitrogen dan fosfor) yang dapat mencemari perairan jika tidak dikelola dengan baik.

5. **Limbah Cair Perkotaan:**

Limbah cair yang berasal dari perkotaan, termasuk air hujan yang mengalir ke saluran pembuangan. Limbah cair perkotaan dapat mengandung berbagai polutan dari

- aktivitas kota, seperti minyak, logam berat, dan bahan kimia dari jalan dan kendaraan.
6. **Limbah Cair Medis:**  
Limbah cair yang dihasilkan oleh fasilitas kesehatan, termasuk rumah sakit dan klinik.  
Limbah cair medis dapat mengandung bahan berbahaya seperti bahan infeksius atau bahan kimia medis.
  7. **Limbah Cair Konstruksi:**  
Limbah cair yang timbul selama proyek konstruksi, terutama dari aktivitas seperti pemadaman beton dan pembersihan peralatan konstruksi. Limbah cair konstruksi dapat mengandung bahan-bahan yang merusak lingkungan, seperti sedimen dan bahan kimia konstruksi.
  8. **Limbah Cair Transportasi:**  
Limbah cair yang berasal dari kendaraan bermotor, termasuk oli mesin, bahan bakar, dan pelumas. Limbah cair transportasi dapat mencemari tanah dan perairan jika tidak dikelola dengan benar. Pengelolaan limbah cair harus disesuaikan dengan sumbernya dan mematuhi regulasi lingkungan yang berlaku. Upaya pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali juga harus diperhatikan untuk mengurangi dampak lingkungan limbah cair dari berbagai sumber ini.

## **2.2 Limbah cair Berdasarkan sifatnya**

Limbah cair dapat digolongkan berdasarkan karakteristiknya. Berikut adalah penjelasan mengenai berbagai jenis limbah cair berdasarkan sifatnya (Handayani, Sumaryati, Marlina Mamede, Nurlita Pertiwi, Riyanti, Rita Sunartaty, Merylin Susanti Junias, Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihudiin, Tarzan Purnomo, Ilham Rahmatullah, 2022):

1. **Limbah Cair BOD (*Biochemical Oxygen Demand*):**  
Jenis limbah ini mengandung materi organik yang dapat diurai oleh mikroorganisme. Dampak Lingkungan yaitu proses penguraian mengonsumsi oksigen di lingkungan air, yang bisa mereduksi kadar oksigen terlarut dan berdampak negatif pada ekosistem perairan.

2. Limbah Cair COD (*Chemical Oxygen Demand*):  
BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai semua komponen kimia dalam limbah. Dampak Lingkungan yaitu menunjukkan tingkat pencemaran kimia dalam limbah serta dampaknya pada kadar oksigen terlarut di lingkungan.
3. Limbah Cair Berbahaya:  
Limbah ini mengandung bahan-bahan kimia beracun seperti logam berat, pestisida, dan zat-zat berbahaya lainnya. Limbah berpotensi mencemari lingkungan, merusak air tanah, dan membahayakan organisme hidup.
4. Limbah Cair Tidak Berbahaya:  
Tidak mengandung senyawa beracun yang dapat membahayakan lingkungan.  
Dampak Lingkungan: Biasanya lebih aman jika dibuang dengan benar, tetapi masih memerlukan pengelolaan yang baik.
5. Limbah Cair Berat:  
Jenis limbah ini memiliki densitas tinggi karena mengandung partikel padatan yang tidak larut dalam air. Limbah ini dapat menyebabkan masalah pengendapan dalam saluran air dan instalasi pengolahan limbah.
6. Limbah Cair TSS (Total Suspended Solids):  
Mengandung padatan yang terapung dalam air, termasuk pasir, debu, dan partikel-partikel halus lainnya. Dampak Lingkungan yaitu dapat mereduksi transparansi air, mengganggu ekosistem perairan, dan menyumbat saluran air.
7. Limbah Cair Berwarna:  
Memiliki warna yang mencolok akibat kandungan pigmen atau zat pewarna.  
Dampak Lingkungan: Dapat mengganggu ekosistem air dan menghambat proses fotosintesis oleh tanaman air
8. Limbah Cair Kaya Nutrien:  
Mengandung kadar nutrisi seperti nitrogen dan fosfor yang tinggi. Dampak Lingkungan dapat memicu masalah

eutrofikasi di perairan dengan mempromosikan pertumbuhan alga yang berlebihan.

## **2.3 Limbah cair Berdasarkan Komposisi Kimianya**

Limbah cair juga dapat digolongkan berdasarkan komposisi kimianya. Ini adalah cara lain untuk mengkategorikan limbah cair yang membantu dalam perencanaan pengolahan dan pengelolaan yang lebih tepat. Berikut adalah beberapa penggolongan limbah cair berdasarkan komposisi kimianya(Alfakihuddin et al., 2023):

1. **Limbah Cair Organik:**

Limbah cair organik terdiri dari senyawa-senyawa organik larut seperti gula, asam organik, dan protein. Selain itu, bisa juga mengandung lemak, minyak, serat alami, sisa mikroorganisme, senyawa organik beracun, asam lemak, dan berbagai bahan lainnya, tergantung pada sumber limbahnya

Contoh limbah cair organik termasuk air limbah domestik yang mengandung bahan-bahan organik dari makanan, air buangan dari industri makanan, atau limbah dari proses fermentasi.

2. **Limbah Cair Anorganik:**

Limbah cair yang terutama mengandung senyawa-senyawa anorganik, seperti garam, mineral, atau logam berat.

Contoh limbah cair anorganik mencakup limbah dari industri kimia yang mengandung berbagai senyawa anorganik.

3. **Limbah Cair Asam:**

Limbah cair yang memiliki tingkat keasaman (pH) di bawah 7, biasanya disebabkan oleh keberadaan asam atau senyawa yang menghasilkan asam ketika bereaksi dengan air.

Contoh limbah cair asam termasuk limbah dari industri dengan proses asam atau limbah yang mengandung asam sulfat.

4. **Limbah Cair Basa (Alkalis):**

Limbah cair yang bersifat basa dengan tingkat keasaman (pH) di atas 7, biasanya disebabkan oleh keberadaan alkalis

atau senyawa yang menghasilkan alkali ketika bereaksi dengan air.

Contoh limbah cair basa termasuk limbah dari industri yang menggunakan bahan kimia alkalis dalam proses produksinya.

5. Limbah Cair Berbahaya

Limbah cair yang mengandung senyawa atau bahan berbahaya yang dapat membahayakan lingkungan atau kesehatan manusia.

Contoh limbah cair berbahaya termasuk limbah dari industri kimia yang mengandung zat beracun atau korosif.

6. Limbah Cair Non-Berbahaya:

Limbah cair yang tidak mengandung bahan berbahaya dalam jumlah yang signifikan sehingga tidak membahayakan lingkungan atau kesehatan manusia.

Contoh limbah cair non-berbahaya dapat berasal dari rumah tangga atau bisnis yang tidak menggunakan bahan kimia berbahaya dalam jumlah besar.

7. Limbah Cair Berminyak:

Limbah cair yang mengandung minyak atau lemak, seperti minyak industri atau limbah dari restoran. Pengolahan limbah cair berminyak seringkali memerlukan teknik khusus untuk menghilangkan minyak dari air.

8. Limbah Cair Kimia:

Limbah cair yang mengandung berbagai senyawa kimia yang dapat bervariasi, termasuk senyawa organik dan anorganik. Komposisi limbah cair kimia sangat tergantung pada jenis industri atau kegiatan yang menghasilkannya. Pengelolaan limbah cair harus mempertimbangkan komposisi kimia limbah untuk memilih metode pengolahan yang sesuai dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku.



## **2.4 Limbah cair Berdasarkan Tujuan Pengelolaan**

Limbah cair dapat digolongkan berdasarkan tujuan pengelolaannya, yang mencakup berbagai tindakan yang dilakukan untuk memproses, mengolah, dan membuang limbah cair. Berikut adalah penggolongan limbah cair berdasarkan tujuan pengelolaan.

### **2.4.1 Pengolahan Primer (*Pretreatment*)(Martini et al, 2020)**

Pengolahan limbah cair secara primer, atau yang sering disebut sebagai pretreatment, adalah tahap awal dalam pengolahan limbah cair. Tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan atau mengurangi komponen limbah tertentu sebelum limbah cair masuk ke dalam sistem pengolahan limbah lebih lanjut. Berikut beberapa metode umum yang digunakan dalam pengolahan limbah cair secara primer

1. Saringan (*Screening*):

Metode ini menggunakan saringan fisik untuk menghilangkan padatan besar, seperti daun, plastik, kayu, dan benda-benda lain yang mungkin ada dalam limbah cair. Ini mencegah penyumbatan saluran dan kerusakan pada peralatan pengolahan selanjutnya.

2. Pengendapan (*Sedimentasi*):

Limbah cair dialirkan ke dalam tangki pengendapan di mana partikel-padatan berat akan mengendap ke dasar tangki karena gravitasi. Air yang jernih di atas dapat dikeluarkan untuk diolah lebih lanjut. Proses ini menghilangkan padatan tersuspensi yang lebih besar dan berat dari limbah cair.

3. Penghilangan Minyak dan Lemak (*Oil and Grease Removal*):

Untuk limbah yang mengandung minyak dan lemak, digunakan alat seperti grease trap atau separator minyak untuk memisahkan minyak dan lemak dari air sebelum air dibuang ke lingkungan. Ini umumnya digunakan di restoran dan fasilitas pengolahan makanan.

4. Penyesuaian pH (*pH Adjustment*):

Beberapa limbah cair mungkin memiliki pH yang sangat asam atau basa. Untuk menghindari kerusakan sistem pengolahan selanjutnya dan mematuhi regulasi, pH limbah dapat disesuaikan ke tingkat yang aman sebelum masuk ke tahap berikutnya.

5. Penyaringan Halus (*Fine Screening*):

Metode ini digunakan untuk menghilangkan partikel-partikel yang lebih kecil yang tidak dapat dihapus dengan saringan kasar. Ini dapat mencakup penggunaan penyaringan halus, misalnya dengan menggunakan filter pasir atau teknologi mikrofiltrasi.

6. Penghilangan Logam Berat (*Heavy Metal Removal*):

Untuk limbah yang mengandung logam berat seperti timbal, merkuri, atau kromium, metode penghilangan khusus seperti pengendapan kimia atau pertukaran ion dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi logam berat dalam limbah.

#### 2.4.2 Pengolahan Sekunder:

Penggolongan limbah sekunder dalam konteks pengolahan limbah cair umumnya mengacu pada jenis-jenis proses dan metode yang digunakan untuk mengolah limbah cair pada tahap sekunder. Berikut adalah beberapa penggolongan utama dalam pengolahan limbah cair sekunder (Alfakihuddin et al., 2023):

1. Pengolahan Biologis:

- a. Aerasi Aktif: Proses di mana limbah cair dioksigenasi secara aktif dengan udara atau oksigen untuk mendukung pertumbuhan bakteri aerobik yang menguraikan bahan organik dalam limbah.
- b. Penguraian Anaerobik: Pengolahan limbah cair dalam kondisi tanpa oksigen dengan bantuan bakteri anaerobik untuk mengurai bahan organik.
- c. Lumpur Aktif: Sistem yang menggunakan campuran bakteri dan lumpur aktif untuk menguraikan limbah organik.

2. Pengolahan Kimia:

- a. Koagulasi dan Flokulasi: Penggunaan reagen kimia seperti koagulan dan flokulan untuk membantu partikel-partikel padat menggumpal dan mengendap, sehingga dapat dihapus dari limbah cair.
- b. Pengendapan Kimia: Proses kimia yang menghasilkan endapan yang dapat dihilangkan dari limbah cair,

seringkali digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi.

- c. Penghilangan Fosfor: Proses kimia yang ditujukan untuk menghilangkan fosfor dari limbah cair.
3. Pengolahan Lanjutan:
  - a. Pengolahan Lanjutan dengan Proses Ozonisasi: Penggunaan ozon untuk menghilangkan kontaminan dalam limbah cair, meningkatkan penghilangan bahan organik, dan mengurangi bau.
  - b. Adsorpsi Karbon Aktif: Proses yang menggunakan media karbon aktif untuk menyerap senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dari limbah cair.
  - c. Proses Membran: Menggunakan membran semipermeabel untuk memisahkan partikel dan senyawa dari air limbah
4. Pengolahan Lumpur Aktif:
  - a. Penanganan Lumpur Aktif: Pengolahan lumpur yang dihasilkan dari proses biologis atau kimia pada tahap sekunder, termasuk penghilangan kelebihan air, pemadatan lumpur, dan pengelolaan limbah lumpur.
5. Pengolahan Tambahan untuk Nutrien:
  - a. Penghilangan Nitrogen: Proses tambahan untuk menghilangkan nitrogen dari limbah cair, yang seringkali diperlukan untuk mengurangi pencemaran perairan.
  - b. Penghilangan Fosfor: Proses tambahan yang ditujukan untuk mengurangi kandungan fosfor dalam limbah cair
  - c. Penggolongan ini mencerminkan berbagai teknologi dan metode yang digunakan untuk mengolah limbah cair pada tahap sekunder sesuai dengan karakteristik limbah dan tujuan pengolahan yang diinginkan, termasuk penghilangan bahan organik, padatan tersuspensi, dan kontaminan lainnya.

#### **2.4.3 Pengolahan Tersier (*Advanced Treatment*):**

Pengolahan limbah cair secara tersier adalah tahap lanjutan dalam pengolahan limbah cair setelah tahap sekunder. Pada tahap ini, upaya dilakukan untuk menghilangkan kontaminan lebih lanjut

dari limbah cair, sehingga air yang dihasilkan lebih bersih dan sesuai untuk dilepaskan ke lingkungan atau digunakan kembali. Berikut adalah beberapa komponen utama dari pengolahan limbah cair secara tersier:

1. Proses Penyaringan Lanjutan:

Penggunaan penyaringan lanjutan seperti filter pasir, membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, atau nanofiltrasi untuk menghilangkan partikel-partikel kecil, zat-zat organik, dan mikroorganisme dari air limbah. Proses ini membantu mencapai kualitas air yang tinggi dan mencegah pencemaran mikrobiologis.

2. Desinfeksi:

Proses desinfeksi dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi jumlah mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, dan protozoa, yang masih ada dalam air limbah setelah tahap sekunder. Metode desinfeksi yang umum termasuk penggunaan klorin, ozon, ultraviolet (UV), atau proses lain yang efektif dalam membunuh mikroorganisme patogen.

3. Penghilangan Zat Kimia Tertentu:

Pada tahap ini, zat-zat kimia tertentu, seperti senyawa kimia beracun, logam berat, atau bahan kimia yang perlu dihilangkan, dapat diatasi dengan menggunakan proses kimia tambahan. Ini termasuk proses seperti pengendapan kimia, adsorpsi dengan karbon aktif, atau proses kimia khusus lainnya.

4. Pengolahan Lanjutan untuk Nutrien:

Untuk menghilangkan nutrien seperti nitrogen dan fosfor, proses pengolahan lanjutan seperti denitrifikasi, penghilangan fosfor kimia (chemical phosphorus removal), atau proses biologis tambahan dapat digunakan.

5. Pemantauan dan Pengujian Kualitas Air:

Pengujian kualitas air secara teratur penting untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan memenuhi standar regulasi lingkungan. Pengawasan dilakukan untuk memantau parameter seperti BOD, COD, pH, konsentrasi logam berat, dan kualitas air lainnya.

#### 6. Pengelolaan Lumpur Tersier:

Lumpur yang dihasilkan selama tahap tersier perlu dikelola dengan baik, termasuk pemadatan, pengeringan, dan pengelolaan limbah lumpur yang aman.

Pengolahan limbah cair secara tersier bertujuan untuk memastikan bahwa air yang dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan tidak mencemari lingkungan. Tahap tersier adalah langkah terakhir dalam proses pengolahan limbah cair sebelum air limbah dinyatakan aman untuk dilepaskan atau digunakan kembali.

#### 2.4.4 Penggunaan Kembali (*Reuse*):

Pengelolaan limbah melalui praktik penggunaan kembali (*reuse*) adalah upaya yang bertujuan untuk mengoptimalkan kembali limbah atau produk sampingan sebagai sumber daya yang memiliki nilai, dengan tujuan mengurangi volume limbah yang dihasilkan serta dampak negatifnya terhadap lingkungan (Osman et al., 2019). Proses pengelolaan ini dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yang penting:

1. Identifikasi dan Pemisahan Limbah: Tahap awal adalah mengenali jenis limbah yang dapat digunakan kembali, serta memastikan bahwa limbah tersebut dipisahkan secara efisien dari jenis limbah lain sejak dini. Hal ini melibatkan klasifikasi limbah, seperti limbah organik, limbah padat, atau limbah cair (Sunartaty & Nurman, 2021).
2. Evaluasi Kualitas Limbah: Limbah yang akan digunakan kembali harus melalui tahap pengujian dan evaluasi kualitas. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa limbah memenuhi standar kualitas yang diperlukan sesuai dengan tujuan penggunaan ulang. Proses ini bisa melibatkan analisis kimia, biologis, atau fisik, bergantung pada jenis limbah dan penggunaannya.
3. Pengolahan Tambahan (bila diperlukan): Beberapa limbah mungkin memerlukan pengolahan lanjutan sebelum dapat digunakan kembali. Sebagai contoh, limbah cair mungkin perlu melalui sistem pengolahan sekunder dan tersier untuk

memenuhi standar kualitas yang sesuai dengan aplikasi penggunaan kembali yang diinginkan.

4. **Identifikasi Aplikasi Penggunaan Kembali:** Identifikasi berbagai aplikasi atau proses di mana limbah yang digunakan kembali dapat digunakan secara efektif. Contoh penggunaan kembali mencakup penggunaan ulang air limbah yang telah diolah dalam proses industri, atau menggali potensi limbah organik sebagai pupuk.
5. **Pembangunan Infrastruktur:** Pastikan tersedianya infrastruktur yang memadai untuk mengelola limbah yang digunakan kembali, termasuk sistem penyimpanan, distribusi, serta monitoring yang tepat.
6. **Pengawasan dan Pemeliharaan:** Proses pengelolaan limbah yang digunakan kembali memerlukan pemantauan terus-menerus agar kualitas limbah tetap sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pemeliharaan teratur terhadap sistem pengolahan dan distribusi limbah juga menjadi kunci dalam menjaga keberhasilan praktik penggunaan kembali.
7. **Kepatuhan Terhadap Regulasi:** Pastikan bahwa pengelolaan limbah yang digunakan kembali mematuhi semua regulasi dan peraturan yang berlaku di wilayah Anda. Ini mencakup pemahaman terhadap persyaratan hukum yang berhubungan dengan penggunaan kembali limbah.

Pendekatan pengelolaan limbah melalui penggunaan kembali tidak hanya berkontribusi pada perlindungan lingkungan, tetapi juga memiliki potensi untuk memberikan manfaat ekonomi melalui optimalisasi sumber daya limbah yang bernilai.

#### **2.4.5 Pembuangan Ke Lingkungan:**

Manajemen limbah pembuangan ke lingkungan dengan cara yang aman, tanpa merusak sumber daya air atau ekosistem, adalah tindakan yang melibatkan serangkaian langkah untuk memastikan bahwa proses pembuangan limbah dilaksanakan dengan benar dan berkelanjutan. Ini melibatkan tindakan seperti pemrosesan awal,

pengukuran kualitas air, pemantauan dan pengawasan berkala, kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, pencegahan polusi, pengelolaan lumpur, pendidikan masyarakat, dan kajian dampak lingkungan. Semua upaya ini diarahkan untuk meminimalkan dampak negatif pada lingkungan dan menjaga kualitas air serta ekosistem yang sehat.

Metode yang dilakukan yaitu pemantauan kualitas air, pembersihan terakhir, dan pengelolaan tempat pembuangan akhir (TPA) air limbah.

#### **2.4.6 Pengelolaan Limbah Beracun (*Hazardous Waste Management*):**

Manajemen limbah berbahaya adalah proses yang bertujuan untuk mengontrol, mengolah, dan mengeluarkan limbah yang mengandung bahan-bahan beracun atau berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia dengan cara yang aman dan sesuai dengan peraturan. Proses ini melibatkan identifikasi dan karakterisasi limbah, pemisahan dan penyimpanan awal, transportasi yang aman, pengelolaan di tempat penghasil, pengolahan dan penghancuran limbah, daur ulang dan pemanfaatan bila memungkinkan, serta pengawasan dan pelaporan kepada pihak berwenang. Pengendalian risiko juga diterapkan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kebocoran atau paparan manusia terhadap limbah berbahaya. Keseluruhan tindakan ini memiliki tujuan utama dalam menjaga kesehatan manusia dan melindungi lingkungan. Kepatuhan terhadap regulasi dan praktik pengelolaan yang aman adalah kunci dalam mengelola limbah berbahaya secara efisien.

#### **2.4.7 Pengelolaan Banjir (*Flood Management*):**

Manajemen banjir merujuk pada serangkaian strategi dan tindakan yang diambil untuk mengelola risiko dan mengurangi dampak banjir, serta untuk melindungi kehidupan manusia, harta benda, dan lingkungan dari bahaya banjir. Ini melibatkan sejumlah komponen seperti pemantauan cuaca dan peringatan dini, infrastruktur perlindungan seperti tanggul dan bendungan, pengelolaan daerah aliran sungai, manajemen air hujan, edukasi masyarakat, perencanaan darurat, dan kerja sama antarlembaga. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi risiko serta konsekuensi banjir, menjaga keamanan, dan meminimalkan dampak negatif banjir yang sering terjadi.

#### **2.4.8 Pengelolaan Sumber Daya Air (*Water Resource Management*):**

Manajemen sumber daya air adalah serangkaian tindakan yang bertujuan untuk merencanakan, mengelola, dan melindungi sumber daya air, seperti sungai, danau, waduk, dan akuifer, dengan cara yang berkelanjutan. Ini melibatkan berbagai aspek yang mencakup pemantauan kualitas dan jumlah air, pengaturan penggunaan air, pembangunan infrastruktur air, konservasi dan efisiensi penggunaan air, manajemen krisis air, pelestarian lingkungan air, kerja sama antarlembaga, pengelolaan air bawah tanah, pengelolaan air laut, dan konservasi air minum. Pengelolaan sumber daya air sangat penting untuk menjaga ketersediaan air yang mencukupi untuk kebutuhan manusia dan untuk melindungi ekosistem air secara berkelanjutan. Proses ini melibatkan berbagai pemangku kepentingan dan memerlukan perencanaan jangka panjang dan pemantauan yang ketat.

### **2.5 Limbah cair Berdasarkan lokasi pengelolaan**

Pengelolaan limbah cair juga dapat digolongkan berdasarkan lokasi tempat pengelolannya. Penggolongan ini bergantung pada di mana limbah cair dikelola dan diproses. Berikut adalah penggolongan limbah cair berdasarkan lokasi pengelolaan:



1. Pengolahan di Sumber (*On-Site Treatment*):  
Lokasi pengelolaan: Pengolahan limbah cair dilakukan di lokasi sumber asalnya.  
Contoh: Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) rumah tangga atau IPAL industri yang mengolah limbah cair di tempat sebelum dibuang atau dirilis.
2. Pengolahan Pusat (*Centralized Treatment*):  
Lokasi pengelolaan: Limbah cair dari berbagai sumber dikumpulkan dan diolah di satu lokasi pusat pengolahan.  
Contoh: Pengumpulan limbah cair dari berbagai rumah tangga atau industri ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pusat yang besar untuk pengolahan bersama.  
Pengolahan Tersentral (*Semi-Centralized Treatment*):
3. Lokasi pengelolaan: Sejumlah besar limbah cair dari beberapa sumber diolah di lokasi terpusat yang lebih kecil daripada pusat pengolahan utama.  
Contoh: Pengolahan limbah cair dari beberapa perusahaan industri di zona industri yang sama di satu instalasi pengolahan bersama.  
Pengelolaan Daur Ulang (*Recycling*):
4. Lokasi pengelolaan: Limbah cair diolah untuk tujuan penggunaan kembali di tempat yang sama atau di lokasi yang berdekatan.  
Contoh: Limbah cair yang diolah dan digunakan kembali dalam proses industri yang sama tanpa perlu membuangnya.  
Pengelolaan di Tempat Pembuangan Akhir (*Disposal on Land*):
5. Lokasi pengelolaan: Limbah cair dibuang atau dibuang di tempat pembuangan akhir (*landfill*) yang dirancang khusus untuk limbah cair.  
Contoh: Pembuangan air limbah yang telah diolah dan memenuhi standar di instalasi pembuangan akhir.  
Pengelolaan di Perairan (*Discharge to Water Bodies*):
6. Lokasi pengelolaan: Limbah cair dibuang ke perairan, seperti sungai, danau, atau laut, dengan mematuhi regulasi lingkungan yang berlaku.

Contoh: Pembuangan air limbah yang telah diolah ke dalam perairan sesuai dengan izin lingkungan.

7. Pengolahan di Luar Lokasi (*Off-Site Treatment*):

Lokasi pengelolaan: Limbah cair dikirim ke fasilitas pengolahan yang jauh dari sumber asalnya untuk diolah.

Contoh: Pengiriman limbah cair dari suatu industri ke fasilitas pengolahan yang khusus untuk mengatasi limbah tersebut.

Penggolongan berdasarkan lokasi pengelolaan limbah cair penting dalam perencanaan dan implementasi strategi pengelolaan yang efektif dan sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lokal.

## 2.7 Limbah Cair Berdasarkan Metode Pengolahan

Limbah cair dapat digolongkan berdasarkan metode pengolahan yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminan yang terkandung di dalamnya. Berikut adalah beberapa penggolongan limbah cair berdasarkan metode pengolahan:

1. Pengolahan Fisik:

Metode: Penggunaan fisika untuk memisahkan atau menghilangkan kontaminan dalam limbah cair.

Contoh metode: penyaringan, pengendapan, flotasi udara terlarut, dan proses fisik lainnya untuk menghilangkan partikel, padatan terlarut, dan minyak dari limbah cair.

2. Pengolahan Kimia:

Metode: Penggunaan bahan kimia untuk mengubah atau menghilangkan kontaminan dalam limbah cair.

Contoh metode: koagulasi-flokulasi, penyesuaian pH, oksidasi kimia, pengendapan kimia, dan proses kimia lainnya untuk menghilangkan polutan dari limbah cair.

3. Pengolahan Biologi:

Metode: Menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, alga, atau fungi untuk mengurai bahan organik dalam limbah cair.

Contoh metode: pengolahan aerobik (menggunakan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen), pengolahan lumpur aktif, dan taman bakteri untuk membersihkan limbah cair.

4. Pengolahan Termal:

Metode: Pemanasan limbah cair untuk menghilangkan kontaminan dengan menguapkan atau menguraikan bahan berbahaya.

Contoh metode: pemanasan limbah cair dalam incinerator, pirolisis, atau penguapan untuk mengurangi volume dan menghilangkan kontaminan.

5. Pengolahan Adsorpsi:

Metode: Penggunaan adsorben (seperti karbon aktif atau zeolit) untuk menyerap kontaminan dari limbah cair.

Contoh metode: adsorpsi kimia atau fisik untuk menghilangkan zat-zat berbahaya dari limbah cair.

6. Pengolahan Membran:

Metode: Penggunaan membran berpori kecil untuk memisahkan kontaminan dari air, berdasarkan ukuran dan sifat molekulnya.

Contoh metode: filtrasi membran, osmosis terbalik, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi.

7. Pengolahan Elektrokimia:

Metode: Menggunakan reaksi elektrokimia untuk menghilangkan kontaminan dari limbah cair.

Contoh metode: elektrokoagulasi, elektroflotasi, dan elektrooksidasi untuk penghilangan polutan.

8. Pengolahan Ozonisasi

Metode: Menggunakan ozon ( $O_3$ ) untuk mengoksidasi dan menghilangkan kontaminan dari limbah cair.

Contoh metode: penggunaan ozon dalam proses lanjutan untuk memurnikan limbah cair.

9. Pengolahan Radiasi:

Metode: Menggunakan radiasi ionisasi atau radiasi ultraviolet (UV) untuk menghilangkan mikroorganisme dan polutan dalam limbah cair.

Contoh metode: pengolahan radiasi ultraviolet untuk desinfeksi air limbah.

Pilihan metode pengolahan limbah cair tergantung pada sifat dan komposisi limbah cair, serta tujuan akhir

pengelolaannya. Kombinasi dari berbagai metode sering digunakan untuk mencapai hasil yang paling efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfakihuddin, M. L. B., Sunartaty, R., Setiawan, D., Purnomo, T., Sahabuddin, E. S., Darsini, Pasanda, O. S., Dewadi, F. M., Ningsih, E., Bani, G. A., Hataurruk, T. R., & Andayani, S. 2023. *Pengendalian limbah industri* (M. S. Neila Sulung (ed.); Pertama). PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI.
- Faisal, M., Gani, A., Mulana, F., & Daimon, H. 2016. Treatment and utilization of industrial tofu waste in Indonesia. *Asian Journal of Chemistry*, 28(3), 501–507. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2016.19372>
- Handayani, Sumaryati, Marlina Mamede, Nurlita Pertiwi, Riyanti, Rita Sunartaty, Merylin Susanti Junias, Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihudiin, Tarzan Purnomo, Ilham Rahmatullah, S. 2022. Teknik Lingkungan. In Mila Sari (Ed.), *Teknik Lingkungan* (1st ed., pp. 1–242). PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI.
- Hermida, L., & Agustian, J. 2016. *Perancangan Sistem Pengolahan Limbah Cair*. 1–177.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. 2020. Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3030>
- Osman, A. I., Abdelkader, A., Farrell, C., Rooney, D., & Morgan, K. 2019. Reusing, recycling and up-cycling of biomass: A review of practical and kinetic modelling approaches. *Fuel Processing Technology*, 192(May), 179–202. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.04.026>
- Sunartaty, R., & Nurman, S. 2021. Peningkatan Nilai Tambah Limbah Padat Menjadi Tepung Ampas Tahu pada Industri Tahu Di Desa Lamteumen Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh. *Abditani*, 4(1), 47–50.



# **BAB 3**

## **SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK PARAMETER FISIKA**

*Oleh Sariwahyuni*

### **3.1 Parameter fisika pengujian limbah cair**

Parameter fisika merupakan parameter yang dapat diamati akibat perubahan fisika air seperti cahaya, suhu, kecerahan, kekeruhan, warna, padatan tersuspensi dan padatan terlarut hingga salinitas air. Sedangkan parameter kimia perairan merupakan parameter perairan yang terukur akibat adanya reaksi kimia di perairan, seperti pertukaran ion-ion terlarut dalam air. Parameter biologi yang teramati di perairan merupakan organisme akuatik yang hidup bersama di perairan budidaya dapat berupa tumbuhan maupun hewan dengan bentuk yang mikro maupun makro.

Karakteristik fisik air memainkan peran penting dalam memisahkan lingkungan air dari lingkungan udara dan juga berdampak signifikan pada kehidupan organisme di dalam air. Perbedaan yang besar antara faktor-faktor fisik di lingkungan air dan lingkungan udara menghasilkan dampak yang berbeda pada tumbuhan dan hewan yang hidup di keduanya. Selain itu, air memiliki peran dalam menjaga tekanan osmosis, bertindak sebagai pelarut, dan menjadi konduktor listrik yang efisien.

#### **3.1.1 Warna Air**

Warna bisa menghalangi cahaya untuk menembus ke dalam air. Warna air laut berasal dari proses alami, baik yang berasal dari proses biologis maupun non-biologis. Produk dari proses biologis melibatkan bahan seperti humus dan gambut, sementara produk dari proses non-biologis berupa senyawa kimia yang mengandung unsur Fe, Ni, Co, Mn, dan lainnya. Selain itu, perubahan dalam warna air laut juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan limbah berwarna. Air laut dengan tingkat warna

tertentu dapat menghambat proses fotosintesis dan mengganggu kehidupan biota akuatik, terutama fitoplankton dan beberapa bentos lainnya.

Warna yang terlihat dalam perairan adalah hasil dari:

1. Cahaya yang tidak diserap dan pantulan kembali dari perairan.
2. Warna yang disebabkan oleh benda-benda yang terapung di perairan, termasuk organisme dan benda mati. Variasi warna air ini bisa meliputi warna biru, hijau, hijau kuning, dan coklat.

### 3.1.2 Turbiditas

*Turbiditas* atau tingkat kekeruhan, memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas air secara keseluruhan karena dapat memengaruhi berbagai reaksi yang terjadi dalam air. Penetrasi cahaya matahari ke dalam air, pada dasarnya, dipengaruhi oleh sudut jatuhnya cahaya terhadap garis vertikal. Semakin besar sudut jatuhnya, semakin rendah kemampuan cahaya matahari untuk menembus air. Ketika cahaya melewati massa air, intensitasnya akan berkurang dan kualitas spektrumnya akan berubah karena adanya fenomena dispersi dan absorpsi yang berbeda dalam lapisan air. Dalam air murni, sekitar 53% dari cahaya yang masuk akan diubah menjadi panas dan akan redup pada kedalaman kurang dari satu meter, seperti yang dijelaskan oleh Boyd pada tahun 1990. Cahaya dengan panjang gelombang panjang, seperti merah dan jingga, serta panjang gelombang pendek, seperti ultraviolet dan violet, lebih cepat padam dibandingkan dengan panjang gelombang menengah atau *intermediate*, seperti biru, hijau, dan kuning.

Kekeruhan atau turbiditas akan mengurangi kemampuan air untuk mengizinkan penembusan cahaya ke dalamnya. Di dalam kolam, tingkat turbiditas dan warna air disebabkan oleh koloid yang terdiri dari partikel-partikel lumpur, zat organik yang terlarut, dan terutama oleh kerapatan plankton (Hargreaves, 1999).



Tumbuhan air sangat bergantung pada sinar matahari sebagai sumber energi utama untuk menjalankan proses fotosintesis. Sebagai produsen utama dalam ekosistem, tumbuhan hijau melakukan fotosintesis guna menghasilkan oksigen dan bahan organik, yang nantinya akan digunakan oleh hewan-hewan yang berada pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam jaring-jaring makanan (Ghosal et al. 2000).

### 3.1.3 Suhu Air

Suhu air dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk radiasi cahaya matahari, suhu udara, kondisi cuaca, dan letak geografis. Radiasi matahari adalah faktor utama yang memengaruhi fluktuasi suhu air. Sinar matahari menyebabkan permukaan air menjadi lebih hangat lebih cepat dibandingkan dengan air yang lebih dalam. Kenaikan suhu mengakibatkan penurunan densitas air, sehingga air di permukaan dan di kedalaman tidak dapat bercampur dengan baik. Hasilnya, terbentuklah stratifikasi suhu dalam air, yang menciptakan tiga lapisan air utama: *epilimnion* (lapisan atas yang lebih hangat), *hypolimnion* (lapisan bawah yang lebih dingin), dan *thermocline* (lapisan yang memisahkan *epilimnion* dan *hypolimnion* dengan penurunan suhu yang tajam). Dalam konteks kolam budidaya, situasi seperti ini bisa diatasi dengan mengaduk air menggunakan aerator atau kincir (*paddle wheel*).

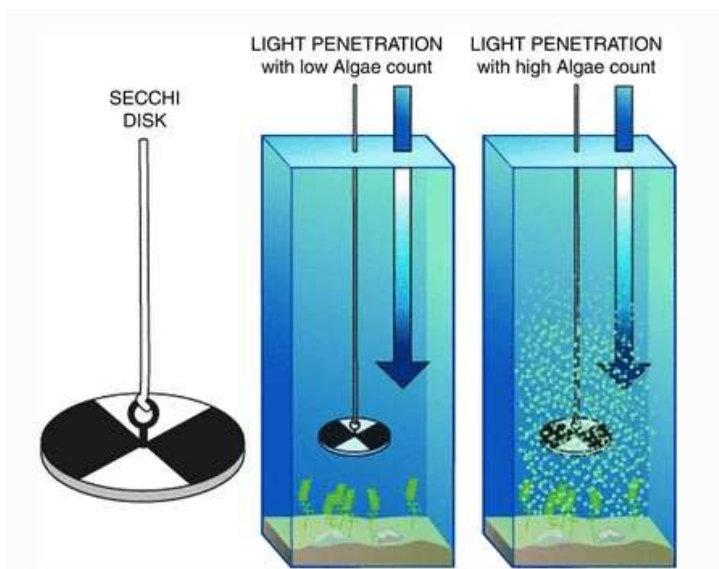
Air mempunyai kapasitas yang besar untuk menyimpan panas sehingga suhunya relatif konstan dibandingkan dengan suhu udara (Boyd, 1990). Perbedaan suhu air antara pagi dan siang hari hanya sekitar 2°C, misalnya suhu pagi 28°C suhu siang 30°C. Energi cahaya matahari sebagian besar diabsorpsi di lapisan permukaan air. Semakin ke dalam energinya semakin berkurang. Konsentrasi bahan-bahan terlarut di dalam air akan menaikkan penyerapan panas. Terjadinya transfer panas dari lapisan atas ke lapisan bawah tergantung dari kekuatan pengadukan air (angin, kincir, dan sebagainya).

Suhu air memiliki dampak yang signifikan pada proses kimia dan biologi dalam air. Setiap peningkatan suhu sebesar 10°C mengakibatkan reaksi kimia dan biologi menjadi dua kali lebih aktif. Aktivitas metabolisme organisme akuatik juga

meningkat, mengakibatkan penggunaan oksigen terlarut menjadi dua kali lebih tinggi. Selain itu, proses penguraian bahan organik dalam air juga mengalami peningkatan yang cukup besar (Howerton, 2001).

### 3.1.4 Kecerahan

Kecerahan atau *transparency* air dipengaruhi oleh partikel-partikel halus yang mengambang di dalamnya, yang dapat berupa bahan organik seperti plankton, mikroorganisme, sisa-sisa organik, atau bahan anorganik seperti lumpur dan pasir (Hargreaves, 1999).



**Gambar 3.1.** *Secchi Disk* alat untuk mengukur tingkat kecerahan perairan.

([https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-017-8801-4\\_123](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-017-8801-4_123))

Dalam konteks kolam budidaya, tingkat kepadatan plankton memiliki pengaruh yang paling dominan dalam menentukan tingkat kecerahan air, meskipun partikel yang terlarut dalam air juga memiliki dampak. Kepadatan plankton ini akan memberikan warna air yang berkisar antara hijau, kuning, biru-hijau, dan cokelat (Boyd,

2004a). Selanjutnya dikatakan bahwa kedalaman air yang dipengaruhi oleh sinar matahari (*photiczone*) di danau atau tambak sekitar dua kali nilai pengamatan dengan menggunakan **secchi disk**. Semakin kecil kecerahan berarti semakin kecil sinar matahari yang masuk sampai dasar tambak yang dapat mempengaruhi aktivitas biota di daerah tersebut.

### **3.1.5 Padatan Tersuspensi**

Padatan tersuspensi, atau sering disebut juga sebagai muatan padatan tersuspensi (MPT), berasal dari zat-zat baik yang bersifat organik maupun anorganik. Komponen organiknya melibatkan *fitoplankton*, *zooplankton*, bakteri, dan organisme-organisme mikroskopis lainnya. Sementara itu, komponen anorganiknya terdiri dari partikel-partikel anorganik yang merupakan detritus (Hargreaves, 1999). Selanjutnya, disebutkan bahwa muatan padatan tersuspensi (MPT) memiliki dampak pada penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air, yang kemudian mempengaruhi tingkat fotosintesis tumbuhan hijau sebagai produsen utama yang mengandalkan sinar matahari sebagai sumber energi utamanya. Kekeruhan yang disebabkan oleh plankton dapat memberikan manfaat bagi ekosistem tambak jika tidak berlebihan. Namun, jika densitas plankton terlalu tinggi, hal ini dapat mengakibatkan fluktuasi dalam beberapa parameter kualitas air seperti pH dan oksigen terlarut.

## **3.2 Cara pengambilan sampel limbah cair untuk parameter fisika**

Data mengenai parameter fisik limbah cair sangat penting sebagai informasi dasar untuk menentukan langkah-langkah dalam pengelolaan dan pengolahan limbah cair. Cara pengambilan sampel limbah cair menjadi faktor penentu terhadap tingkat akurasi hasil analisis yang akan diperoleh di laboratorium.

Proses pengambilan dan penanganan sampel limbah cair yang akan diuji melibatkan beberapa tahapan, termasuk persiapan pengambilan sampel, pemeriksaan di lapangan, dan proses pengambilan sampel limbah cair itu sendiri.

### **3.2.1 Persiapan di laboratorium**

Tindakan ini mencakup penyediaan peralatan dan materi yang diperlukan untuk mendukung pengujian air secara langsung di lapangan, serta untuk mengambil sampel air di lokasi tersebut. Ini juga mencakup peralatan dan tindakan keselamatan kerja yang diperlukan. Detail mengenai peralatan dan materi yang diperlukan akan dijelaskan lebih lanjut dalam bagian berikutnya.

### **3.2.2 Pemeriksaan di lapangan**

Kegiatan ini mencakup pengukuran karakteristik fisik yang termasuk pengukuran suhu, warna, aroma, daya hantar listrik, padatan tersuspensi, dan aliran air.

1. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan perangkat termometer.
2. Penilaian terhadap warna, aroma, dan rasa (jika memungkinkan):
  1. Warna sampel limbah cair dinilai secara visual, seperti coklat, hitam, merah, atau warna lainnya.
  2. Aroma air limbah diperiksa melalui penciuman, apakah tidak berbau, berbau seperti  $H_2S$ , berbau seperti amonia, atau memiliki aroma khas tertentu.
  3. Rasa air (jika memungkinkan) dinilai dengan menggunakan ujung lidah, seperti tidak berasa, asin, pahit, asam, atau pahit.
3. Pengukuran daya hantar listrik dan padatan tersuspensi menggunakan alat multiparameter yang sama.
4. Pengukuran laju aliran air dengan menggunakan *flowmeter*.

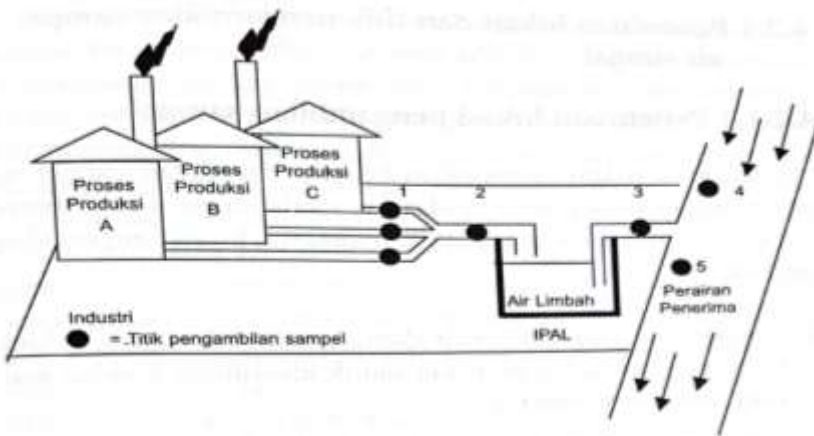


**Gambar 3.2.** Alat uji multiparameter  
(<http://www.geoscientific.com>)

### **3.2.3 Pengambilan contoh sampel limbah cair**

Kegiatan ini mencakup penentuan titik atau lokasi pengambilan sampel, pra-pengolahan sampel, dan pengawetan sampel.

1. Penentuan titik atau lokasi pengambilan sampel dilakukan pada sumber asal sampel, titik pembuangan, serta tempat pertemuan aliran pembuangan dengan badan air (seperti sungai, danau, laut, dll.).
2. Pengambilan sampel limbah cair melibatkan langkah-langkah berikut:
  - a. Persiapan alat pengambil sampel yang sesuai dengan kondisi sumber limbah cair.
  - b. Membersihkan alat dan botol sampel dengan sampel yang akan diambil.
  - c. Pengambilan sampel sesuai dengan kebutuhan.
  - d. Memastikan tidak ada rongga di dalam botol sampel.



**Gambar 3.3.** Lokasi dan titik pengambilan sampel air limbah industri (Anwar Hadi, 2005)

Keterangan:

- Bak kontrol saluran air limbah
- Input IPAL (*influent*)
- Output IPAL (*effluent*)
- Perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air
- Perairan penerima setelah air limbah masuk ke badan air

Alat pengambil sampel harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu:

- Terbuat dari material yang tidak akan memengaruhi karakteristik sampel.
- Mudah dan aman untuk dibawa.
- Dapat dengan mudah dibersihkan dari sisa-sisa sampel sebelumnya.
- Memiliki kapasitas yang mencukupi, biasanya berkisar antara 500 mL hingga 1 liter, sesuai dengan tujuan analisis.
- Contoh alat pengambil sampel bisa berupa gayung plastik atau botol sampler khusus untuk pengambilan sampel di kedalaman tertentu.

Botol yang digunakan untuk menyimpan sampel juga harus memenuhi beberapa persyaratan, seperti:

- a. Terbuat dari polietilena (plastik tahan panas).
  - b. Mampu tertutup dengan rapat dan kuat.
  - c. Mudah untuk dibersihkan setelah digunakan.
  - d. Tidak mudah rusak.
  - e. Tidak menyerap bahan kimia dari sampel.
  - f. Tidak melarutkan bahan kimia ke dalam sampel.
  - g. Tidak menyebabkan reaksi antara botol sampel dan sampel itu sendiri.
3. Proses penyaringan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel air limbah, kemudian menyaringnya dengan menggunakan alat penyaring sampel. Hasil penyaringan (*filtrat*) dibagi menjadi dua bagian: satu bagian sebanyak 1 liter dan yang lainnya sebanyak 0,5 liter. Kedua bagian ini kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel yang sudah disiapkan sesuai dengan kebutuhan. Idealnya, penyaringan atau filtrasi dilakukan di lokasi pengambilan sampel, tetapi jika diperlukan, proses penyaringan juga dapat dilakukan di laboratorium dengan jeda waktu yang tidak terlalu lama. Pengawetan sampel harus disesuaikan dengan jenis parameter yang akan diawetkan. Setelah sampel dimasukkan ke dalam botol contoh, setiap botol diberi label atau nomor sampel yang sesuai. Informasi mengenai lokasi dan waktu pengambilan sampel juga dicatat, bersama dengan jenis pengawet yang digunakan (larutan pengawet). Botol sampel yang sudah ditutup rapat kemudian dimasukkan ke dalam kotak khusus untuk menghindari tumpahan atau kebocoran selama proses pengiriman ke laboratorium pengujian.

### 3.3 Prosedur Kerja

Dick, Elie M., (1994) menuliskan bahwa proses pengambilan sampel limbah cair untuk parameter fisika dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapkan semua peralatan yang diperlukan untuk kegiatan pemeriksaan air secara langsung di lapangan, termasuk peralatan dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel di lapangan.
2. Tentukan lokasi pengambilan sampel yang sesuai dengan tujuan pemeriksaan.
3. Lakukan pengambilan sampel sesuai dengan langkah-langkah, persyaratan peralatan pengambil sampel, dan persyaratan botol penyimpanan sampel seperti yang telah dijelaskan sebelumnya:
  - a. Ambil sampel air menggunakan gayung plastik, pastikan untuk membilasnya tiga kali dengan sampel air yang sama. Hindari mengambil endapan sedimen atau lumpur yang dapat mengganggu dalam analisis.
  - b. Kemudian, masukkan sampel ke dalam beker plastik dalam jumlah yang cukup, sekitar 500 mL, untuk mengukur sifat fisik dan kimianya, termasuk pengukuran suhu dengan menggunakan termometer, serta pemeriksaan warna, bau, dan rasa (jika memungkinkan).
4. Selanjutnya, lakukan penyaringan, filtrasi, dan pengawetan sampel sebagai berikut:
  - a. Proses penyaringan sampel melibatkan pengambilan sampel air yang akan disaring dan pembilasan sampel dengan air yang sama, dengan melakukan pembilasan tiga kali baik pada wadah sampel maupun alat penyaring sampel. Alat penyaring sampel dapat berupa filter dengan ukuran 0,20 mikron atau 0,45 mikron, serta filter holder atau syringe.
  - b. Setelah disaring, hasil saringan dibagi menjadi dua bagian, yaitu satu bagian sebanyak 1 liter (untuk cadangan) yang dimasukkan ke dalam botol gelas rubber seal, dan bagian kedua sebanyak 0,5 liter untuk



dianalisis, yang dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah disiapkan sesuai kebutuhan, seperti botol HDPE atau botol *isotope*.

- c. Sebaiknya, penyaringan dilakukan di lokasi pengambilan sampel, namun jika diperlukan, penyaringan juga dapat dilakukan di laboratorium dengan jeda waktu yang tidak terlalu lama.
- d. Pengawetan sampel dilakukan sesuai dengan jenis parameter uji yang akan diawetkan. Seluruh sampel yang telah dimasukkan diberi kode atau nomor sampel, serta mencantumkan informasi mengenai lokasi dan waktu pengambilan, serta jenis pengawet yang ditambahkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Anawar Hadi, 2005. Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan. Gramedia Pustaka. Jakarta
- Avnimelech, Y, Kochva, M and Hargreaves, J. A. 1999. *Sedimentation and Resuspension in Earthen Fish Ponds*. *Journal of The World Aquaculture Society* 30 : pp. 401-409.
- Boyd, C.E and C.S. Tucker. 1992. *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University. Alabama.
- Dick, Elie M. 1994, *Water and wastewater Sampling for Environmental Analysis*. Dalam Bern Market (ed). *Environmental Sampling for Trace Analysis*. Germany: VCH Publisher
- <http://www.geoscientific.com/waterquality/index.html>
- [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-017-8801-4\\_123](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-017-8801-4_123)

# **BAB 4**

## **SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK PARAMETER MIKROBIOLOGI**

*Oleh Wayan Budiarsa Suyasa*

### **4.1 Kegiatan -Usaha Terkait Pencemaran Mikrobiolgi**

Kegiatan usaha dibidang kesehatan terutama rumah sakit berisiko menimbulkan pencemaran lingkungan dari sisi parameter mikrobiologi. Limbah dari pelayanan medis dirumah sakit dapat mengkontaminasi limbah non medis maupun lingkungan disekitarnya apabila tidak dikelola secara ketat. Peningkatan layanan dan bertambahnya jumlah rumah sakit seiring dengan kebutuhan layanan masyarakat yang semakin besar berdampak pada limbah yang dihasilkan. Jika limbah cair, padat maupun gas dari operasional rumah sakit tidak tertangani secara ketat akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan manusia. Gangguan tersebut dapat berupa pencemaran lingkungan, pencemaran makanan dan minuman, serta penularan penyakit yang mengakibatkan infeksi nosokomial (infeksi kepada sesama pasien dan orang sehat baik petugas maupun pengunjung rumah sakit). Rumah sakit menghasilkan limbah dalam jumlah yang besar baik dari layanan medis maupun non medis, Limbah medis mengandung bahan beracun dan berbahaya yang membahayakan kesehatan di lingkungan. Secara keseluruhan limbah yang dihasilkan per tempat tidur di rumah sakit berkisar 0,5-0,6 kg perhari. Limbah tersebut berasal dari limbah berbagai layanan medis dan non medis (unit pelayanan, sampah dari ruang pasien, maupun sampah dapur). Limbah medis dan non medis harus dipisahkan dan dikelola dengan acuan/standar pengelolaan limbah yang sesuai dan ketat.

Indikator pencemaran perairan yang cukup dominan akibat dari pembuangan limbah rumah sakit adalah kandungan coliform maupun berbagai jasad renik. Cemar coliform pada lingkungan dapat berasal dari limbah terinfeksi, pembusukan bahan makanan,

serta sumber hayati lainnya yang tidak dikelola dengan baik. Bakteri coliform termasuk golongan bakteri gram negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, serta mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37°C dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh bakteri coliform. Limbah rumah sakit yang mengandung bakteri coliform dapat merupakan mikroba patogen yang akan menyebabkan penyakit pada manusia termasuk demam typoid, cholera, disentri dan hepatitis sehingga limbah harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

Adanya bakteri coliform di dalam air atau limbah dapat di klasifikasikan termasuk air atau limbah dengan kualitas rendah. Untuk mengetahui kualitas air limbah secara mikrobiologis, limbah cair dari suatu rumah sakit perlu dilakukan pengujian agar tidak melebihi ambang batas. Jasad renik yang harus di uji dan diketahui karena merupakan faktor penentu dari kualitas limbah adalah bakteri coliform, mikroorganisme patogen, seperti *Escherichia coli*, *Legionella*, *Pneumophila*, *Streptococcus*, *Facalis*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Amoeba*(Aronggear, T.E., Supit, C.J., 2019).

Limbah cair dari unit pelayanan kesehatan terutama rumah sakit dan laboratorium layanan adalah kegiatan usaha yang berpotensi menimbulkan pencemaran air dari sisi bakteriologi. Salah satu parameter umum yang di analiais adalah kandungan bakteri *Coliform* yang berbahaya bagi kesehatan. Limbah dapat digolongkan menjadi tiga yaitu padat, cair dan gas. Sumber utamanya dari nkegiatan domestik, industri, pertanian, dan pertambangan. Limbah cair yang tidak diolah dengan layak beresiko menjadi tempat berkembang biak bakteri dan beresiko menimbulkan pencemaran. Beberapa bakteri yang terdapat pada limbah cair Rumah Sakit dan layanan kesehatan di antaranya *Staphylococcus aureus*, *Klebseilla pneumonia*, dan *Escherichia coli*. Bakteri *E. coli* paling banyak ditemukan(Nasution, M. Y. Nasution, Muhammad Yusuf, Pulungan, Ahmad Shafwan S., Chairani, Fitri, Wulandari, 2020).

Pembuangan limbah cair yang diproses dengan baik dapat menjadi vector penyebaran penyakit berupa bakteri patogen sebagai sumber penyebaran penyakit. Bakteri *Coliform* dapat

menjadi penyebab timbulnya penyakit seperti diare, sakit perut, muntah-muntah dan demam (Widyaningsih, W., Supriharyono, S. And Widyorini, 2016). Pengelolaan air limbah sisa buangan harus diproses secara layak agar tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan dan mengganggu kesehatan masyarakat. Pencemaran limbah cair utamanya dari limbah rumah sakit dapat diketahui dengan cara melakukan pemeriksaan kuantitas bakteri salah satunya *Coliform*(Sunarti, 2015). Keberadaan coliform dengan t jumlah tertentu di suatu perairan akan berdampak pada lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Pencemaran Coliform biasanya masuk lewat tinja, kotoran hewan, sampah, air kencing, dahak, ludah, ekskresi luka kedalam badan air. Pencemaran kedalam badan air dapat juga secara tidak sengaja, seperti masuknya kembali air buangan kedalam sumur, keadaan pipa air yang bocor pada tempat yang kotor dan lain sebagainya. Lingkungan tercemar oleh bakteri Coliform menentukan apakah kualitas bahan berupa air, tanah, atau bahan makanan layak untuk dikonsumsi atau tidak. Mikroorganisme utama sebagai sumber pencemar air adalah bakteri *Eschericia coli*, yang termasuk dalam bakteri coliform fecal dan merupakan flora normal pada tinja manusia dan hewan. Adanya bakteri ini dapat digunakan sebagai indikator dalam sanitasi yang tidak baik karena bakteri ini dapat menyebar dengan melalui tangan yang masuk ke mulut atau dengan pemindahan secara pasif melalui air dan makanan. Bahaya dari cemar tersebut adalah dalam jumlah yang berlebihan *Eschericia coli* dapat mengakibatkan infeksi gastrointestinal. *Klebsiella* termasuk kedalam bakteri Coliform non fecal, bakteri ini biasanya ditemukan pada hewan dan tanaman yang telah mati. *Klebsiella* merupakan flora normal pada mulut, hidung manusia, usus, namun tetap berpotensi menyebabkan penyakit terutama bila bakteri ini berada ditempat lain diluar saluran cerna. Karena bisa hidup dimana saja, *Klebsiella* dapat menyebabkan infeksi di berbagai organ, diantaranya adalah infeksi paru (*Pneumonia*), infeksi saluran kencing, infeksi pada kulit (Kulit yang mengalami luka), serta infeksi saluran cerna(Razi, T.K. & Syahputra, 2021).

Kegiatan usaha lainnya yang beresiko menimbulkan pencemaran mikrobiologis adalah kegiatan usaha terkait pengolahan bahan pangan. Produksi tahu tempe merupakan salah satu kegiatan usaha yang tersebar secara luas baik di perkotaan maupun perdesaan. Industri tahu selama proses pengolahannya menghasilkan limbah, berupa limbah padat dan cair. Limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu (Annisa, 2016). Karakteristik limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi, dengan kondisi tersebut air limbah industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran yang potensial apabila air limbah yang dihasilkan langsung dibuang (Herlambang, 2002).. Pengolahan diperlukan untuk menurunkan parameter pencemar dalam air limbah sehingga tidak mencemari lingkungan. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah adalah pengolahan aerob. Pengolahan aerob memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan zat organik pada air limbah dimana selama proses pengolahan juga menghasilkan energi. Salah satu sumber energi telah dikembangkan untuk berbagai keperluan adalah hidrogen. Salah satunya penggunaannya adalah untuk membangkitkan listrik melalui fuel cell. Fuel cell ramah lingkungan karena tidak menghasilkan pencemaran, bahkan dapat digunakan untuk mengatasi masalah lingkungan dengan cara mendaur ulang limbah menjadi sumber energi.

Limbah yang mengkontaminasi sumber air yang dimanfaatkan oleh masyarakat dalam berbagai keperluan termasuk baku air minum dapat menimbulkan masalah kesehatan. Kontaminasi tersebut disebabkan oleh pencemaran air yang menerima beban polutan dari limbah berbagai kegiatan usaha/industri terkait yang tidak diolah dengan baik. Setiap komponen terkait seharusnya melakukan pengelolaan dan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkannya. Diperlukan suatu usaha untuk meminimalkan dampak pencemaran oleh limbah, yaitu melalui proses pengolahan air limbah yang efektif, mengacu pada standar pengolahan yang tepat dan ramah lingkungan (Sekarwati, N., Subagiyono, & Wulandari, 2016). Setiap usaha kegiatan produksi

dan layanan yang menghasilkan limbah harus memiliki IPAL yang memadai, melakukan perawatan sehingga tetap memenuhi baku mutu yang diacu. Pemeriksaan IPAL dengan memantau kinerja sistem kinerja IPAL. Selain itu juga perlu diperiksa kondisi dan fungsi kerja setiap unit IPAL harus selalu terkalibrasi (Sari, R. & Apridamayanti, 2014).

## **4.2 Metode, peralatan dan lokasi Pengambilan Contoh untuk Uji Parameter Mikrobiologi**

Pengambilan contoh yang umumnya dapat dilakukan dengan teknik purposive sampling. Purposive sampling adalah salah satu teknik sampling non random sampling dimana peneliti menentukan pengambilan sampel dengan menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian sehingga diharapkan dapat menjawab permasalahan penelitian. Teknik purposive diperuntukan untuk sebuah penelitian yang memerlukan kriteria khusus agar sampel yang diambil nantinya sesuai dengan tujuan penelitian dapat memecahkan permasalahan penelitian serta dapat memberikan nilai yang lebih representatif. Sehingga teknik yang diambil dapat memenuhi tujuan sebenarnya dilakukannya penelitian. Sebagai contoh peneliti ingin menentukan kinerja dari sistem pengolahan air limbah yang diterapkan dalam suatu IPAL, maka pertimbangan titik pengambilan contohnya adalah out let dari IPAL dan inlet sebagai perbandingannya. Teknik purposive sampling untuk air limbah dengan mempertimbangkan outlet IPAL yang merupakan representasi kinerja seluruh komponen IPAL yang diterapkan (Restiyani, 2021). Outlet tersebut merupakan tempat pembuangan atau pelepasan limbah cair ke lingkungan, sekaligus merupakan titik pemantauan yang seharusnya dilakukan untuk mengetahui apakah limbah cair yang dibuang sudah memenuhi ketentuan yang berlaku.

### **1. Metode pengambilan contoh air limbah**

Air limbah merupakan sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Kualitas air limbah yang merupakan sifat-sifat air limbah yang ditunjukkan dengan besaran, nilai atau kadar bahan pencemar atau komponen lain yang terkandung didalamnya. Berbagai teknik pengambilan

contoh dapat diterapkan untuk menganalisis kualitas air limbah berikut:

- a. Contoh sesaat (*grab sample*), air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu
- b. Contoh gabungan waktu, campuran contoh yang diambil dari satu titik pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama
- c. Contoh gabungan tempat, campuran contoh yang diambil dari titik yang berbeda pada waktu yang sama, dengan volume yang sama
- d. Contoh gabungan waktu dan tempat, campuran contoh yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama
- e. Contoh duplikat, contoh yang diambil dari titik pengambilan yang sama dengan rentang waktu antar pengambilan yang sekecil mungkin, duplikat contoh digunakan untuk menguji ketelitian tata kerja pengambilan contoh
- f. Contoh yang diperkaya (*spike sample*), contoh yang ditambah dengan standar yang bersertifikat dalam jumlah tertentu untuk keperluan pengendalian mutu
- g. Contoh yang terbelah (*split sample*), contoh dikumpulkan dalam satu wadah, dihomogenkan dan dibagi menjadi dua atau lebih sub contoh dan diperlakukan seperti contoh, selanjutnya dikirim ke beberapa laboratorium yang berbeda
- h. Blanko matrik, media bebas analit yang mempunyai matrik hampir sama dengan contoh yang akan diambil
- i. Blanko media, media yang digunakan untuk mendeteksi adanya kontaminasi pada media yang digunakan dalam pengambilan contoh.
- j. Blanko perjalanan, media yang digunakan untuk mengukur kontaminasi yang mungkin terjadi selama pengambilan dan transportasi contoh

## **2. Persyaratan dan Jenis alat pengambil contoh parameter mikrobiologi**

Peralatan pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: terbuat dari bahan yang tidak



mempengaruhi sifat contoh; mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya; contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya; mudah dan aman di bawa; kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

Alat pengambil contoh sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang. Botol biasa yang diberi pemberat yang digunakan pada kedalaman tertentu. Sementara alat pengambil contoh air otomatis dilengkapi alat pengatur waktu dan volume yang diambil, digunakan untuk contoh gabungan waktu dan air limbah, agar diperoleh kualitas air rata-rata selama periode tertentu.

Alat pengukur parameter pendukung di lapangan yang diperlukan antara lain:

- a. DO meter atau peralatan untuk metode Winkler;
- b. pH meter;
- c. turbidimeter;
- d. konduktimeter;
- e. termometer; dan
- f. 1 set alat pengukur debit.

Instrumen tersebut perlu dikalibrasi sebelum digunakan.

Perlengkapan pendukung lain yang perlu disiapkan adalah alat pendingin yang dapat menyimpan contoh pada  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , digunakan untuk menyimpan contoh untuk pengujian sifat fisika dan kimia pendukung pengukuran parameter mikrobiologi. Alat penyaring yang dilengkapi dengan pompa isap atau pompa tekan serta dapat menahan saringan yang mempunyai ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Bahan kimia untuk pengawet sesuai kebutuhan yang digunakan untuk pengawet harus memenuhi persyaratan bahan kimia untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan di uji.

Persyaratan wadah contoh yang digunakan untuk menyimpan contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Terbuat dari bahan gelas atau plastik poli etilen (PE) atau poli propilen (PP) atau teflon (Poli Tetra Fluoro Etilen, PTFE);
- b. Dapat ditutup dengan kuat dan rapat;
- c. Bersih dan bebas kontaminan;
- d. Tidak mudah pecah;
- e. Tidak berinteraksi dengan contoh.

Sementara penyiapan wadah contoh, dilakukan langkah-langkah persiapan wadah contoh, sebagai berikut:

- a. Untuk menghindari kontaminasi contoh di lapangan, seluruh wadah contoh harus benar-benar dibersihkan di laboratorium sebelum dilakukan pengambilan contoh.
- b. Wadah yang disiapkan jumlahnya harus selalu dilebihkan dari yang dibutuhkan, untuk jaminan mutu, pengendalian mutu dan cadangan.
- c. Jenis wadah contoh dan tingkat pembersihan yang diperlukan tergantung dari jenis contoh yang akan diambil, sebagai berikut:

Pencucian wadah contoh dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Peralatan harus dicuci dengan deterjen dan disikat untuk menghilangkan partikel yang menempel di permukaan;
- b. Bilas peralatan dengan air bersih hingga seluruh deterjen hilang;
- c. Bila peralatannya terbuat dari bahan non logam, maka cuci dengan asam  $\text{HNO}_3$  1:1, kemudian dibilas dengan air bebas anal it;
- d. Biarkan peralatan mengering di udara terbuka;
- e. Peralatan yang telah dibersihkan diberi label bersih-siap untuk pengambilan contoh.

Volume contoh yang diambil untuk keperluan pengujian di lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pengujian yang diperlukan dan tipe contoh yaitu tipe contoh air sesaat (*grab sample*), contoh gabungan waktu (*composite samples*),

contoh gabungan tempat (*integrated samples*), dan contoh gabungan waktu dan tempat.

### **3. Pemilihan Titik pengambilan contoh**

Titik pengambilan contoh air limbah pada lokasi pengambilan contoh harus merepresentasikan kualitas air limbah pada kompartement tersebut. Untuk contoh air limbah mentah sisa dari suatu proses produksi dapat diambil pada inlet bak penampungan awal atau equalisasi. Sebelum contoh diambil dilakukan pengadukan beban dan pengaturan aliran air limbah. Lokasi pengambilan contoh air limbah industri harus mempertimbangkan ada atau tidak adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Contoh harus diambil pada lokasi yang telah mengalami pencampuran secara sempurna. Penentuan lokasi pengambilan contoh dilakukan berdasarkan pada tujuan pengujian. Untuk keperluan evaluasi efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah, contoh diambil pada lokasi sebelum dan setelah IPAL dengan memperhatikan waktu tinggal atau waktu retensi.

Dengan ketentuan titik lokasi pengambilan contoh pada inlet yaitu dilakukan pada titik ada aliran bertubulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik, yaitu pada titik dimana limbah mengalir pada akhir proses produksi menuju ke IPAL. Apabila tempat tidak memungkinkan untuk pengambilan contoh maka dapat ditentukan lokasi lain yang dapat mewakili karakteristik air limbah.

Sementara pengambilan contoh pada outlet dilakukan pada lokasi setelah IPAL atau titik dimana air limbah yang mengalir sebelum memasuki badan air penerima (sungai). Untuk keperluan pengendalian pencemaran air, contoh diambil pada 3 (tiga) lokasi:

- a. Pada perairan penerima sebelum tercampur limbah (*upstream*)
- b. Pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima

- c. Pada perairan penerima setelah bercampur dengan air limbah (*downsream*), namun belum tercampur atau menerima limbah cair lainnya

Untuk industri yang belum memiliki IPAL, air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari satu saluran pembuangan dan Jika tidak terdapat bak ekualisasi maka :

- a. Kualitas air limbah tidak berfluktuasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).
- b. Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.

Jika terdapat bak ekualisasi maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

Air limbah industri dengan proses batch berasal dari satu saluran pembuangan, pengambilan contoh adalah Jika tidak terdapat bak equalisasi dengan kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan proporsional pada saat pembuangan dilakukan. Sebaliknya jika terdapat bak equalisasi maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

Air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari beberapa saluran pembuangan dan Jika tidak terdapat bak equalisasi maka

- a. Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat.

- b. Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit tempat dengan mempertimbangkan debit.
- c. Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.
- d. Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan tempat.

Jika terdapat bak equalisasi, maka kualitas air limbah berfluktuasi atau tidak berfluktuasi akibat proses produksi, semua air limbah dari masing-masing proses disatukan dan dibuang melalui bak equalisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

Air limbah industri dengan proses batch berasal dari beberapa saluran pembuangan. Jika tidak terdapat bak equalisasi

- 1. Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.
- 2. Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke

perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan tempat dengan mempertimbangkan debit.

Jika terdapat bak equalisasi, maka kualitas air limbah berfluktuasi atau sangat berfluktuasi akibat proses produksi, semua air limbah dari masing-masing proses disatukan dan dibuang melalui bak equalisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

Pengambilan contoh untuk pengujian kualitas air pada industri yang memiliki IPAL, dilakukan pengambilan contoh pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima, dengan cara pengambilan contoh berikut :

1. Disiapkan alat pengambil contoh sesuai dengan saluran pembuangan;
2. Dibilas alat dengan contoh yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali;
3. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung disementara, kemudian homogenkan;
4. Dimasukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis;
5. Dilakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, ph dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan;
6. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus;
7. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan

#### **4.3 Penyiapan dan pelaksanaan pengambilan contoh air**

1. Penyiapan Alat dan sarana penunjang  
Alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan yaitu 1) terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh , 2) mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya, 3) contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya, 4) kapasitas alat 1 – 5 liter

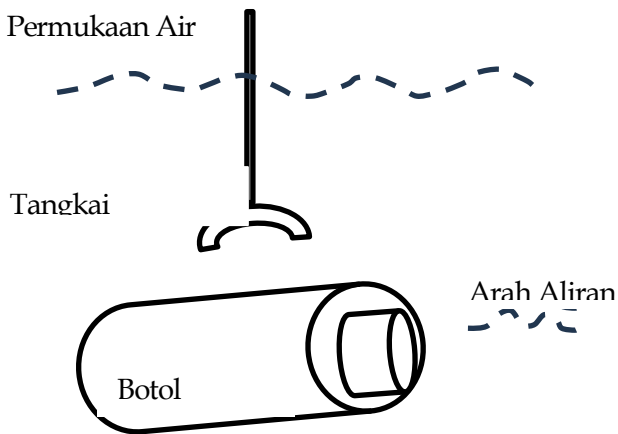
tergantung dari maksud pemeriksaan serta mudah dan aman dibawa.

Beberapa jenis alat pengambil contoh yang dapat digunakan meliputi :

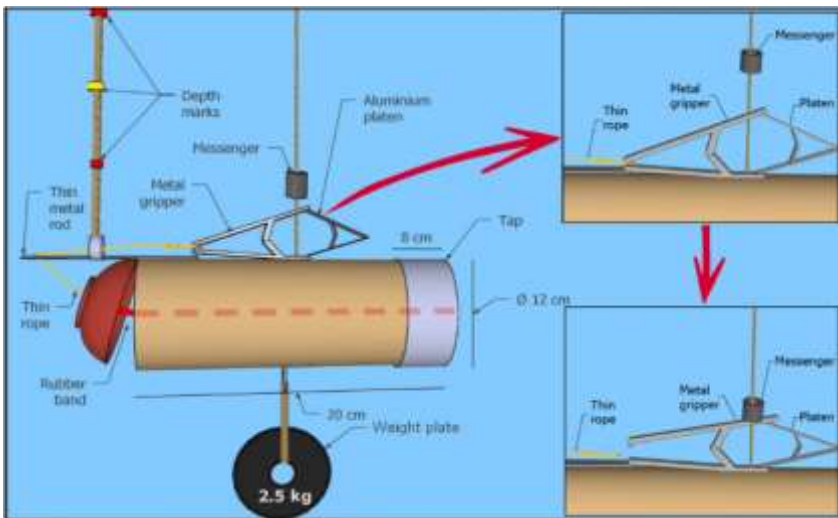
- a. Alat pengambil contoh sederhana berupa botol biasa atau ember plastik yang digunakan pada permukaan air secara langsung. Selain itu untuk kedalaman tertentu digunakan botol biasa yang diberi pemberat.
- b. Alat pengambil contoh setempat secara mendatar yang dipergunakan untuk mengambil contoh di sungai atau di tempat yang airnya mengalir pada kedalaman tertentu, contoh alat ini adalah tipe Wohlenberg
- c. Alat pengambil contoh setempat secara tegak dipergunakan untuk mengambil contoh pada lokasi yang airnya tenang atau alirannya sangat lambat seperti di danau, waduk dan muara sungai pada kedalaman tertentu, contoh alat ini adalah tipe Ruttner.
- d. Alat pengambil contoh pada kedalaman yang terpadu untuk pemeriksaan zat padat tersuspensi atau untuk mendapatkan contoh yang mewakili semua lapisan air.
- e. Alat pengambil contoh secara otomatis yang dilengkapi alat pengatur waktu dan volume yang diambil, digunakan untuk contoh gabungan waktu dari air limbah atau air sungai yang tercemar, agar diperoleh kualitas air rata-rata selama periode tertentu .
- f. Alat pengambil untuk pemeriksaan gas terlarut, yang dilengkapi tutup, sehingga alat dapat tertutup segera setelah terisi penuh.
- g. Alat pengambil contoh untuk pemeriksaan bakteriologi adalah botol gelas yang ditutup kapas/aluminium foil, tahan terhadap panas dan tekanan selama proses sterilisasi .
- h. Eckman Grab, dibuat dari baja, yang beratnya  $\pm 3,2$  kg, dengan ukuran 15 cm x 15 cm, dipergunakan untuk pengambilan contoh pada sumber air yang alirannya

relatif kecil dan mempunyai dasar lumpur dan pasir, contoh alat ini adalah tipe Ekcmman Grab.

Sarana untuk pengambilan contoh sedapat mungkin menggunakan jembatan atau lintasan gantung, perahu untuk perairan yang luas dan merawas untuk sumber air yang dangkal.

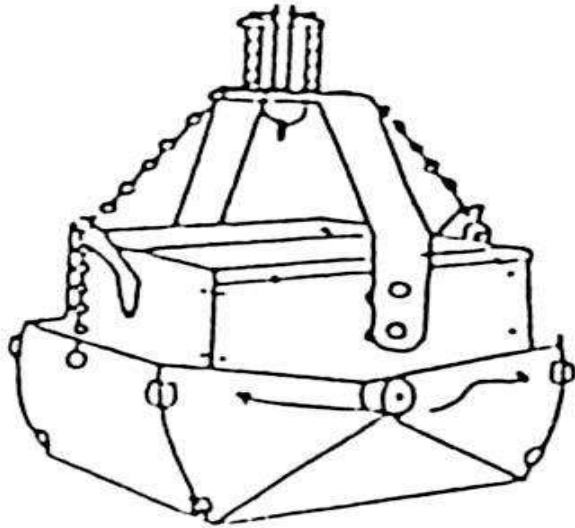


**Gambar 4.1.** Pengambilan contoh dengan merawas



**Gambar 4.2.** Pengambilan contoh dengan pemberat pada kedalaman air





**Gambar 4.3.** Alat pengambil contoh sediment pada kedalaman

## **2. Volume pengambilan Contoh**

Volume contoh yang diambil untuk keperluan pemeriksaan lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pemeriksaan yang diperlukan sebagai berikut :

- a. Untuk pemeriksaan sifat fisik air diperlukan lebih kurang 2 liter;
- b. Untuk pemeriksaan sifat kimia air diperlukan lebih kurang 5 liter;
- c. Untuk pemeriksaan bakteriologi diperlukan lebih kurang 100 ml;
- d. Untuk pemeriksaan biologi air (klorofil) diperlukan 0,5 – 20 liter (bergantung kadar klorofil di dalam contoh).

## **3. Waktu Pengambilan contoh**

Interval waktu pengambilan contoh diatur agar contoh diambil pada hari dan jam yang berbeda sehingga dapat diketahui perbedaan kualitas air setiap hari maupun setiap jam. Caranya dilakukan dengan menggeser jam dan hari pengambilan pada waktu pengambilan contoh berikutnya, misalnya pengambilan hari pertama hari senin jam 06.00, pengambilan berikutnya hari selasa jam 07.00 dan seterusnya. Waktu

pengambilan contoh dilakukan berdasarkan keperluan atau tujuan . Untuk keperluan survei pendahuluan dalam rangka pengenalan daerah, waktu pengambilan contoh dapat dilaksanakan pada saat survei. Untuk keperluan perencanaan dan pemanfaatan diperlukan data pemantauan kualitas air, yang diambil pada waktu tertentu dan periode yang tetap, tergantung pada jenis air dan tingkat pencemaran sebagai berikut :

- a. Sungai/saluran yang tercemar berat, setiap dua minggu sekali selama setahun;
- b. Sungai/saluran yang tercemar ringan sampai sedang, sebulan sekali selama setahun;
- c. Sungai/saluran alami yang belum tercemar, tiga bulan sekali selama setahun;
- d. Danau/waduk setiap dua bulan sekali selama setahun;
- e. Air tanah setiap tiga bulan sekali selama setahun;
- f. Air meteoric sesuai dengan keperluan

#### **4.4 Pengambilan contoh terkait jenis air**

Lokasi pengambilan contoh di air permukaan dapat berasal dari daerah pengaliran sungai dan danau/waduk. Ketentuan pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai (PDS), berdasarkan pada :

1. Sumber air alamiah, yaitu lokasi pada tempat yang belum terjadi atau masih sedikit pencemaran;
2. Sumber air tercemar, yaitu lokasi pada tempat yang telah mengalami perubahan atau di hilir sumber pencemar;
3. Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi pada tempat penyadapan pemanfaatan sumber air tersebut (lihat gambar.

Pemantauan kualitas air pada danau/waduk berdasarkan pada :

1. Tempat masuknya sungai ke danau/waduk;
2. Di tengah danau/waduk;
3. Lokasi penyadapan air untuk pemanfaatan;
4. Tempat keluarnya air danau/waduk.

## 1. Air Tanah

Lokasi pengambilan contoh air tanah dapat berasal dari air tanah bebas (tidak tertekan) dan air tanah tertekan dengan ketentuan

- a. Sebelah hulu dan hilir lokasi penimbunan/pembuangan sampah kota / Industri.
- b. Sebelah hilir daerah pertanian yang intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia.
- c. Di daerah pantai dimana terjadi penyusupan air asin;
- d. Tempat-tempat lain yang dianggap perlu.

Titik pengambilan contoh air tanah dapat berasal dari air tanah bebas dan air tanah tertekan (artesis) dengan ketentuan pada sumur gali contoh diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air dan sebaiknya diambil pada pagi hari. pada sumur bor dengan pompa tangan/mesin, contoh diambil dari kran/mulut pompa keluaranya air setelah air dibuang selama lebih kurang lima menit Sunarti, R. N. (2015).

Pengambilan contoh air pada air tanah tertekan (artesis),dilakukan sebagai berikut:

- a. Pada sumur bor eksplorasi contoh diambil pada titik yang telah ditentukan sesuai keperluan eksplorasi;
- b. Pada sumur observasi contoh diambil pada dasar sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang sampai habis (dikuras) sebanyak tiga kali;
- c. Pada sumur produksi contoh diambil pada kran/mulut pompa keluaranya air.

Lokasi pengambilan contoh air tanah dapat berasal dari tanah tertekan, dengan ketentuan berikut :

- a. Di sumur produksi air tanah untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian dan industri;
- b. Di sumur produksi air tanah pam maupun sarana umum; di sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah;
- c. Di lokasi kawasan industri;
- d. Di sumur observasi untuk pengawasan imbuhan;

- e. Pada sumur observasi air tanah di suatu cekungan air tanah artesis (misalnya : cekungan artesis bandung);
- f. Pada sumur observasi di wilayah pesisir dimana terjadi penyusupan air asin;
- g. Pada sumber observasi penimbunan/pengolahan limbah industri bahan berbahaya dan beracun (b3);
- h. Pada sumur lainnya yang dianggap perlu.

## 2. Air Permukaan

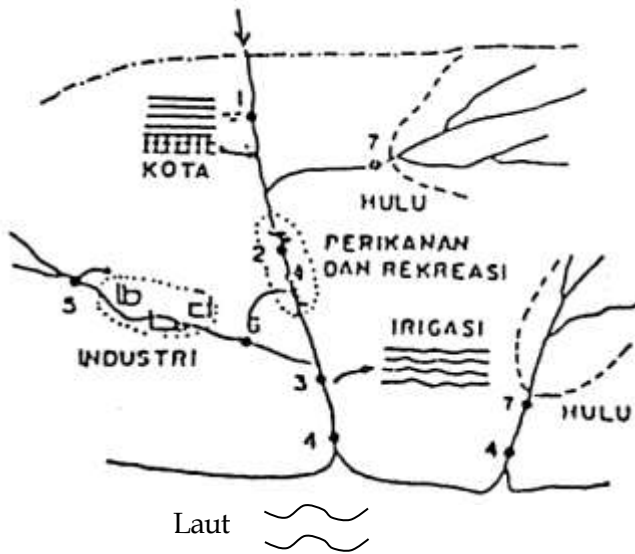
Titik pengambilan contoh pada perairan berupa sungai dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Sungai dengan debit kurang dari  $5 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh diambil pada satu titik ditengah sungai pada  $0,5 \times$  kedalaman dari permukaan air;
- b. Sungai dengan debit antara  $5\text{-}150 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar sungai pada  $0,5 \times$  kedalaman dari permukaan air;
- c. Sungai dengan debit lebih dari  $150 \text{ m}^3/\text{detik}$  contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak  $1/4$ ,  $1/2$  dan  $3/4$  lebar sungai pada  $0,2 \times$  dan  $0,8 \times$  kedalaman dari permukaan air.

Titik pengambilan contoh di danau/waduk dengan ketentuan :

- a. Danau/waduk yang kedalamannya kurang dari  $10 \text{ m}$ , contoh diambil pada dua titik di permukaan dan di dasar danau/waduk;
- b. Danau/waduk dengan kedalaman antara  $10\text{-}30 \text{ m}$ , contoh diambil pada tiga titik, yaitu : di permukaan, di lapisan termoklin dan di dasar danau / waduk;
- c. Danau/waduk dengan kedalaman antara  $30\text{-}100 \text{ m}$ , contoh diambil pada empat titik, yaitu : dipermukaan, di lapisan termoklin (metalimnion), di atas hipolimnion dan di dasar danau/waduk;

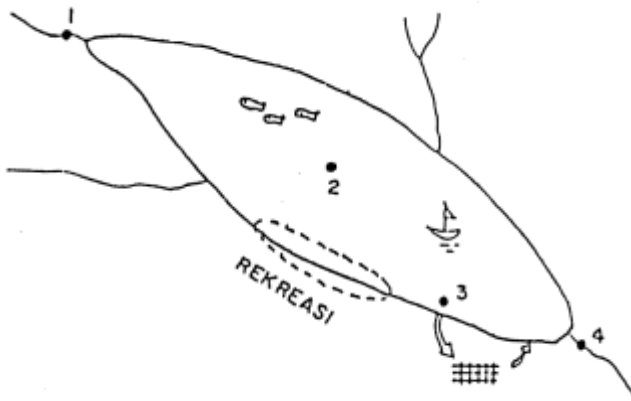
- d. Danau/waduk yang kedalamannya lebih dari 100 m, titik pengambilan contoh dapat ditambah sesuai dengan keperluan.



**Gambar 4.4.** Acuan titik pengambilan contoh air permukaan

Keterangan :

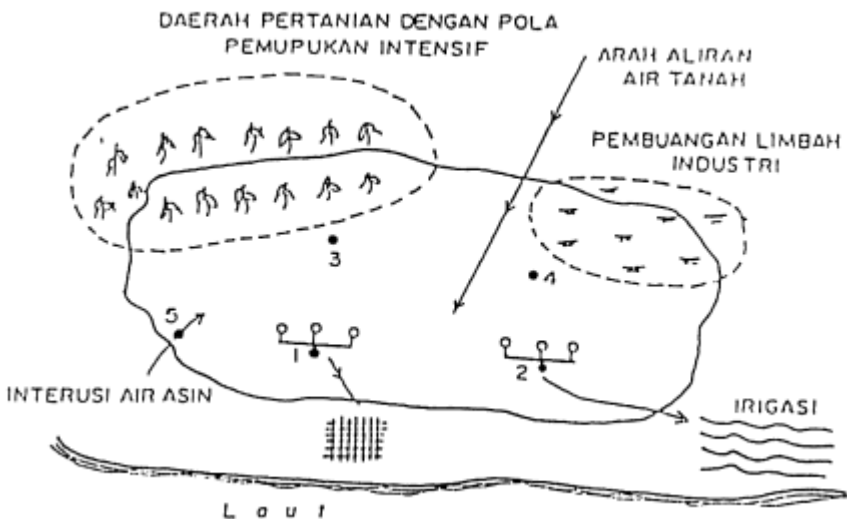
1. Penyediaan air untuk kota yang besar
2. Perikanan dan rekreasi
3. Irigasi dan pertanian dalam skala besar
4. Batas pasang surut sungai
5. Untuk keperluan industri
6. Hilir dari buangan industri dan anak sungai yang mempengaruhi sungainya
7. Lokasi hulu, belum ada kegiatan



**Gambar 4.5.** Acuan titik pengambilan contoh air Danau/waduk

Keterangan :

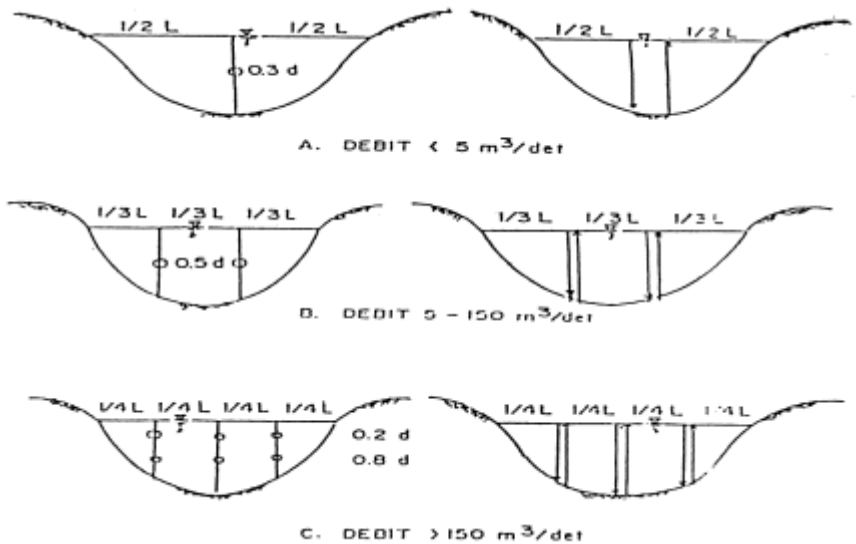
1. Tempat masuknya anak sungai ke danau
2. Kualitas air danau pada umumnya
3. Penyediaan air untuk perkotaan
4. Tempat keluarnya air danau



**Gambar 4.6.** Acuan titik pengambilan contoh air tanah

Keterangan :

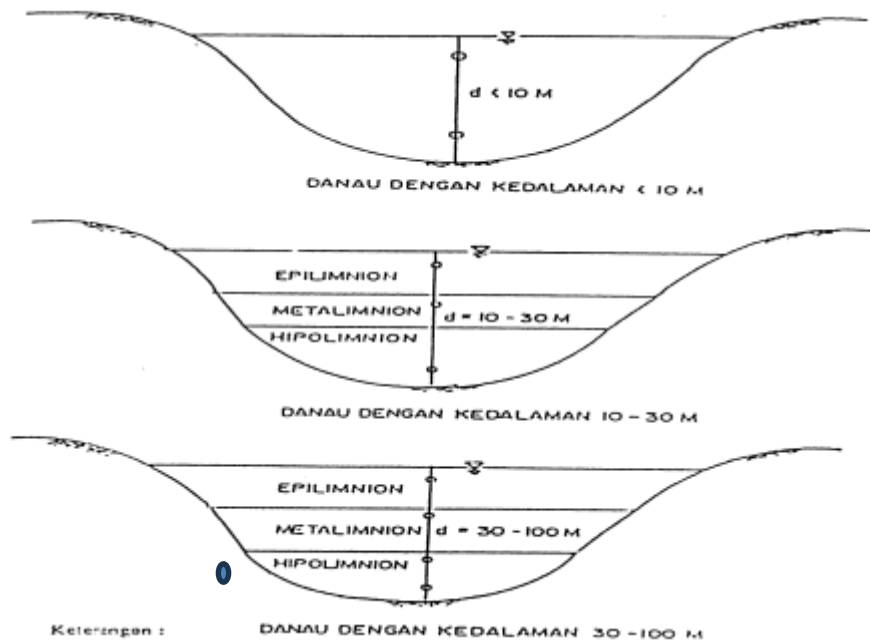
1. Sumur produksi untuk penyediaan air kota
2. Sumur produksi untuk penyediaan air irigasi
3. Sumur observal untuk pemantauan dampak pencemaran perkotaan
4. Sumur observal untuk pemantauan dampak pencemaran industri
5. Sumur observal untuk pemantauan dampak interval air



**Gambar 4.7.** Acuan pengambilan contoh pada Sungai berdasarkan debit

Keterangan :

- Titik pengambilan contoh air dengan akat tipe mendatar
- Titik pengambilan contoh air dengan akat tipe tegak terpadu
- $d$  : kedalaman air
- $L$  : lebar sungai



**Gambar 4.8.** Acuan pengambilan contoh vertical/kedalaman

Keterangan :

Titik pengambilan contoh

d : kedalaman air



## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, N.F. 2016. Pemeriksaan MPN *Coliform* dan *Colitinja* pada Minuman Es Teh yang dijual di Pelabuhan Rambang Kota Palangka Raya. *Jurnal Surya Medika*, 2(1), 30-38.
- Aronggear, T.E., Supit, C.J., & Mamoto, J.D. 2019. Analisis Kualitas dan Kuantitas Penggunaan Air Bersih PT. Air Manado Kecamatan Wenang. *Jurnal Sipil Statistik*, 7(12), 1625–1632.
- Herlambang,A. 2002 Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tahu. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda.
- Nasution, M. Y. Nasution, Muhammad Yusuf, Pulungan, Ahmad Shafwan S., Chairani, Fitri, Wulandari, Wulandari. 2020. 'Isolasi Dan Identifikasi Biokimia Bakteri Asal Sungai Batang Gadis Sumatera Utara', *Jurnal Biosains*, 6(3). Doi: 10.24114/jbio.V6i3.21826.
- Razi, T.K. & Syahputra, F. 2021. Uji Kualitas Air Sumur dengan menggunakan Metode MPN (*Most Probable Numbers*) di Desa Dayah Tanoh Kecamatan Glumpang Tiga Kabupataen Pidie Tahun 2020. *Jurnal Real Riset*, 3(2), 118-124.
- Restiyani, A.A. 2021. *Analisis Kandungan Bakteri Coliform dan Escherichia coli pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung*. Skripsi Sarjana, Universitas Islam Negeri Raden Intan, Lampung.
- Sari, R. & Apridamayanti, P. 2014. Cemaran Bakteri *Escherichia coli* dalam Beberapa Makanan Laut yang Beredar di Pasar Tradisional Kota Pontianak. *Kartika Jurnal Ilmiah Farmasi*, 2(2), 14-19.
- Sekarwati, N., Subagiyono, & Wulandari, H. 2016. Analisis Kandungan Bakteri Total *Coliform* dalam Air Bersih dan *Escherichia coli* dalam Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kerja Puskesmas Kalasan Sleman. *Kesmas*, 10(2), 1-12.

- Sunarti, R. N. 2015. 'Uji Kualitas Air Sumur Dengan Menggunakan Metode MPN (*Most Probable Numbers*)', *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 1(1), Pp. 30–34.
- Widyaningsih, W., Supriharyono, S. And Widyorini, N. 2016. 'Analisis Total Bakteri Coliform Di Perairan Muara Kali Wisu Jepara', *Management Of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(3), Pp. 157–164. Doi: 10.14710/Marj.V5i3.14403.

# **BAB 5**

## **SAMPEL LIMBAH CAIR UNTUK PARAMETER KIMIA**

*Oleh Alianto*

### **5.1 Pendahuluan**

Volume Limbah cair yang berasal dari buangan hasil proses dari berbagai sumber baik dari industri maupun pemukiman dan lain-lainnya mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Peningkatan volume limbah cair merupakan konsekuensi dari meningkatnya aktifitas yang dilakukan manusia. Limbah cair membawa atau mengangkut sisa-sisa proses produksi atau hasil samping yang tidak dapat digunakan lagi. Produk samping dari sisa proses produksi dari berbagai sumber sebagian besar berupa bahan organik. Bahan organik pada penggolongannya termasuk dalam parameter kimia yang sangat penting untuk diketahui karakteristik dan sifatnya. Keberadaan bahan organik dalam limbah cair akan mengalami beberapa peristiwa kimia seperti dekomposisi. Keberadaan bahan organik sampai dengan mengalami peristiwa kimia akan menyebabkan perubahan (Alianto, 2023) pada parameter kimia lainnya.

Parameter kimia lainnya dalam limbah cair yang mengalami perubahan sebagai konsekuensi keberadaan bahan organik sampai dengan proses dekomposisinya adalah pH (Potential Hydrogen) dan DO (*Disolved Oxygen*). Selain pH dan DO, parameter kimia lainnya yang mengalami perubahan adalah BOD (*Biological* atau *Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Besarnya perubahan tergantung pada nilai dan konsentrasi setiap parameter kimia tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran yang dilaksanakan melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan ini dimaksudkan agar hasil yang diperoleh representatif mewakili sumber secara keseluruhan. Beberapa tahapan

pengukuran meliputi menentukan lokasi pengambilan sampel, prosedur pengambilan sampel dan analisis sampel di laboratorium.

## **5.2 Lokasi Pengambilan Sampel**

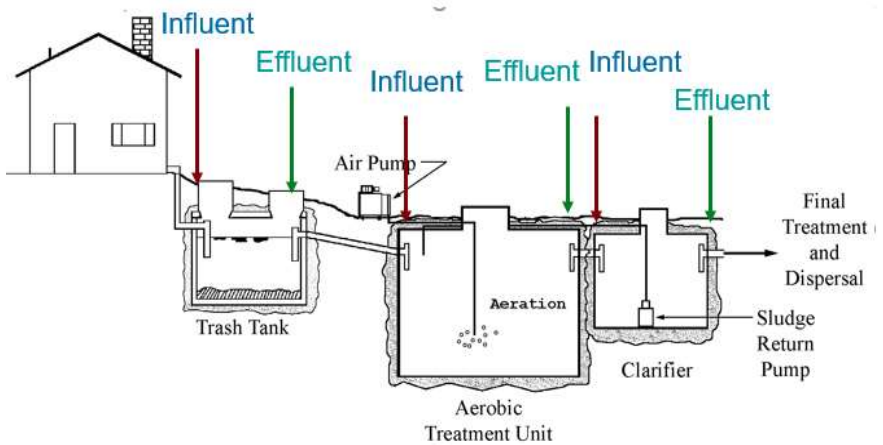
Penentuan lokasi pengambilan sampel limbah cair sangat penting dalam pengukuran parameter kimia. Penentuan lokasi pengambilan sampel yang baik dan benar harus memperhatikan limbah cair dari berbagai sumber di tampung atau langsung di buang ke badan air. Pengambilan sampel limbah cair pada sumber yang limbah cairnya ditampung pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbeda dengan tidak memiliki IPAL atau langsung dibuang ke badan air.

### **5.2.1 Sumber Yang Dilengkapi IPAL**

Lokasi pengambilan sampel limbah cair perlu mendapat perhatian dengan baik terutama untuk pengukuran parameter kimia. Pengambilan sampel limbah cair yang tidak representatif (mewakili sampel limbah cair dari sumbernya) akan menghasilkan interpretasi hasil pengukuran parameter kimia yang tidak akurat dan representatif. Lokasi pengambilan sampel limbah cair yang berasal dari sumber yang dilengkapi IPAL sebagai berikut:

- a. Influen, merupakan limbah cair dari hasil proses suatu kegiatan yang di buang pada unit IPAL. Pengambilan sampel limbah cair pada titik ini penting terutama untuk mengetahui konsentrasi awal parameter kimia setelah proses dari sumbernya dan akan dibuang ke IPAL.
- b. Efluen, merupakan limbah cair setelah melalui proses pengolahan pada salah satu unit IPAL yang akan dilanjutkan pengolahannya ke unit IPAL lainnya atau dan akan dibuang ke badan air seperti sungai. Pengambilan sampel limbah cair pada titik ini terutama untuk mengetahui konsentrasi parameter kimia setelah melalui proses pengolahan di IPAL

Pengambilan sampel limbah cair untuk pengukuran parameter kimia pada sumber yang belum dilengkapi IPAL disajikan pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1.** Titik pengambilan sampel pada influen dan efluen IPAL  
(Sumber: Heger, 2020).

### 5.2.2 Sumber Yang Tidak Dilengkapi IPAL

Pengambilan sampel limbah cair pada sumber yang tidak dilengkapi IPAL berbeda dengan sumber yang dilengkapi dengan IPAL. Sumber yang tidak dilengkapi IPAL lebih beragam dengan cakupannya lebih luas. Sumber yang termasuk dalam kategori ini umumnya ditemukan pada rumah-rumah di pemukiman padat, usaha-usaha yang dikelola secara tradisional, kegiatan pertanian, peternakan, perikanan dan lain-lain. Pengambilan sampel limbah cair untuk parameter kimia langsung pada sumbernya (limbah cair bekas proses di setiap kegiatan misalnya dalam rumah). Pengambilan sampel limbah cair dengan cara ini dilakukan bila sumber tersebut tidak dilengkapi dengan saluran pembuangan. Bila sumber tersebut dilengkapi dengan saluran pembuangan maka pengambilan sampel limbah cair dilakukan pada saluran pembuangan sebelum kontak atau sampai ke badan air seperti sungai.

## 5.3 Prosedur Pengambilan Sampel

Tahapan ini sangat penting karena berkaitan dengan tingkat akurasi dan keterwakilan sampel limbah cair yang akan diukur parameter kimianya. Selama pengambilan, penyimpanan, pengawetan dan pengangkutan dari sumbernya ke laboratorium dapat terjadi *lost* dan *contamination* (Hutagalung, 1997). *Lost* dan *contamination* menyebabkan sampel limbah cair yang di bawa dari sumber ke laboratrium tidak dan mengalami kerusakan. *Lost* menyebabkan hasil analisis lebih rendah dari konsentrasi sebenarnya dalam sampel. Sebaliknya *contamination* menyebabkan hasil analisis lebih tinggi dari konsentrasi sebenarnya dalam sampel. Tahapan ini menguraikan prosedur pengambilan sampel limbah cair untuk pengukuran bahan organik dan inorganik yang batasi hanya pada nutrien.

### 5.3.1 Wadah Untuk Mengambil dan Menyimpan Sampel

Wadah sama dengan alat yang digunakan untuk mengambil sampel limbah cair. Alat yang digunakan untuk mengambil limbah cair dari sumbernya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (SNI, 1990):

1. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel limbah cair
2. Mudah dicuci dari bekas sampel limbah cair dari pengambilan sebelumnya
3. Sampel limbah cair yang sudah diambil dari sumbernya mudah dipindahkan ke dalam wadah penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.
4. Tidak mengganggu, mudah dan aman selama transportasi
5. Kapasitas volume alat menyesuaikan dengan parameter kimia yang akan diukur

Wadah atau alat yang digunakan untuk menyimpan sampel limbah cair harus sesuai standar serta memenuhi beberapa persyaratan berikut (SNI, 1990):

1. Terbuat dari bahan gelas atau plastik polietilen (PE) atau poli propilen (PP) atau teflon atau Poli Tetra Fluoro Etilen (PTFE).
2. Dapat ditutup dengan cepat, kuat dan rapat.

3. Bersih dan bebas dari mikroba kontaminan.
4. Kuat dan tidak mudah pecah

### **5.3.2 Mempersiapkan Wadah**

Pertama yang harus dipersiapkan sebelum pengambilan sampel limbah cair adalah menyiapkan wadah yang akan digunakan. Tahapan atau langkah-langkah yang harus dipersiapkan sebagai berikut (SNI, 1990):

1. Untuk menghindari kontaminasi sampel di lapangan, seluruh wadah contoh harus dibersihkan di laboratorium sebelum dilakukan pengambilan sampel.
2. Wadah yang disiapkan jumlahnya harus selalu lebih dari yang dibutuhkan sebagai cadangan untuk mengantisipasi kemungkinan terburuk waktu dilakukan pengambilan sampel.
3. Jenis wadah sampel dan tingkat pembersihan yang diperlukan tergantung dari jenis contoh yang akan diambil.

### **5.3.3 Menyiapkan Wadah Untuk Bahan Organik dan Nutrien**

Wadah yang akan digunakan sebagai tempat sampel limbah cair untuk pengujian bahan organik dan nutrien berbeda dengan sampel untuk pengukuran parameter kimia lainnya. Tahapan atau langkah-langkah menyiapkan wadah sebagai berikut (Hutagalung, 1997):

1. Cuci botol dan tutupnya dengan deterjen bebas kemudian bilas dengan air bersih sebanyak 3 kali.
2. Cuci botol dengan asam klorida (HCl) 1:1 dan bilas lagi dengan air suling sebanyak 3 kali dan biarkan mengering, setelah kering tutup botol dengan rapat.
3. Untuk pengukuran amonia, wadah dicuci sebanyak 3 kali dengan air suling bebas amonia.
4. Untuk pengukuran nitrat, wadah dicuci sebanyak 3 kali dengan air suling bebas nitrat.
5. Untuk pengukuran nitrit, wadah dicuci 3 kali dengan air suling bebas nitrit.
6. Untuk pengukuran fosfat, wadah dicuci 3 kali dengan air suling bebas fosfat.

## 5.4 Pengukuran Parameter Kimia

Pengambilan dan pengukuran sampel limbah cair untuk parameter kimia dilakukan secara *in situ* dan *eks situ*. Parameter *in situ* merupakan parameter yang pengukurannya dilakukan secara langsung di sumbernya atau lapangan. Beberapa parameter kimia yang pengukurannya dilakukan secara *in situ* di antaranya pH, DO, BOD dan COD. Pengukuran parameter-parameter ini dilakukan dengan terlebih dahulu mempersiapkan alat-alat pengukur yang akan di bawa untuk melakukan pengukuran pada sumber limbah cair. Parameter *eks situ* merupakan parameter yang pengukurannya selain atau bukan di lapangan atau pengukurannya di laboratorium. Beberapa parameter kimia yang pengukurannya secara *eks situ* diantaranya total nitrogen dan total fosfat, amonia, nitrit, nitrat dan fosfat.

### 5.4.1 pH

Perubahan nilai pH di bawah pH netral (pH netral = 7) menunjukkan limbah cair banyak mengandung bahan organik yang sedang berlangsung proses dekomposisi. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur pH adalah alat digital seperti pH meter. Cara penggunaannya dengan mengambil air pada kedalaman sekitar 10 cm dari permukaan dengan menggunakan botol yang mulutnya agak lebar dan tutup. Setelah itu ukur pH dengan cara celupkan sensor pH meter kedalam botol air. Layar monitor akan mengeluarkan angka dan bila angka sudah stabil di catat sebagai nilai pH terukur. Selain alat digital, pH dapat diukur dengan alat manual seperti kertas lakmus. Cara penggunaan dengan mengambil 1 strip kertas lakmus dan masukkan dalam air dengan membiarkan tercelup selama sekitar 5 menit. Setelah itu ambil strip kertas lakmus tersebut lalu cocokkan dengan warna kontrol atau warna indikator yang tercantum pada kotak atau tempat kertas lakmus. Bila sudah sesuai catat angka sebagai nilai pH yang terukur.

### 5.4.2 DO

DO atau oksigen terlarut menggambarkan konsentrasi oksigen terlarut dalam limbah cair. Nilai DO di bawah 4 mg/L menunjukkan DO dalam limbah cair rendah. Faktor penyebabnya adalah DO yang ada digunakan mikroorganisme pengurai untuk



menguraikan bahan organik. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur DO adalah alat digital seperti DO meter. Cara penggunaannya sama seperti pH meter. Nilai pengukuran DO dengan alat ini menggambarkan konsentrasi total oksigen terlarut dalam limbah cair baik yang berasal dari difusi dengan udara maupun hasil fotosintesis fitoplankton dalam limbah cair. Selain menggunakan DO meter, pengukuran DO dapat dilakukan menggunakan metode oksigen botol terang - botol gelap dengan titrasi winkler. Prinsip pengukuran DO dengan cara ini adalah mengukur DO hasil proses fotosintesis fitoplankton dan penggunaan DO dalam proses dekomposisi oleh bakteri. Secara *in situ* metode ini telah diterapkan di perairan teluk Banten (Alianto et.al., 2008). Prosedur pengukuran dengan metode oksigen botol terang – botol gelap sebagai berikut:

1. Proses pengambilan sampel dan inkubasi dengan tahapan sebagai berikut:
  - a. Siapkan alat dan bahan seperti kemmerer water sampler volume 1 atau 2 L, botol BOD volume 300 mL, pipet volumetrik 1 mL, pipet tetes, selang kecil dan kain plankton net.
  - b. Ambil sampel limbah cair dengan kemmerer water sampler dan dialirkan dengan selang plastik kedalam botol BOD.
  - c. Ujung selang plastik dibungkus dengan kain plankton net berukuran 200  $\mu\text{m}$  yang berfungsi sebagai penyaring zooplankton atau protozoa agar tidak terjadi grazing selama masa inkubasi berlangsung dan ujung selang tersebut harus sampai ke dasar botol BOD.
  - d. Pada saat pengisian sampel ke dalam botol BOD dilakukan sampai meluap dan jumlah air yang meluap adalah sekitar  $\frac{1}{3}$  volume botol BOD.
  - e. Selama pengisian tidak boleh ada gelembung udara dalam botol BOD yang telah berisi sampel.
  - f. Setelah penuh (air dari kemmerer water sampler masih tetap mengalir), selang plastik dikeluarkan dengan pelan-pelan dan setelah itu botol BOD ditutup.

- g. Kemudian diperiksa apakah ada gelembung udara dalam botol, kalau ada gelembung udara maka sampel dibuang, pengisian diulang.
2. Proses pengukuran oksigen terlarut dengan titrasi winkler dengan tahapan sebagai berikut:
  - a. Siapkan alat dan bahan seperti gelas erlenmeyer, pipet volumetrik 1 mL, pipet tetes,  $\text{MnSO}_4$ , Kalium Iodida (KI), NaOH,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Na-thiosulfat dan amylum.
  - b. Tambahkan 1 ml  $\text{MnSO}_4$ , dan 1 ml NaOH + KI dalam botol BOD lalu tutup dan membolak-balikkan botol  $\pm 20$  kali biarkan beberapa saat hingga endapan coklat terbentuk dengan sempurna. Penambahan larutan  $\text{MnSO}_4$  dan alkali iodida (NaOH + KI) dilakukan dengan memakai pipet. Ujung pipet berada kira-kira 2 cm dari leher botol kedalam botol. Endapan dibiarkan turun ke dasar botol.
  - c. Setelah 2–3 menit endapan turun ke dasar botol, ulangi membolak-balikkan botol, kemudian endapan dibiarkan turun kembali ke dasar botol.
  - d. Tambahkan 2 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat aduk dengan cara yang sama hingga semua endapan larut. Selanjutnya ambil 50 ml air dari botol BOD tersebut kemudian masukkan kedalam erlenmeyer lalu dititrasi dengan Na-thiosulfat hingga terjadi perubahan warna dari kuning tua ke kuning muda.
  - e. Tambahkan 1–3 tetes indikator amylum hingga terbentuk warna biru. Lanjutkan titrasi dengan Na-thiosulfat hingga tepat tidak berwarna (bening).
  - f. Setelah itu mengukur kandungan oksigen terlarut pada botol terang botol gelap dengan formula sebagai berikut:

$$\text{mg } \text{O}_2 / \text{L} = \frac{(\text{ml titran})(\text{Normalitas thiosulfat})(8)(1000)}{(\text{ml sampel}) \frac{(\text{ml BOD} - \text{ml reagenter dipakai})}{(\text{ml botol BOD})}}$$

Catatan : Normalitas thiosulfat 0.013 N.

Reagent terpakai 4 ml (1 ml  $\text{MnSO}_4$  dan NaOH + KI dan 2 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , untuk volume botol BOD 300 ml).

### 5.4.3 BOD

BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik. BOD menggambarkan bahan organik yang mudah teruraikan secara biologis. Penentuan BOD dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik yang terlarut dalam limbah cair pada waktu 5 hari (Effendi, 2003).

Prosedur penentuan BOD (Hariyadi, 1992) termasuk pada limbah cair sebagai berikut:

1. Ambil sampel limbah cair sebanyak 1 – 2 L pada lokasi yang telah ditentukan dari sumbernya dan bila sampel limbah cair terlalu keruh lanjutkan ke prosedur b serta bila tampak jernih lanjutkan ke prosedur c.
2. Encerkan 400-500 mL limbah cair 5 – 100 kali (tergantung pada tingkat kepekaan sampel) dengan menggunakan akuades bebas biota.
3. Tingkatkan konsentrasi oksigen sampel limbah cair dengan aerasi menggunakan aerator baterai selama  $\pm 5$  menit (menuangkan sampel limbah cair dari botol satu ke botol lainnya dan sebaliknya sebanyak 15 kali atau lebih). Cara ini untuk meningkatkan ketersediaan oksigen untuk proses dekomposisi sampai hari terakhir inkubasi.
4. Pindahkan sampel limbah cair tersebut ke dalam botol BOD gelap dan terang sampai penuh. Sampel limbah cair dalam botol BOD terang segera dianalisa konsentrasi DO nya ( $DO_1$ ). Botol BOD gelap dan sampel limbah cair di dalamnya diinkubasi dalam BOD inkubator pada suhu 20 °C. Setelah 5 hari, tentukan konsentrasi DO ( $DO_5$ ).
5. Penentuan konsentrasi DO bisa dilakukan secara titrimetrik atau menggunakan DO meter
6. Perhitungan  $BOD_5$  menggunakan rumus berikut:  $BOD_5$  (mg/L) =  $(DO_1 - DO_5) \times \text{faktor pengeceran}$

#### 5.4.4 COD

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan seluruh bahan organik (mudah terurai dan sulit terurai) dengan menggunakan oksidator kuat (APHA, 2005). Bahan organik mudah terurai berasal dari limbah domestik atau pemukiman dan bahan organik yang sulit terurai berasal dari limbah industri, pertambangan dan pertanian.

Prosedur pengukuran COD sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan pereaksi sebagai berikut:
  - a. Larutan potassium dichromate 1 N. Pembuatan larutan ini dengan mengeringkan standar (kristal)  $K_2Cr_2O_7$  pada temperatur  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam dan dinginkan dalam desikator. Selanjutnya timbang sebanyak 49,036 gr dan larutkan dalam akuades sampai 1000 mL.
  - b. Larutan potassium dichromate 0,0250 N. Pembuatan larutan ini dengan mengencerkan 25 mL larutan potassium dichromate 1 N dan 100 mg sulfanic acid dengan akuades sampai volumenya 1000 mL.
  - c. Larutan ferrous ammonium sulfat (FAS). Pembuatan larutan ini dengan menimbang 9,8 gr  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  dan larutkan dalam akuades. Selanjutnya tambahkan 20 mL  $H_2SO_4$  pekat dan dinginkan. Setelah dingin, encerkan dengan akuades sampai volumenya 1000 mL. Selanjutnya simpan di tempat gelap. Larutan ini di standarisasi setiap hari.

Standarisasi FAS (dilakukan pada hari yang sama) dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Pipet sebanyak 10 mL  $K_2Cr_2O_7$  0,0250 N, masukkan kedalam erlenmeyer yang berisi 45 mL akuades
- 2) Tambahkan 30 mL  $H_2SO_4$  pekat, aduk dan dinginkan.
- 3) Tambahkan 2-3 tetes indikator ferroin dan aduk.
- 4) Titrasi dengan FAS (catat miniskus buret pada awal dan akhir titrasi).

Perhitungan normalitas FAS menggunakan persamaan berikut:

$$COD\text{ (mg/L)} = \frac{N\text{ } K_2Cr_2O_7 \times mL\text{ } K_2Cr_2O_7}{mL\text{ FAS}}$$

- d. Larutan indikator ferroin. Pembuatan larutan ini dengan melarutkan sebanyak 1,8877 gr 1,10-phenanthroline monohydrate dan 0,70 gram  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dalam 100 mL akuades.
2. Prosedur penentuan COD sebagai berikut:
    - a. Siapkan erlenmeyer 125 ml dan tambahkan 5 mL sampel ke dalam erlenmeyer.
    - b. Tambahkan 2,5 ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan aduk.
    - c. Tambahkan dengan 7,5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat (gunakan ruang asam) dan aduk.
    - d. Tutup erlenmeyer dengan gelas penutup dan biarkan sekitar 30 menit.
    - e. Selanjutnya encerkan dengan menambahkan 5 mL akuades bebas ion dan aduk.
    - f. Tambahkan 2-3 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan FAS sampai terjadi perubahan warna dari kuning oranye atau biru kehijauan menjadi merah kecoklatan.
    - g. Buat larutan blanko dengan menggunakan 5 mL akuades, kemudian tambahkan pereaksi seperti pada prosedur a-f. Larutan blanko diperlukan untuk perhitungan nilai COD.
    - h. Perhitungan COD menggunakan rumus berikut:
 
$$\text{COD (mg/L)} = \frac{B - S \times N \times 8 \times 1000}{\text{mL sampel}}$$

Keterangan: B = Volume FAS yang digunakan dalam larutan blanko (mL).  
 S = Volume FAS yang digunakan dalam sampel limbah (mL).  
 N = Normalitas FAS.

#### 5.4.5 Total Nitrogen dan Fosfat

TN (Total Nitrogen) termasuk dalam limbah cair terdiri dari Partikulat Organik Nitrogen (PON), Nitrogen Organik Terlarut (DON) dan Nitrogen Inorganik Terlarut (DIN). TP (Total Fosfat) termasuk dalam limbah cair terdiri dari Partikulat Organik Fosfat (POP), Fosfat Organik Terlarut (DOP) dan Fosfat Inorganik Terlarut (DIP). Sumber dari TN dan TP berasal dari hancuran sisa-sisa organisme baik tumbuhan maupun hewan yang telah mati dan

kotoran hewan yang berasal proses industri, pemukiman, pertanian dan peternakan. Pengukuran TN menggunakan metode persulphate dan TP menggunakan metode peroxodisulphate (Grasshoff, 1976). Penerapan kedua metode ini telah dilakukan pada sampel air laut yang bersumber dari perairan teluk Doreri (Alianto et al., 2016).

Prosedur pengukuran TN dan TP sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan secara *in situ* dengan tahapan sebagai berikut:
  - a. Mempersiapkan botol polietilen volume 1 L, plastik hitam atau plastik polibek, karet gelang dan *coolbox*.
  - b. Mengambil sampel limbah cair dengan mencelupkan botol sampel di bawah permukaan sekitar 20-30 cm dan isi sampai penuh. Setelah itu botol di tutup dengan penutup botol (penutupan botol dengan posisi botol masih dalam limbah cair).
  - c. Botol yang sudah terisi sampel di angkat dan bungkus dengan plastik hitam atau polibek hitam dan diikat ujungnya dengan karet gelang.
  - d. Setelah itu botol sampel taruh dalam *coolbox* berisi es batu dengan suhu di bawah 4 °C.
2. Pengukuran sampel secara eks situ di laboratorium dengan tahapan sebagai berikut:
  - a. Keluarkan botol sampel dari *coolbox* dan biarkan beberapa menit sampai suhu botol stabil (suhu ruangan).
  - b. Siapkan kertas saring millipore ukuram mesh size 0,45 µm.
  - c. Siapkan pompa vakum dan glass microfibre filter.
  - d. Lakukan penyaringan seperti pada Gambar 5.2.
  - e. Gerus kertas millipore sampai halus.
  - f. Ukur konsentrasi partikulat N dan P dengan spektrofotometer.

#### 5.4.6 Amonia

Amonia dengan rumus kimia  $\text{NH}_3\text{-N}$  merupakan bentuk pertama atau sementara dari nitrogen. Sumber amonia berasal dari hasil dekomposisi bahan organik (sisa tumbuhan dan hewan atau yang telah mati) yang dilakukan mikroba dan jamur yang dikenal dengan proses amonifikasi (Effendi, 2003). Pengukuran amonia menggunakan metode penat. Prosedur pengukuran dengan metode ini mengacu pada APHA (2005). Prosedur pembuatan pereaksi amonia dibuat dari 15 mL Natrium hidroksida dan 1 g kalium peroksidasulfat yang dilarutkan dalam 500 mL aquades. Larutan alkalin dibuat dari 100 g asam sitrat dan 5 g natrium hidroksida yang dilarutkan ke dalam 500 mL aquades. Larutan hipoklorit dibuat dari 2.5 g natrium nitroprusit dihidrat dilarutkan ke dalam 500 mL aquades. Larutan fenol dibuat dari 11.1 mL fenol dan 95 mL etil alkohol dilarutkan ke dalam 100 mL aquades. Larutan stok amonia dibuat dari 3,819 g amonium klorida dilarutkan ke dalam 1000 mL aquades. Ukur 25 mL air yang telah disaring (Gambar 5.2), lalu ditambahkan 1 mL larutan fenol, 1 mL larutan hipoklorit dan 2.5 mL larutan alkalin, dan ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm.

Dalam menghitung konsentrasi amonia dilakukan dengan membuat satu seri larutan standar amonia-nitrogen dengan konsentrasi 1,22 mg/L sebagai berikut : 0,5; 1; 1,5; 2; 3 mL. Setiap larutan standar ini diencerkan menjadi 50 mL dengan aquades bebas amonia. Larutan standar masing masing mengandung 0,1; 0,1; 0,3; 0,3; 0,5 mg  $\text{NH}_3\text{-N/L}$ . Selanjutnya masing-masing di ambil 25 mL air tersaring (Gambar 5.2) lalu ditambahkan 1 mL larutan fenol, 1 mL larutan hipoklorit dan 2,5 larutan alkalin. Ukur absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm. Buat grafik persamaan regresi larutan standar, sehingga diperoleh rumus untuk menentukan konsentrasi amonia. Rumus untuk menghitung konsentrasi amonia sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi amonia (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi} - 0.0379}{0.9401}$$

5.4.7 Nitrit

Nitrit dengan rumus kimia  $\text{NO}_2\text{-N}$  merupakan bentuk transisi dari amonia ke nitrat melalui proses nitrifikasi. Pengukuran nitrit menggunakan metode sulfanilamit. Prosedur pembuatan pereaksi dengan metode ini mengacu pada APHA (2005). Aquades bebas nitrit dibuat dari 5 mg kalium permanganat dan kalsium hidroksida. Larutan pewarna dibuat dari 10 mL asam fosfat dan 1 g sulfanilamityang dilarutkan dalam 80 mL aquades, tambahkan 1 g n-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorida. Larutan standar nitrit dibuat dari 0,4925 g natrium nitrit dilarutkan dalam 1000 mL aquades. Ukur 10 mL air yang telah disaring (Gambar 5.2) dan tambahkan dengan 0,4 mL larutan pewarna dan ukur absorbansinya. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 54 nm.



Gambar 5.2. Prosedur pengukuran sampel sampel limbah cair.



Dalam menghitung konsentrasi nitrit dilakukan dengan membuat satu seri larutan standar nitrit-nitrogen dengan konsentrasi 0.50 mg/L sebagai berikut : 0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 mL. Setiap larutan standar ini diencerkan menjadi 50 mL dengan aquades bebas nitrit. Larutan standar masing masing mengandung 0,01; 0,02; 0,05; 0,10; 0,15 mg  $\text{NH}_2\text{-N/L}$ . Selanjutnya masing-masing di ambil 10 mL air tersaring (Gambar 5.2) lalu ditambahkan 0,4 mL larutan pewarna ukur absorbansinya. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 543 nm. Buat grafik persamaan regresi larutan standar, sehingga diperoleh rumus untuk menentukan konsentrasi nitrit. Rumus untuk menghitung konsentrasi nitrit sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi nitrit (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0.0005}{1.1349}$$

#### 5.4.8 Nitrat

Nitrat dengan rumus kimia  $\text{NO}_3\text{-N}$  merupakan bentuk akhir dari nitrogen. Keberadaan nitrat akan stabil termasuk di limbah cair bila konsentrasi DO tinggi dan berubah ke amonia bila konsentrasi DO rendah (Hutagalung dan Rozak, 1997). Pengukuran nitrat menggunakan metode brusin. Prosedur pembuatan pereaksi dengan metode ini mengacu pada APHA (2005). Aquades bebas nitrit dibuat dari 5 g kalium permanganat dan kalsium hidroksit. Larutan brusin dibuat dari 1 g brusin dan 1 mL asam sulfat dilarutkan pada 50 mL aquades. Larutan arsenit dibuat dari 0,1 g asam sulfanilamit dan 3 mL asam klorida yang dilarutkan ke dalam 100 mL aquades. Larutan standar nitrat dibuat dari 0,6070 g natrium nitrat dilarutkan dalam 1000 mL aquades. Ukur 5 mL air yang telah tersaring (Gambar 5.2) lalu ditambahkan dengan 0,5 mL brusin, 0,05 mL natrium arsenit, dan 5 mL asam sulfat dan ukur absorbansinya. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

Untuk menghitung konsentrasi nitrat dilakukan dengan membuat satu seri larutan standar nitrat-nitrogen dengan konsentrasi 5 mg/L sebagai berikut: 0,50; 1,00; 5,00; 10,00 mL. Setiap larutan standar ini diencerkan menjadi 30 mL dengan aquades bebas nitrit. Larutan standar masing masing mengandung 0,025; 0,05; 0,10; 0,25; 0,50 mg  $\text{NH}_3\text{-N/L}$ .

selanjutnya masing-masing diambil 5 mL air (Gambar 5.2) lalu ditambahkan dengan 0,5 mL brusin, 0,05 natrium arsenit, dan 5 mL asam sulfat dan ukur absorbansinya. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Buat grafik persamaan regresi larutan standar, sehingga akan diperoleh rumus untuk menentukan konsentrasi nitrat. Rumus untuk menghitung konsentrasi nitrat sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi nitrat (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi} \times 2.4116}{0.0669}$$

#### 5.4.9 Ortofosfat

Ortofosfat dengan rumus kimia  $\text{PO}_4\text{-P}$  merupakan salah satu unsur fosfat dalam bentuk inorganik (Hutagalung dan Rozak, 1997) termasuk dalam limbah cair. Pengukuran ortofosfat menggunakan metode asam askobat. Penerapan metode ini telah diterapkan dari sumber air dari bagian luar teluk Wondama (Alianto et al., 2018) dan teluk Banten (Alianto et al., 2009). Pembuatan larutan pereaksi dengan metode ini mengacu pada APHA (2005). Larutan asam ascorbat dibuat dari 1,76 g asam ascorbat dilarutkan dalam 100 mL aquades. Larutan amonium molibdat dibuat dari 20 g amonium molibdat dilarutkan dalam 500 mL aquades. Larutan asam sulfat dibuat dari 70 mL asam sulfat dilarutkan dalam 500 mL aquades. Larutan kalium antimonil tartrat dibuat dari 1,7315 g kalium antimonil tartrat dilarutkan dalam 500 mL aquades. Larutan stok fosfat dibuat dari 219,5 mg kalium dihidrogen fosfat dilarutkan dalam 1000 mL aquades. Ukur 25 mL air tersaring (Gambar 5.2) tambahkan 4 mL pereaksi campuran. Selanjutnya ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm.

Untuk menghitung konsentrasi ortofosfat dilakukan dengan membuat satu seri larutan standar fosfat dengan konsentrasi 1 mg/L sebagai berikut: 1; 5; 10; 25; 50 mL. Setiap larutan standar ini diencerkan menjadi 50 mL dengan aquades bebas fosfat. Larutan standar masing-masing mengandung 0,01; 0,05; 0,10; 0,25; 0,50 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ . Selanjutnya masing-masing diambil 25 mL air tersaring (Gambar 5.2) lalu ditambahkan dengan 4 mL pereaksi campuran. Ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Buat grafik persamaan regresi larutan standar,

sehingga akan diperoleh rumus untuk menentukan konsentrasi ortofosfat. Rumus untuk menghitung konsentrasi ortofosfat sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi ortofosfat (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi} - 0.0085}{0.6313}$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Alianto. 2023. Pongolahan Biologi II: Mikrobiologi dan Limbah Cair. In *Pengolahan Limbah Industri*. Sari, M. (ed.). Get Press Indonesia, Padang. pp 69-90.
- Alianto, A., Henri, H., & Suhaemi, S. 2018. Kelimpahan dan kelompok fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 683-697.
- Alianto, H. Suhaemi. 2016. Total nitrogen dan fosfat di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, Indonesia. *Depik*, 5 (3): 128-132.
- Alianto, E.M. Adiwilaga, dan A. Damar. 2009. Measurement of dissolved inorganic nutrient in euphotic zone the Banten Bay. *Indonesian J. Chemistry*, 9(2):217-225.
- Alianto, A. E., & Damar, A. 2008. Produktivitas primer fitoplankton dan keterkaitannya dengan unsur hara dan cahaya di perairan Teluk Banten. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 15(1), 21-26.
- APHA (American Public Health Association). 2005. *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>th</sup> Edition.
- APHA, AWWA (American Water Works Association), and WPCF (Water Pollution Control Federation), Washington.
- Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Kanisius, Jakarta.
- Grasshoff, K. 1976. Determination of Nutrients. In *Methods of Seawater Analysis*. Grasshoff, K. (ed.). Verlag Chemie, Weinheim. pp 118-181.
- Hariyadi, S., Suryadiputra, I. N. N., & Widigdo, B. 1992. Limnologi Metoda Analisa Kualitas Air. *Bogor: Institut Pertanian Bogor Fakultas Pertanian*.
- Heger, S. 2020. All the Steps You Need to Know for Accurate Wastewater Sampling. Diakses pada 29 September 2023 dari [https://www.onsiteinstaller.com/online\\_exclusives/2020/08/all-the-steps-you-need-to-know-for-accurate-wastewater-sampling](https://www.onsiteinstaller.com/online_exclusives/2020/08/all-the-steps-you-need-to-know-for-accurate-wastewater-sampling).

- Hutagalung, H.P. 1997. Pengambilan dan Pengawetan Contoh Air Laut. In *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Hutagalung, H.P., Setiapermana, D. dan Riyono, S.H. (eds.). P3O-LIPI, Jakarta. pp 12-32.
- Hutagalung, H.P dan Rozak, A. 1997. Penentuan Kadar Nitrat. In *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Hutagalung, H.P., Setiapermana, D. dan Riyono, S.H. (eds.). P3O-LIPI, Jakarta. pp 94-100.
- Hutagalung, H.P dan Rozak, A. 1997. Penentuan Kadar Fosfat. In *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Hutagalung, H.P., Setiapermana, D. dan Riyono, S.H. (eds.). P3O-LIPI, Jakarta. pp 101-106.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1990. Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air. Edisi Akhir. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.



# **BAB 6**

## **PROSEDUR PENGELOLAAN LIMBAH CAIR DOMESTIK**

*Oleh Bambang Suhartawan*

### **6.1 Pendahuluan**

Limbah cair adalah sisa atau buangan yang dihasilkan oleh usaha atau kegiatan dari rumah tangga (domestik), fasilitas umum dan industri yang berwujud cair yang diperkirakan dapat menurunkan kualitas lingkungan. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Permen LHK No. 5, 2014). Contoh limbah cair domestik adalah detergen sisa cucian, air sabun dan tinja serta aktivitas rumah tangga lainnya seperti mengolah makanan. Sedangkan limbah fasilitas umum contohnya siswa pembangunan gedung, pasar, perkantoran, sekolah dan masih banyak yang lainnya. Limbah industri yang banyak dijumpai berasal dari kegiatan limbah tahu, limbah tempe, pewarna pakaian, pengawet makanan, bengkel motor/mobil, tumpahan atau kebocoran minyak di perairan.

Dalam rangka implementasi Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup telah dikeluarkan Permen LHK Nomor 68 tahun 2016 pasal 3 (1) dimana setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya. Pengelolaan atau pengolahan limbah cair tersebut bertujuan untuk memenuhi baku mutu air limbah domestik meliputi parameter : pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Amoniak dan Total boliform serta debit air limbah.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Sedangkan baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemaran dan atau

jumlah unsur pencemar yang di tenggang keberadaanya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Sedangkan yang termasuk kategori domestik adalah Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan (Permen LKH, 68-2016).

## **6.2 Karakteristik Limbah Cair**

Sifat-sifat dan karakteristik fisika, kimia dan biologi dapat menentukan karakteristik limbah cair.

### **6.2.1 Karakteristik Fisika**

#### **1. Warna**

Limbah cair yang berwarna disebabkan oleh adanya zat-zat terlarut, misalnya kandungan Fe yang tinggi dalam limbah menyebabkan air limbah berwarna merah kecokelatan. Warna limbah cair dapat juga dikarenakan mengandung humus, plankton, tanaman air dan buangan Industri.

#### **2. Bau**

Bau busuk yang dikeluarkan oleh air limbah dikarenakan terjadinya reaksi pembusukan atau akibat terurainya bahan-bahan organik secara tidak sempurna dalam air limbah.

#### **3. Kekeruhan**

Keberadaan zat padat tersuspensi dari senyawa organik maupun anorganik yang mengapung atau terlarut dalam air limbah menyebabkan kekeruhan. Kekeruhan ini menyebabkan pembiasan cahaya dalam air dan menghalangnya masuknya cahaya dalam air.

#### **4. TSS**

Total Suspended Solid (TS) adalah polutan yang terdiri dari partikel-partikel organik dengan ukuran lebih kecil dari sedimen yang mengakibatkan kekeruhan.



5. TDS

*Total Dissolve Solid* (TDS) adalah zat padat terlarut dalam air berupa senyawa organik maupun anorganik.

6. Temperatur

Temperatur merupakan ukuran panas dinginnya air limbah. Temperatur air limbah yang tinggi dapat mempengaruhi reaksi kimia, kehidupan organisme dalam air, dan mengganggu berbagai aktivitas kehidupan sehari-hari.

7. Debit air limbah

Debit air limbah yang dibuang ke lingkungan atau badan air menjadi ukuran penyebab turunnya kualitas lingkungan perairan. Debit air limbah yang diizinkan setiap penduduk 100 L/hari (Permen LHK, 68, 2016).

### 6.2.2 Karakteristik Kimia

Berbagai macam bahan kimia dapat bercampur secara homogen dengan air limbah. Senyawa organik yang terkandung mudah larut dengan oksigen hingga dapat menghabiskan sejumlah oksigen yang ada menghasilkan rasa dan bau tidak sedap. Kandungan bahan kimia yang terlarut dalam air limbah dapat menentukan sifat toksik air limbah dan mengakibatkan terbatasnya fungsi air limbah.

Beberapa parameter kimia yang dapat mempengaruhi kualitas air adalah :

1. Derajat Keasaman (pH)

Keberadaan bahan-bahan kimia yang terkandung dalam air limbah dapat mempengaruhi tinggi-rendahnya pH air limbah, semakin kecil pH maka air semakin bersifat asam. Demikian sebaliknya semakin tinggi pH maka air semakin bersifat basa. pH air limbah yang diizinkan adalah 6 – 9.

2. BOD

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri (Sholichin, M., 2012). BOD yang diizinkan pada air limbah adalah sebesar 30 mg/L.

### 3. COD

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Kandungan COD yang diizinkan oleh Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 adalah paling tinggi 100 mg/L.

### 4. Amoniak

Amoniak merupakan bahan pencemar perairan yang dihasilkan oleh penggunaan pupuk dalam kegiatan pertanian, amoniak juga bersifat racun. Kandungan amoniak yang tinggi juga berasal dari pemecahan limbah berbentuk lumpur atau bahan organik yang ada dalam perairan. Keberadaan amoniak yang tinggi bisa menyebabkan iritasi dan peradangan pada organ tubuh serta terganggunya ekosistem air limbah.

### 5. Minyak dan Lemak

Adanya minyak dan lemak yang mengapung di permukaan limbah menandakan bahwa air limbah telah tercemar minyak dan lemak. Bahan pencemar ini sulit terurai oleh bakteri. Kandungan minyak dan lemak dalam air limbah yang diizinkan adalah 5 mg/L.

## 6.2.3 Karakteristik Biologi

Jumlah Total coliform dalam air limbah sesuai Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 adalah 3.000 jumlah coliform/100 mL.

Kandungan kelompok bakteri coliform yang ada dalam air limbah memberi petunjuk bahwa apakah air limbah dapat dikatakan tercemar atau tidak. Baku mutu total coliform dalam air limbah yang diizinkan adalah 3.000 coliform/100 mL. Total coliform dalam limbah ada yang tinggi dapat menyebabkan diare yang ditularkan antar hewan air dan juga melalui media air (*enteropatogenik*) dan ada yang bersifat racun bagi kehidupan lain (*strain toksigenik*).

## 6.3 Sistem Pengelolaan Limbah Cair

Konsep pengelolaan limbah cair setiap daerah sangat beragam, tergantung dari polutan yang terkandung dalam limbah cair tersebut. Secara umum terdapat tiga tingkatan proses Pengelolaan limbah cair, yaitu Pengelolaan primer, sekunder dan tersier. Sedangkan menurut caranya dikelompokkan menjadi tiga yaitu fisika, kimia dan biologi serta kombinasi cara-cara tersebut.

### 6.3.1 Pengelolaan primer (*Primary treatment*)

Pengelolaan limbah cair secara primer umumnya dilakukan dengan cara fisika, yaitu memisahkan polutan padat (solid). Pemisahan polutan biasa dilakukan dengan penyaringan, pengendapan dan pengapungan. Jenis-jenis pengelolaan limbah cair pada tahap primer dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Penyaringan (*Filtrasi*)

Sebelum dilakukan proses absorpsi biasanya dilakukan proses filtrasi yang bertujuan untuk memisahkan partikel tersuspensi dalam air limbah.

2. Pengendapan (*sedimentation*)

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel tersuspensi dalam limbah cair berdasarkan masa jenisnya, dimana masa jenis partikel tersuspensi lebih besar dari pada air sehingga partikel tersuspensi akan turun dan mengendap di bagian dasar.

3. Pengapungan (*Flotation*)

Pemisahan bahan pencemar tersuspensi yang ada dalam air limbah dapat dilakukan dengan cara pengapungan (*flotasi*), selanjutnya polutan yang telah mengapung dipermukaan air limbah dapat dilakukan pemisahan dengan mudah.

### 6.3.2 Pengelolaan sekunder (*Secondary treatment*)

Pengelolaan sekunder umumnya dilakukan secara biologi, yaitu dengan bantuan mikroorganisme berupa bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik. Proses ini memiliki tujuan utama mengeliminasi/menghilangkan kandungan senyawa organik dalam limbah. Pada pengelolaan ini terdapat tiga metode pemisahan, yaitu penyaringan dengan tetesan, lumpur aktif dan kolam perlakuan.

### 1. Metode penyaringan dengan tetesan

Bahan organik berupa plastik yang terkandung dalam air limbah didegradasi dengan bantuan bakteri aerob. Prinsip kerja Pengelolaannya adalah dengan menyemprotkan limbah cair ke permukaan media kasar selanjutnya dibiarkan merembes melewati media kasar tersebut. Setelah perembesan mencapai dasar lapisan media akan terjadi tetesan air limbah untuk ditampung dan diendapkan sehingga partikel padat tersuspensi terpisah dengan mikroorganisme dalam air limbah.

### 2. Metode lumpur aktif

Prinsip kerja metode lumpur aktif adalah menyalurkan limbah cair ke dalam tangki, kemudian di dalam tangki dimasukkan lumpur aktif (lumpur yang kaya akan bakteri aerob) sehingga bercampur dengan limbah cair. Tangki dibiarkan selama beberapa jam sehingga terjadi degradasi limbah. Untuk mempercepat degradasi limbah oleh bakteri perlu dibantu dengan pemberian oksigen (*aerasi*). Hasil degradasi limbah selanjutnya dialirkan ke dalam tangki pengendapan, sedangkan lumpurnya dimasukkan ke dalam tangki aerasi untuk memisahkan bakteri yang masih ada.

### 3. Metode kolam perlakuan

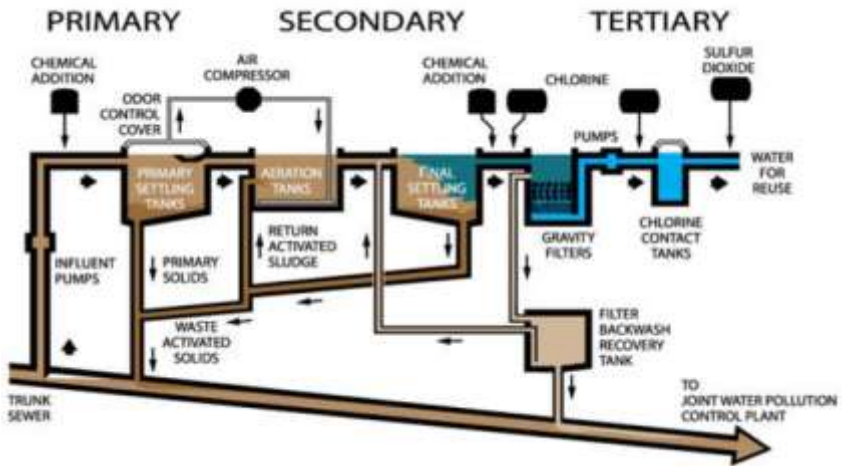
Prinsip kerja metode ini adalah menampung limbah cair ke dalam kolam terbuka sehingga terjadi fotosintesis alga yang tumbuh di kolam menghasilkan oksigen yang selanjutnya oksigen tersebut oleh bakteri aerob untuk mendegradasi senyawa organik dalam air limbah menghasilkan endapan.

## 6.3.3 Pengelolaan tersier (*Tertiary treatment*)

Jika pengelolaan air limbah secara primer dan sekunder belum tuntas, maka akan dilanjutkan melalui proses pengelolaan tersier. Sifat pengelolaan tersier sangat spesifik dan dilakukan secara fisika dan atau kimia tergantung kandungan polutan yang masih ada dan terlarut dalam air limbah setelah melalui proses primer dan sekunder. Pada umumnya pengelolaan primer dan sekunder belum mampu menghilangkan bahan-bahan pencemar

organik seperti BOD dan COD dan senyawa anorganik seperti nitrat, fosfat dan garam yang larut dalam limbah.

Sistem pengelolaan limbah cair memiliki tiga tingkatan proses, yaitu pengelolaan primer, sekunder dan tersier.



**Gambar 6.1.** Pengelolaan Limbah Cair

Sumber :

<https://lordbroken.wordpress.com/2019/10/08/pengolahan-limbah-cair-industri/>

Setiap tingkatan proses terdapat beberapa sub tingkatan proses yang sangat spesifik tergantung pada keberadaan polutan yang terkandung dalam air limbah, volume dan kondisi lingkungan yang ada.

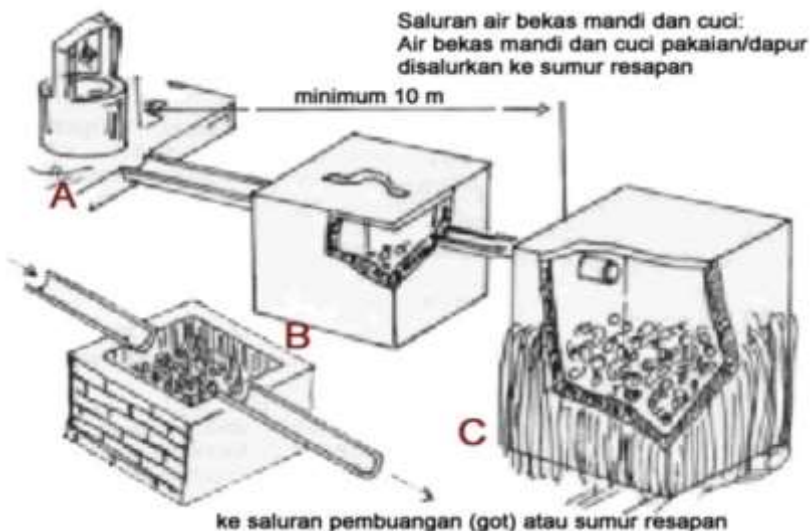
## 6.4 Metode Pengelolaan Limbah Cair

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga (*domestic*) umumnya tidak mengandung bahan-bahan yang berbahaya, sedangkan limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri mengandung bahan berbahaya sesuai dengan jenis industri sehingga limbahnya perlu ditangani secara khusus untuk diminimasi atau dihilangkan sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.

Secara umum metode Pengelolaan limbah cair dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu Pengelolaan fisika, kimia dan biologi.

#### 6.4.1 Pengelolaan secara fisika

Prinsip kerja pengelolaan secara fisika adalah melakukan pemisahan polutan secara mekanis melalui proses pemilahan (*screening*), penyaringan (*filtrasi*), pengendapan (*sedimentasi*) dan pengapungan (*flotasi*). Pengelolaan secara fisika ini bertujuan untuk membantu mempermudah proses adsorpsi pada tahap proses selanjutnya dimana polutan yang mengendap, terapung dan terlarut sebagai partikel kasar dipisahkan terlebih dahulu.



**Gambar 6.2.** Pengolahan Air Limbah secara Fisika

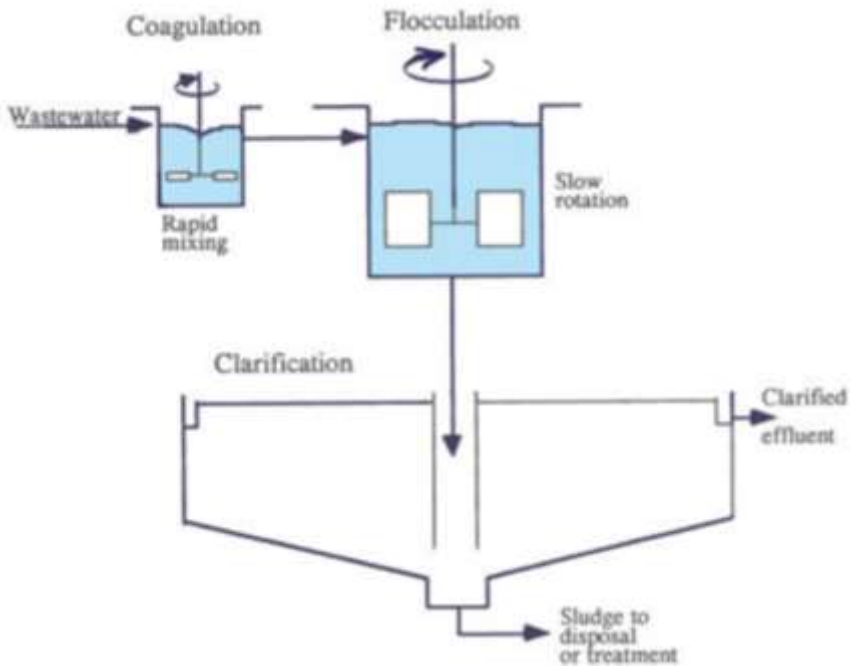
Sumber : <https://krakataumedika.com/info-media/artikel/tips-sanitasi-pengamanan-limbah-cair-rumah-tangga>

Pemisahan dengan pemilahan (*screening*) dan penyaringan (*filtrasi*) merupakan contoh penanganan secara fisika untuk memisahkan bahan tersuspensi yang memiliki ukuran besar. Pengendapan dilakukan untuk memisahkan polutan yang mudah mengendap. Filtrasi dilakukan sebelum proses adsorpsi

menggunakan karbon aktif atau revers osmosis sehingga tidak terjadi penyumbatan pada membrane osmosis.

### 6.3.2 Pengelolaan secara kimia

Prinsip Pengelolaan limbah cair secara kimia adalah penambahan bahan kimia (*koagulan*) yang berfungsi mengikat polutan yang terkandung dalam air limbah. Air limbah yang keruh dapat dijernihkan dengan penambahan flokulan ke dalamnya. Beberapa flokulan yang sering digunakan dan mudah didapatkan adalah aluminium sulfat (tawas), fero sulfat, poli ammonium khlorida atau poli elektrolit organik.



**Gambar 6.3.** Pengelolaan Air Limbah secara Kimia

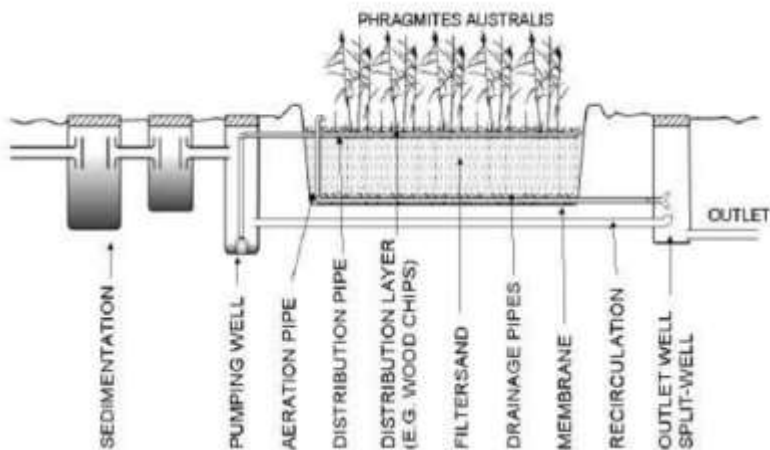
Sumber : <https://www.saka.co.id/news-detail/monitoring-koagulan-pada-pengolahan-air-limbah>

Penambahan flokulan pada Pengelolaan limbah cair berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel yang tidak mudah diendapkan secara fisika, contohnya koloid, logam berat,

senyawa fosfor, dan bahan organik beracun. Pengendapan bahan tersuspensi yang tidak mudah larut dilakukan dengan penambahan elektrolit dengan muatan berlawanan dengan muatan koloidnya sehingga terbentuk koloid yang tidak bermuatan (*netral*) yang mudah mengendap. Pemisahan fosfor dan logam berat dilakukan dengan penambahan larutan alkali sehingga terbentuk logam-logam yang mudah mengendap atau terbentuknya endapan senyawa hidroksiapatit. Bahan organik beracun dan sianida dalam limbah dilakukan dengan penambahan  $\text{Cl}_2$  atau kalium permanganat sehingga terjadi oksidasi, selain itu dapat juga dilakukan proses aerasi.

### 6.3.3 Pengelolaan secara biologi

Prinsip dasar Pengelolaan limbah cair secara biologi adalah memanfaatkan mikroorganisme dalam kondisi aerobik maupun anaerobik untuk mengadsorpsi senyawa kimia dalam limbah cair. Selain itu penambahan mikroorganisme dalam air limbah bertujuan untuk menghilangkan polutan organik.



**Gambar 6.4.** Pengolahan Air Limbah secara Biologi

Sumber : <https://media.neliti.com/media/publications/63082-ID-pengolahan-limbah-domestik-dengan-teknol.pdf>



## DAFTAR PUSTAKA

- Andiese, WV., 2011. *Domestik Liquid Waste Disposal Process With Oxidation Pond Method*, Universitas Tandulako, Palu.
- Herlambang, A., dan Martono, HD. 2013. *Teknologi Pengolahan Sampah dan Air Limbah*, Pusat Teknologi Lingkungan, TPSA, BPPT.
- Hermida, L., dan Agustian, J., 2016. *Perancangan Sistem Pengolahan Limbah Cair, Anugrah Utama Raharja*, Bandar Lampung.
- Irianto, K., 2016. *Penanganan Limbah Cair*, Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Kementerian LHK RI. 2014. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, Nomor : 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*, Jakarta.
- Kementerian LHK RI. 2016. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, Nomor : P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*, Jakarta.
- Kementerian LHK RI. 2018. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, Nomor p.93/menlhk/setjen/kum.1/8/2018 tentang Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara terus Menerus dan Dalam Jaringan Bagi Usaha dan/atau Kegiatan*, Jakarta.
- Kencanawati, KPIC., 2016. *Sistem Pengelolaan Air Limbah*, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.
- Kitamura, T., 2012. *Water Environmental Management in Japan, Water Environment Division, Environment Management Bureau*, Ministry of the Environment, Japan.
- Martini, S., Yuliwati, E dan Kharismadewi, D., 2020. *Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, Universitas Muhamadiyah Palembang.
- Metcalf and Eddy., 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, 3rd Eddition. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Nayono, ES., 2020. *Metode Pengolahan Air Limbah Alternatif untuk Negara Berkembang*, Teknik Sipil dan Perencanaan, FT, Universitas Negeri Yogyakarta.

- Pemerintah RI. 2021. *Peraturan Pemerintah RI Nomor : 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Jakarta.
- Sholichin, M., 2012. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*, Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya. Malang.

# **BAB 7**

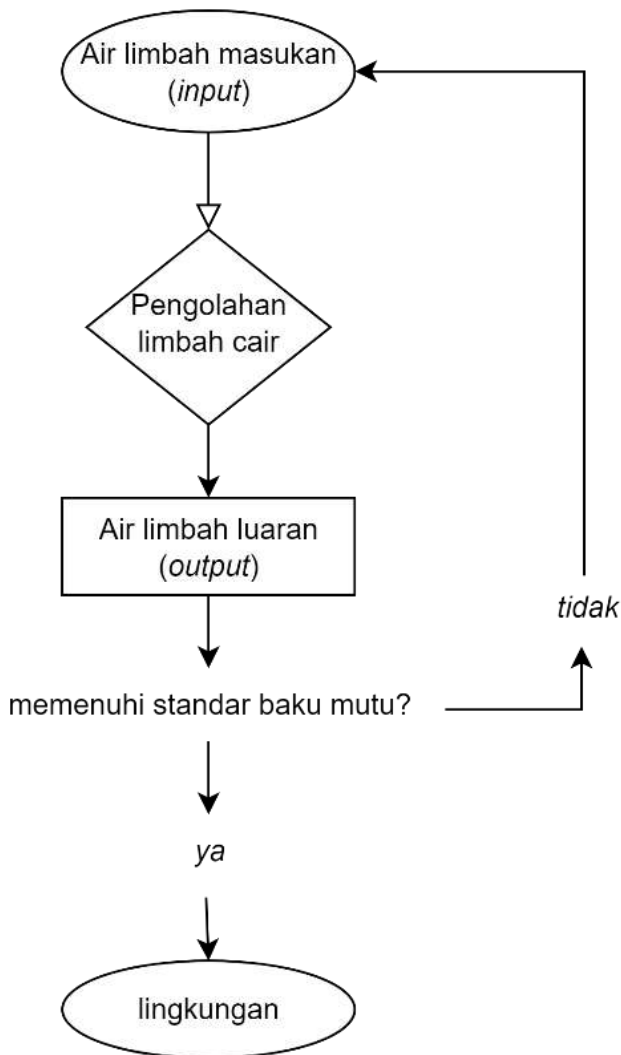
## **SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR**

*Oleh Isran Asnawi*

### **7.1 Prinsip Pengolahan Limbah Cair**

Prinsip pengolahan limbah cair secara umum adalah penggunaan peralatan atau teknologi pengolahan tertentu untuk mengurangi pencemaran pada limbah cair. Pencemaran limbah cair yang dimaksud adalah kontaminasi limbah cair oleh zat-zat, kondisi fisik, atau mikroorganisme tertentu yang tidak diinginkan. Kontaminasi ini secara kondisi tidak memenuhi standar baku mutu kualitas air limbah yang ditetapkan oleh regulasi dari pemerintah. Dengan demikian, prinsip pengolahan limbah cair adalah mengolah dari limbah cair yang tidak memenuhi standar baku mutu menjadi limbah cair yang memenuhi standar baku mutu, menggunakan teknologi atau peralatan tertentu. Secara visualisasi prinsip pengolahan limbah cair dapat dilihat pada gambar 7.1.

Untuk memperoleh limbah cair yang memenuhi standar baku mutu, beberapa unit proses pengolahan dilakukan secara bertahap. Tahapan unit proses pengolahan ini digolongkan sebagai tingkat pengolahan limbah cair, yaitu pengolahan primer, pengolahan sekunder, pengolahan tersier, dan pengolahan tingkat lanjut (Tchobanoglous *et al.*, 2014).



**Gambar 7.1.** Prinsip pengolahan limbah cair  
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing tingkat pengolahan limbah cair:

1. Pengolahan awal, bertujuan untuk menghilangkan padatan, material, atau benda asing yang berukuran besar. Contohnya kayu, kain, plastik, bebatuan, dan bahan lain

- yang dapat menyebabkan masalah pemeliharaan atau operasional apabila melewati peralatan pengolahan.
2. Pengolahan primer, bertujuan untuk mengurangi sebagian padatan tersuspensi dan senyawa organik dari limbah cair. Pada pengolahan ini biasanya digunakan metode fisika. Pengolahan ini merupakan pengolahan awal yang perlu dilakukan sebelum dilanjutkan pada tingkat pengolahan selanjutnya.
  3. Pengolahan primer lanjut, adalah pengurangan tingkat lanjut padatan tersuspensi dan senyawa organik dari limbah cair. Pada pengolahan ini biasanya dilakukan dengan metode fisika-kimia.
  4. Pengolahan sekunder, bertujuan untuk mengurangi senyawa organik *biodegradable* (masih dapat terurai secara biologis) pada limbah cair.
  5. Pengolahan sekunder lanjut, bertujuan untuk mengurangi senyawa organik *biodegradable* beserta senyawa dengan gugus fungsi organik lain, misal nitrogen, fosfor, dan sulfur.
  6. Pengolahan tersier, bertujuan untuk mengurangi bahan pencemar spesifik yang tidak dapat dihilangkan pada pengolahan primer dan sekunder, biasanya berupa pencemar dengan ukuran kontaminan yang sangat kecil.
  7. Pengolahan lanjut, bertujuan untuk menghilangkan zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang tersisa setelah pengolahan sekunder dan tersier dilakukan.

Pada pelaksanaannya, pengolahan limbah cair dilakukan menggunakan berbagai metode yang sesuai dengan karakteristik limbah cair itu sendiri. Karakteristik limbah cair itu sendiri dapat berupa parameter kualitas air, seperti parameter fisika (bau, rasa, warna, suhu, TSS, dan kekeruhan), parameter kimia (pH, alkalinitas, kesadahan, TDS BOD, COD, oksigen terlarut, dan logam berat) dan parameter biologi (jumlah bakteri dan jamur pada limbah cair). Dengan mengetahui parameter kualitas limbah, maka dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan metode pengolahan limbah cair (Asnawi, 2023b).

Metode pengolahan limbah cair digolongkan sebagai berikut:

1. Pengolahan secara fisika, adalah pengolahan limbah cair yang melibatkan kontak fisik antar partikel pencemaran tanpa mengubah struktur senyawa kimia.
2. Pengolahan secara kimia, adalah pengolahan limbah cair yang menggunakan bahan kimia
3. Pengolahan secara biologi, adalah pengolahan limbah cair yang melibatkan mikroorganisme.

## **7.2 Pengolahan Secara Fisika**

### **7.2.1 Sedimentasi**

Sedimentasi adalah pemisahan zat padat yang terkandung dalam cairan dengan memanfaatkan gaya gravitasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi. Pada proses ini, zat padat tersuspensi akan turun ke bagian bawah tangki karena massanya. Pada tingkat pengolahan limbah, metode sedimentasi ini tergolong pengolahan primer atau pra-pengolahan.

Metode sedimentasi biasanya dilakukan sebagai penanganan awal limbah sebelum masuk ke pengolahan utama. Karakteristik limbah cair masukan yang diolah menggunakan metode sedimentasi adalah yang mengandung zat padat yang cukup tinggi. Zat padat ini memiliki ukuran partikel  $> 10 \mu\text{m}$  dan massa partikel yang cukup tinggi, sehingga metode yang cocok untuk mengurangi kontaminan ini adalah sedimentasi. Berikut beberapa penerapan metode sedimentasi pada unit pengolahan air (Reynolds and Richards, 1982):

1. Pengendapan air permukaan sebelum dilanjutkan pada pengolahan filtrasi media pasir.
2. Pengendapan setelah pengolahan koagulasi dan flokulasi
3. Pengendapan air permukaan sebelum dilanjutkan pada pengurangan kadar logam berat mangan dan besi
4. Pengendapan flok biologis pada metode lumpur aktif
5. Pengurangan nilai TDS pada unit klarifier.

### **7.2.2 Ekualisasi dan Skrining**

Ekualisasi adalah proses penyatuan dan penstabilan aliran limbah cair sebelum memasuki tahap pengolahan primer. Tujuan utama dari proses ekualisasi adalah untuk mengurangi fluktuasi dalam aliran dan komposisi limbah cair, sehingga memudahkan pengolahan limbah lebih efektif dan konsisten. Pada penerapannya, proses ekualisasi dilakukan pada suatu bak ekualisasi dengan limbah cair dari berbagai sumber dikumpulkan dan dicampur untuk mencapai konsistensi yang diinginkan sebelum masuk ke tahap pengolahan primer. Pengontrol otomatis sering digunakan untuk mengatur aliran limbah masuk ke bak ekualisasi, memastikan bahwa tingkat ekualisasi yang diperlukan tetap terjaga.

Skrining adalah proses penyaringan yang melibatkan penghilangan material, padatan, atau benda asing yang berukuran besar, yang tidak diinginkan dari limbah cair masukan, misalkan batu, kayu, kain, kotoran, dll. Tahap ini merupakan langkah awal sebelum pengolahan primer untuk melindungi proses dan peralatan pengolahan hilir agar tidak mengalami kerusakan selama proses berlangsung akibat benda asing yang tidak diinginkan. Pada penerapannya, proses skrining menggunakan bar skrining dengan berbagai jenis dan bentuk yang disesuaikan kondisi limbah cair masukan (Handoko, 2023).

### **7.2.3 Flotasi**

Flotasi adalah pemisahan kontaminan dari limbah cair menggunakan bantuan buih atau gelembung agar kontaminan tersebut mengapung pada bagian atas permukaan limbah cair. Proses ini berlangsung secara fisika yang melibatkan massa jenis zat yang ingin dihilangkan. Kontaminan atau zat yang ingin dihilangkan memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan massa jenis pelarut pada limbah cair, sehingga zat tersebut akan mengapung pada bagian yang dibantu oleh gelembung atau buih. Parameter yang dikendalikan pada pengolahan ini adalah padatan tersuspensi (TSS) serta minyak dan lemak (FOG) yang terkandung pada limbah cair (Asnawi, 2023a)(Suhartawan, 2023)(Eckenfelder, 2000).

## 7.2.4 Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan padat cair dimana cairan melewati media berpori untuk menghilangkan padatan suspensi halus. Proses kerja filtrasi adalah berlangsung secara fisika dengan menyaring padatan yang memiliki ukuran partikel lebih besar daripada ukuran filter. Kontaminan yang dikendalikan pada pengolahan ini tergantung dari ukuran filter, yang dapat berupa ion, senyawa, mikroorganisme, hingga pasir.

Pada teknologi filtrasi terdapat media penyaringan yang sering digunakan yaitu membran. Membran adalah barrier fisik yang terbuat dari bahan semipermeabel atau berpori yang digunakan untuk memisahkan berbagai zat dari air atau larutan. Membran ini memiliki struktur mikroskopis yang memungkinkan beberapa zat untuk melewati sementara memblokir yang lain, tergantung pada ukuran, bentuk, dan sifat kimia zat tersebut.

Beberapa jenis filtrasi berdasarkan ukuran filter dan kemampuan membran dalam menyaring partikel digolongkan sebagai berikut (Flynn, 2009):

1. Mikrofiltrasi, yaitu filtrasi dengan ukuran filter  $0,1 - 1 \mu\text{m}$ . Filtrasi digunakan untuk partikel kasar, seperti pasir, lumpur, bakteri, dan alga. Mikrofiltrasi sering digunakan dalam pengolahan air minum untuk tahap awal pemisahan partikel dan bakteri.
2. Ultrafiltrasi, yaitu filtrasi dengan ukuran filter  $0,01 - 0,1 \mu\text{m}$ . Filtrasi ini digunakan untuk menyaring partikel halus, seperti virus, ion-ion terlarut, senyawa protein, dan molekul organik. Ultrafiltrasi digunakan dalam pengolahan air minum, pengolahan air limbah, dan dalam beberapa kasus, pemurnian produk makanan dan minuman.
3. Nanofiltrasi, yaitu filtrasi dengan ukuran filter  $0,001 - 0,01 \mu\text{m}$ . Filtrasi ini digunakan untuk menyaring partikel ukuran nano, ion-ion terlarut. Nanofiltrasi digunakan dalam pengolahan air minum, desalinasi air laut, pemurnian air limbah, dan industri makanan dan minuman.
4. Reverse osmosis (RO), yaitu filtrasi dengan ukuran filter  $0,0001 - 0,001 \mu\text{m}$ . Filtrasi jenis memiliki kemampuan paling tinggi diantara jenis filtrasi lain. Hampir semua zat terlarut,



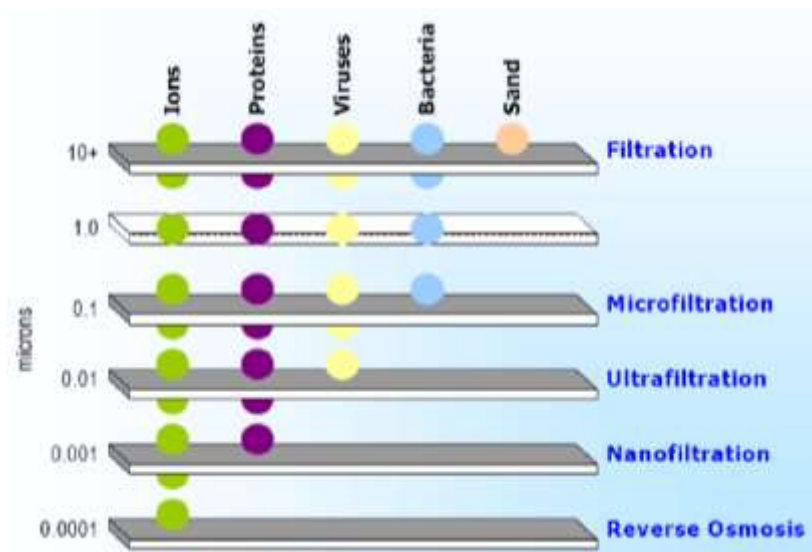
ion, molekul organik, bakteri, virus, dan garam dari air dapat disaring menggunakan RO dengan kemampuan meloloskan zat paling rendah. RO sering digunakan dalam desalinasi air laut. Filtrasi ini memanfaatkan prinsip osmosis terbalik.

Beberapa jenis filtrasi berdasarkan ukuran media filter digolongkan sebagai berikut (Reynolds and Richards, 1982):

1. *Single medium filter*, adalah filtrasi yang menggunakan satu jenis media. Biasanya digunakan media pasir atau antrasit.
2. *Dual medium filter*, adalah filtrasi yang menggunakan dua jenis media. Biasanya digunakan gabungan media pasir dan antrasit.
3. *Multimedia filter*, adalah filtrasi yang menggunakan tiga jenis media, yaitu pasir, antrasit., dan garnet.

Diantara beberapa jenis filtrasi yang menggunakan teknologi membran, ultrafiltrasi dan *Reverse Osmosis* adalah populer digunakan terutama pada industri pengolahan air. Ultrafiltrasi dan Reverse Osmosis sering dijumpai pada instalasi pengolahan air demin pada PLTU. UF adalah teknologi membran yang menggunakan membran berpori dengan ukuran pori yang relatif besar. Membran UF bertindak sebagai penyaring mekanis yang memungkinkan air atau larutan untuk melewati membran sementara memblokir partikel padat, mikroorganisme, virus, dan molekul organik besar. Visualisasi UF dapat dilihat pada gambar 7.3.

Proses RO memanfaatkan prinsip osmosis terbalik, dimana tekanan tinggi diterapkan pada satu sisi membran untuk memaksa pelarut (biasanya air) untuk melewati membran sementara zat terlarut yang lebih besar terperangkap. RO digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pemurnian air yang sangat tinggi, termasuk desalinasi air laut (menghilangkan garam), pengolahan air minum, pemurnian air untuk industri farmasi dan elektronik, serta pengolahan air limbah yang membutuhkan tingkat pemurnian yang tinggi. Visualisasi RO dapat dilihat pada gambar 7.4.



**Gambar 7.2.** Jenis-jenis filtrasi berdasarkan ukuran filter  
(Sumber : (Flynn, 2009))



**Gambar 7.3.** Ultrafiltrasi pada unit pengolahan air  
(Sumber : dokumentasi pribadi)



**Gambar 7.4.** *Reverse Osmosis* pada unit pengolahan air  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## **7.3 Pengolahan Secara Kimia**

### **7.3.1 Koagulasi Flokulasi**

Pengolahan secara koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang berbeda namun sering digabungkan menjadi satu rangkaian proses. Koagulasi berlangsung terlebih dahulu kemudian dilanjutkan proses flokulasi. Metode koagulasi berlangsung secara kimia, sedangkan flokulasi berlangsung secara fisika. Karena dua proses ini sering digabungkan, maka metode koagulasi-flokulasi sering disebut sebagai metode kimia-fisika. Proses ini tergolong sebagai pengolahan primer yang bertujuan mengurangi jumlah partikel kasar yang terkandung di dalam limbah cair, sebelum dilanjutkan pada pengolahan sekunder atau tersier. Parameter kualitas yang dikendalikan pada pengolahan ini adalah TSS dan turbiditas (Asnawi, 2023d).

Koagulasi adalah unit proses pengolahan air yang berlangsung dengan cara penambahan bahan kimia penjernih melalui pengadukan cepat. Proses ini berlangsung secara kimiawi melalui terbentuknya ikatan antara partikel koagulan dengan partikel pengotor yang membentuk gumpalan atau flok. Flok ini kemudian distabilkan pada proses flokulasi. Bahan kimia yang digunakan pada proses koagulasi disebut sebagai koagulan.

Flokulasi adalah proses terbentuknya gumpalan atau flok (yang terbentuk dari proses koagulasi) yang distabilisasi dengan cara pengadukan lambat. Proses ini berlangsung secara fisika yaitu pembesaran ukuran dan massa flok. Bahan yang digunakan untuk membantu stabilisasi proses flokulasi disebut sebagai flokulan. Tahapan selanjutnya adalah sedimentasi, yang terjadi apabila massa dan ukuran flok telah ter-stabilisasi dan mencapai titik jenuh. Flok yang tersebut turun ke dasar tangki secara gravitasi dan dihasilkan air yang lebih jernih pada bagian atas.

### **7.3.2 Desinfeksi**

Desinfeksi adalah upaya penghilangan sebagian besar mikroorganisme patogen (seperti bakteri, virus, dan protozoa) dari permukaan, air, atau limbah cair untuk mencegah penularan penyakit atau infeksi. Tujuan utama desinfeksi adalah menciptakan lingkungan yang lebih aman dan higienis dengan mengurangi atau menghilangkan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit.

Penerapan desinfeksi biasanya dilakukan pada instalasi pengolahan air minum dan pengolahan limbah cair. Pada pengolahan air minum, desinfeksi digunakan untuk sterilisasi air minum agar memenuhi standar baku mutu air minum yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan. Sedangkan pada pengolahan limbah cair, desinfeksi digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme sisa pengolahan biologis, yang dalam hal ini pengolahan biologis tersebut bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik).

Metode desinfeksi pada pengolahan limbah dapat dilakukan dengan menambahkan bahan kimia atau dengan proses fisika, dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Klorinasi, adalah penggunaan klorin untuk menghilangkan mikroorganisme patogen dalam air limbah. Contoh senyawa berbasis klorin yang sering digunakan untuk klorinasi adalah natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ), gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ), kloramin, dan kalsium hipoklorit ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ). Proses desinfeksi ini menghasilkan residu klor aktif.

2. Sinar UV, adalah penggunaan sinar ultraviolet untuk menghilangkan mikroorganisme dalam air minum. Dengan adanya sinar UV, maka dapat merusak DNA mikroorganisme yang berdampak pada penghentian pertumbuhan mikroorganisme. Penerapan sinar UV untuk desinfeksi banyak digunakan pada industri pengolahan air minum karena proses ini tidak menghasilkan residu.
3. Ozonisasi, adalah penggunaan ozon ( $O_3$ ) untuk menghilangkan mikroorganisme patogen. Prinsip kerja ozonisasi adalah mengoksidasi molekul organik dari mikroorganisme patogen. Keunggulan ozonisasi adalah tidak meninggalkan residu kimia yang mengganggu rasa atau bau air, sehingga metode ini juga banyak diterapkan pada industri air minum.

### **7.3.3 Netralisasi**

Netralisasi adalah upaya menetralkan limbah cair yang memiliki derajat keasaman atau kebasaan yang berada di luar selang pH netral. Upaya ini dilakukan dengan penambahan asam atau basa untuk mengontrol nilai pH limbah cair tersebut (pH netral). Bahan kimia yang sering ditambahkan untuk netralisasi adalah soda kaustik (NaOH), larutan kapur, atau sodium karbonat yang diperuntukkan pada limbah cair yang asam. Selain itu, pada limbah cair yang bersifat basa bahan kimia yang sering ditambahkan adalah asam asetat dan asam sulfat.

Pada pengolahan netralisasi, terdapat suatu tangki penyimpanan bahan kimia yang memiliki pompa untuk diinjeksikan ke air limbah melalui pipa-pipa. Pengolahan netralisasi ini tergolong pengolahan primer, yang dalam hal ini tahapan netralisasi perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilanjutkan pada unit pengolahan lain.



**Gambar 7.5.** Tangki penyimpanan bahan kimia untuk netralisasi  
(sumber: (Bahari, 2022))

#### 7.3.4 Penukar Ion

Penukar ion adalah metode pengolahan limbah cair yang menerapkan prinsip pertukaran ion antara ion kontaminan dan ion resin. Resin adalah suatu bahan atau material yang dapat berupa kation dan anion. Proses ini berlangsung dengan melewatkan limbah cair pada resin dan dihasilkan limbah yang minim kontaminan. Metode ini cocok digunakan untuk limbah cair yang mengandung Metode ini tergolong metode tersier, yang digunakan untuk mengurangi kontaminan spesifik yaitu ion-ion terlarut spesifik dalam jumlah kecil, misalkan ion kesadahan,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dll.. Sebelum masuk dalam tahapan pengolahan ini, diperlukan pengolahan primer untuk mengurangi partikel kasar, sehingga dapat diolah pada alat penukar ion dengan baik. Metode ini banyak digunakan pada pengolahan air demineralisasi di PLTU.

Proses pertukaran ion pada air limbah berlangsung dalam suatu kolom disebut sebagai fixed bed. Fixed bed terdiri atas 2 jenis, yaitu *fixed bed* kolom ganda dan *fixed bed* kolom campuran. Pada *Fixed bed* kolom ganda terdapat dua kolom, sedangkan pada *fixed bed* kolom campuran terdapat satu kolom. Kolom ini berisi resin yang dapat berupa resin anion, resin kation, atau gabungan dari resin anion dan kation. Pengolahan air limbah pada *fixed bed* berlangsung dalam 4 tahap, yaitu :

1. Layanan (*service*), adalah proses terjadinya reaksi pertukaran ion, seperti ditunjukkan oleh reaksi-reaksi di atas. Waktu tahap layanan ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap lamanya waktu, atau jumlah air produk yang dihasilkan.
2. Pencucian balik (*backwash*), adalah dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik habis. Pencucian balik dilakukan apabila resin menggumpal atau partikel halus yang terperangkap dalam ruang antar resin.
3. Regenerasi (*regeneration*), adalah proses penggantian ion yang terserap diganti dengan ion asli yang awalnya ada dalam matriks resin dan kapasitasnya dikembalikan ke tingkat semula atau tingkat yang diinginkan. Pada proses ini digunakan larutan regenerasi agar resin dapat aktif kembali sebelum dilanjutkan ke tahap layanan (*service*).
4. Pembilasan, yaitu pembilasan sisa larutan regenerasi yang masih terikat pada resin.



**Gambar 7.6.** Penukar ion pada unit pengolahan air  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## **7.4 Pengolahan Secara Biologi**

### **7.4.1 Lumpur Aktif**

Lumpur aktif adalah metode pengolahan limbah secara biologis dengan mencampurkan limbah dengan lumpur yang mengandung mikroorganisme dalam suatu tangki pengolahan.

Mikroorganisme yang ditambahkan merupakan bakteri aerob yang membutuhkan oksigen selama proses berlangsung. Penambahan oksigen dilakukan melalui aerasi dan akan menghasilkan biomassa baru, air yang lebih jernih, dan karbon dioksida sebagai produk sampingan. Metode ini digunakan untuk mengurangi nilai COD dan BOD pada limbah cair.

#### 7.4.2 Reaktor Biologis Putar

Reaktor biologis putar (*rotating biological contactor: RBC*) adalah reaktor pengolahan limbah cair organik yang berlangsung dengan mengontakkan limbah dengan suatu lapisan biofilm yang melekat dan berputar. Lapisan biofilm pada reaktor mengandung bakteri aerob yang bentuknya berupa piringan. Piringan ini berputar secara perlahan dan tercelup ke dalam limbah cair yang mengalir secara konstinu.

Bakteri akan melekat pada piringan dan mengurai senyawa organik yang terkandung pada limbah dan akan membentuk biomassa. Biomassa yang semakin menebal akan mengelupas dari mediumnya karena massanya dan akan terbawa aliran keluar. Selanjutnya, bakteri pada permukaan piringan akan tumbuh lagi dengan sendirinya hingga terjadi kesetimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah. Metode ini efektif untuk mengurangi nilai BOD dan COD pada limbah cair (Asnawi, 2023c)(Said, 2005).



**Gambar 7.7.** Piringan biofilm pada reaktor biologis putar  
(Sumber : (Said, 2005))



### 7.4.3 Filter Resapan

Filter resapan (*trickling filter*) adalah pengolahan limbah cair organik yang bekerja dengan cara menyemprotkan limbah ke dalam suatu tumpukan media berpori yang selanjutnya penguraian senyawa organik akan berlangsung secara aerob . proses penguraian senyawa organik membentuk biofilm pada media berpori. Media berpori tersebut terbuat dari serat sintetik, jerami, atau batuan yang berfungsi sebagai tempat melekatnya bakteri aerob. Sistem penyemprotan air limbah dilakukan secara berputar mengelilingi tangki yang tertuju pada media berpori. Metode ini pada umumnya digunakan untuk mengendalikan limbah cair yang mengandung senyawa organik (BOD dan COD) yang berasal dari industri tekstil (Kornaros and Lyberatos, 2006)(Asnawi, 2023c).



**Gambar 7.8.** *Trickling filter*  
(Sumber: (Cahyana, 2013))

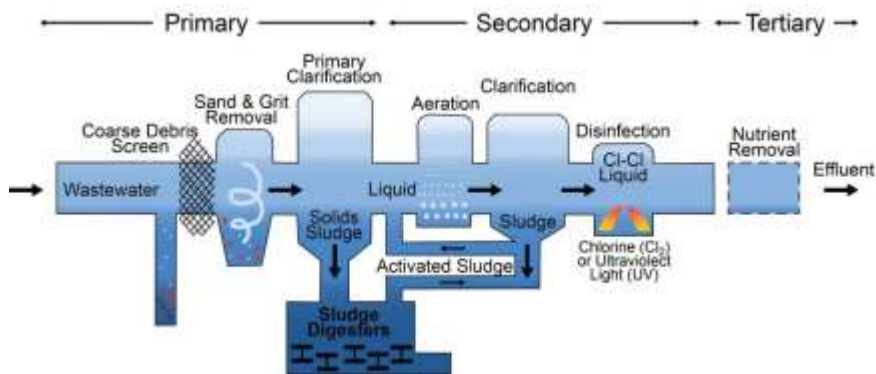
## 7.5 Waste Water Treatment Plant

*Wastewater Treatment Plant* (WWTP), atau yang dikenal juga sebagai instalasi pengolahan air limbah, adalah fasilitas yang dirancang khusus untuk mengambil dan mengolah air limbah dari berbagai sumber, termasuk rumah tangga, industri, dan fasilitas komersial, dengan tujuan menghilangkan kontaminan dan polutan dari air limbah. WWTP terdiri atas gabungan unit pengolahan yang digabung menjadi satu sehingga menghasilkan limbah cair yang memenuhi standar baku mutu dan dapat dilepaskan kembali ke lingkungan atau sungai.

Setiap industri yang melibatkan proses kimia dan menghasilkan sampungan berwujud cair pada umumnya memiliki fasilitas WWTP. Misalkan industri tekstil yang menghasilkan limbah pewarna yang mengandung banyak zat organik, limbah tersebut perlu diolah sebelum dilakukan pembuangan ke badan sungai. Karena limbah industri tekstil menghasilkan limbah zat organik, maka biasanya fasilitas WWTP di industri tekstil menggunakan beberapa unit metode pengolahan, yaitu pra-pengolahan, dan pengolahan sekunder yang dapat berupa filter resapan atau reaktor biologis putar. Beberapa bagian-bagian pada WWTP dapat sebagai berikut:

1. Unit pengumpul, air limbah dikumpulkan dari berbagai sumber seperti saluran pembuangan rumah tangga, industri, dan sistem drainase perkotaan. Langkah ini merupakan langkah pertama dalam pengolahan limbah.
2. Unit pra-pengolahan, air limbah pertama kali melewati proses pengolahan awal yang mirip dengan tahap pra-pengolahan di WWTP. Bagian ini melibatkan pengurangan material padat kasar, seperti batu, pasir, kayu, dan sampah, dengan menggunakan saringan dan sistem penyaringan mekanis.
3. Unit pengolahan, dapat berupa pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Metode pengolahan juga disesuaikan dengan karakteristik dan jenis limbah, yang dapat berupa metode fisika, kimia, dan biologi. satu unit pengolahan dapat berupa 3unit sekaligus, yaitu primer, sekunder, dan tersier (gambar 7.9). Suatu unit pengolahan dapat juga berupa unit primer dan tersier saja (apabila tidak mengandung senyawa organik)
4. Penyimpanan dan pengiriman kembali, air limbah yang telah diolah kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan atau sungai. Dalam beberapa kasus, air limbah yang telah diolah digunakan kembali untuk tujuan yang aman, seperti irigasi pertanian atau penyiramaman lanskap.
5. Pengendalian limbah padat, beberapa WWTP memiliki fasilitas untuk memulihkan energi atau mengelola limbah

padat yang dihasilkan selama proses pengolahan. Limbah padat ini dapat diubah menjadi lumpur aktif atau digunakan untuk menghasilkan energi biogas.



**Gambar 7.9.** WWTP yang memiliki unit pengolahan primer, sekunder, dan tersier.

(Sumber: <https://watertreatmentbhiwadi.com/waste-water>)

## DAFTAR PUSTAKA

- Asnawi, I. 2023a. 'Metode Pengolahan Limbah B3', in Sari, M. and Sahara, R. M. (eds) *Pengelolaan Limbah Padat, Industri, dan B3*. Indonesia: Get Press Indonesia, p. 124.
- Asnawi, I. 2023b. 'Parameter Kualitas Air', in Sulung, N. and Sahara, R. M. (eds) *Analisis Kualitas Lingkungan*. 1st edn. Indonesia: Get Press Indonesia, pp. 101–121.
- Asnawi, I. 2023c. 'Pengolahan Biologi I: Aerob dan Anaerob', in Sari, M. (ed.) *Pengolahan Limbah Industri*. Indonesia: Get Press Indonesia, pp. 51–67.
- Asnawi, I. 2023d. 'Pengolahan Kimia: Koagulasi dan Flokulasi', in Sari, M. (ed.) *Pengolahan Limbah Industri*. Indonesia: Get Press Indonesia, pp. 31–48.
- Bahari, F. 2022. *Peran Tangki Kimia dalam Menjaga Kualitas Air Limbah Industri, Ffloatank*. Available at: <https://www.ffloatank.com/post/peran-tangki-kimia-dalam-menjaga-kualitas-air-limbah-industri> (Accessed: 30 September 2023).
- Cahyana, G. H. 2013. *Trickling Filter Bukanlah Filter*. Available at: <https://gedehace.blogspot.com/2013/09/trickling-filter-bukanlah-filter.html> (Accessed: 30 September 2023).
- Eckenfelder, W. J. W. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. 3th edn. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Flynn, D. 2009. *Nalco Water Handbook, Third Edition*. Third Edit. New York: McGraw-Hill Education. Available at: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071548830>.
- Handoko, L. 2023. 'Pengolahan Fisika I: Equalization, Screening, Shredding, Grit Removal', in Sari, M. (ed.) *Pengolahan Limbah Industri*. Indonesia: Get Press Indonesia, pp. 1–17.
- Kornaros, M. and Lyberatos, G. 2006. 'Biological treatment of wastewaters from a dye manufacturing company using a trickling filter', *Journal of Hazardous Materials*, 136(1), pp. 95–102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.018>.

- Reynolds, T. D. and Richards, P. A. 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*. 2nd Editio, Wadsorth, CA. 2nd Editio. Boston: PWS Publishing Company.
- Said, N. I. 2005. 'Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (Rotating Biological Contactor) dan Parameter Disain', *Jurnal Air Indonesia*, 1(2), pp. 178–188.
- Suhartawan, B. 2023. 'Pengolahan Fisika II: Flotation', in Sari, M. (ed.) *Pengolahan Limbah Industri*. Indonesia: Get Press Indonesia, pp. 19–30.
- Tchobanoglous, G. *et al.* 2014. *Wastewater Engineering (Treatment and Resource Recovery) - Metcalf & Eddy I AECOM*. 5th Editio. New York: Mc Graw Hill Education.



# **BAB 8**

## **STRATEGI PENGOLAHAN DAN STANDAR BAKU MUTU LIMBAH CAIR**

*Oleh Andi Asdiana Irma Sari Yusuf*

### **8.1 Strategi Pengolahan Limbah Cair**

Pengolahan limbah cair mencakup serangkaian proses yang bertujuan mereduksi jumlah zat polutan yang ada dalam limbah cair sehingga aman bagi lingkungan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan (Hermida dan Agustian, 2013). Kuantitas dan jenis limbah cair yang dibuang ke lingkungan semakin meningkat dan menimbulkan dampak bagi lingkungan dan manusia semakin meluas. Pengolahan dan pengelolaan limbah cair bertujuan untuk menjaga ekosistem lingkungan yang erat kaitannya dengan manusia sehingga tidak membahayakan dan juga tidak mengakibatkan kerusakan dan eksploitasi alam (Mallongi, 2017 dan Fitri, 2021). Strategi pengolahan limbah cair sangat beragam. Dalam eksekusi strategi pengolahan limbah harus memperhatikan standar baku mutu dalam analisis parameter kualitas. Berikut langkah-langkah umum strategi pengolahan limbah cair:

#### **8.1.1 Pengumpulan dan Perlakuan Awal Pengolahan (Preliminery Treatment)**

1. Pengumpulan limbah cair dapat dilakukan dengan mengumpulkan dari berbagai sumber seperti proses industri, domestik dan komersial. Pengumpulan tersebut bertujuan untuk memenuhi strategi yang menjadi prioritas utama meliputi (Andareswari dkk, 2019):
  - a. Pengolahan lanjutan untuk meningkatkan nilai guna dan ekonomi
  - b. Pengolahan langsung oleh masyarakat secara berkelompok ataupun individu, tidak dilakukan dalam lingkup kawasan
  - c. Penyediaan dana dan fasilitas pengolahan limbah cair serta pembentukan lembaga melalui pemberdayaan

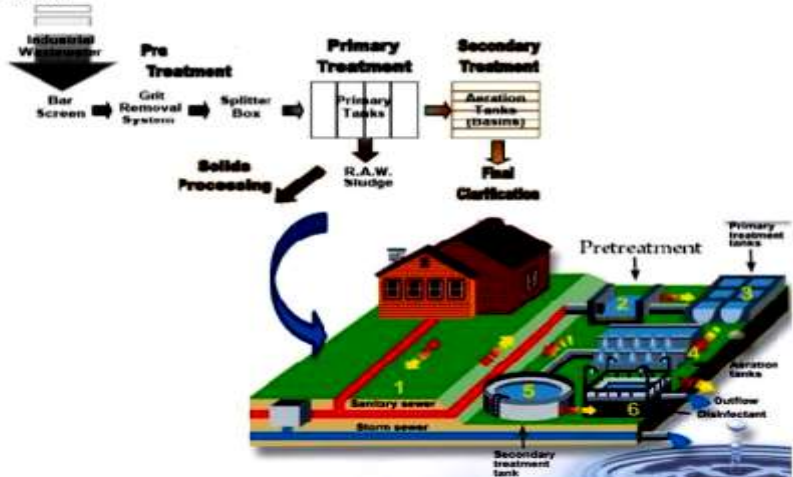
masyarakat dengan memberikan edukasi dan pelatihan terlebih dahulu.

2. Perlakuan awal mencakup penyaringan dan penghilangan material besar atau kasar seperti kotoran, oli, lemak, dan material terapung lain. Pertama, penyaringan (*screening*) limbah cair yang dialirkan melewati pipa atau saluran pembuangan dan dilewatkan pada jeruji besi di dalam saluran untuk menahan padatan besar. Kedua, limbah cair dialirkan perlahan ke wadah tertentu seperti *grit chamber* bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi melalui metode pengendapan (Hermawan dkk., 2016).

Gambar 2.1 menunjukkan proses pengolahan limbah cair permulaan yang diawali dengan tahap pengolahan awal atau pra perlakuan yang melibatkan proses fisik dengan melewati (1) *sanitary sewer*, (2) *pretreatment*, (3) *primary treatment tanks*, (4) *aeration tanks*, (5) *secondary treatment tank*, (6) *disinfectant*.

### Primary Treatment System

#### Flow Proses



**Gambar 8.1.** Flow Process Pengolahan Permulaan  
(Sumber : Kencanawati, 2016)



### 8.1.2 Pengolahan Primer

#### 1. Pengolahan fisik-koagulasi

Proses penambahan koagulan dalam rangka mendestabilisasi pengotor dalam limbah cair sehingga membentuk padatan dengan ukuran yang lebih besar (flok). Dalam proses koagulasi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain (Rahimah, Heldawati, dan Syauqiah, 2016):

##### a. Suhu Air

Perubahan suhu akan berdampak pada efisiensi koagulasi, suhu rendah mengakibatkan pH yang digunakan lebih besar dan perubahan dosis koagulan.

##### b. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi berjalan dengan baik pada range pH optimum, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai analisis kebutuhan pH. Perbedaan pH menyebabkan jenis koagulan yang harus digunakan juga berbeda. Analisis mengenai kebutuhan jenis bahan koagulan perlu dilakukan untuk hasil terbaik.

##### c. Jenis dan Dosis Koagulan

Dosis koagulan dapat ditetapkan dengan memperhatikan pH yang digunakan, dosis yang tepat akan mengakibatkan proses flokulasi berjalan dengan baik.

##### d. Kadar Ion Terlarut

Ukuran ion terlarut lebih besar membentuk flok dengan ukuran yang besar sehingga lebih mudah terendapkan. Anion pada umumnya memiliki ukuran yang besar dibandingkan kation

##### e. Tingkat Kekeruhan

Proses destabilisasi lebih mudah terjadi dengan tingkat kekeruhan yang tinggi sehingga membutuhkan waktu yang lebih singkat. Namun, pada kondisi tersebut flokulasi berjalan tidak efektif jika dosis bahan koagulan rendah.

##### f. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan (agitasi) diperuntukkan untuk pencampuran koagulan dengan senyawa yang ada di dalam air. Homogenisasi koagulan dan partikel di dalam air harus

merata karena berdampak pada kecepatan pembentukan partikel flok. Pengadukan lambat membutuhkan waktu yang lebih lama, tetapi di sisi lain jika proses agitasi yang terlalu cepat menyebabkan flok yang terbentuk terurai kembali.

g. Alkalinitas

Tingkat alkalinitas dipengaruhi oleh derajat keasaman limbah cair. Alkalinitas menyumbangkan anion hidroksida pada proses hidrolisis yang terjadi karena penambahan koagulan.

2. Pengolahan fisik-flotasi

Salah satu pengolahan limbah cair secara fisik yaitu flotasi. Pada flotasi dilakukan penambahan udara agar partikel-partikel lumpur, padatan tersuspensi, minyak dan lemak dapat terapung di permukaan limbah cair. Bahan-bahan tersebut dapat menyumbat alat atau pipa penyalur dan menimbulkan kerusakan. Oleh karena itu, upaya pengolahan limbah cair untuk menghilangkan kandungan partikel-partikel tersebut dengan cara pengapungan perlu dilakukan sebagai langkah pencegahan. Padatan pengotor pada limbah cair yang berinteraksi dengan udara memiliki densitas yang lebih rendah kemudian mengapung, sedangkan padatan yang memiliki kerapatan tinggi tersuspensi pada bagian bawah wadah pengolahan (Maulinda, 2013).

3. Pengendapan gravitasi

Padatan berat terendapkan pada *settling pond* (bak pengendapan) karena gaya gravitasi, kondisi tersebut dikenal dengan istilah *free settling*. Kecepatan pengendapan pada limbah cair dipengaruhi beberapa faktor yaitu massa jenis, kekentalan, aliran dalam wadah pengendap, bentuk dan ukuran partikel padatan. Limbah cair didiamkan hingga suspended Solid (padatan tersuspensi) terpisah dengan larutan bening dan berkumpul pada dasar wadah pengolahan. Selanjutnya pembersihan padatan harus dilakukan secara berkala (Rumbino dan Abigael, 2020).

### **8.1.3 Pengolahan Sekunder:**

#### **1. Pengolahan biologi**

Pengolahan biologi menggunakan mikroorganisme. Mikroorganisme menguraikan bahan organik yang terkandung di dalam limbah cair menjadi bahan sederhana yang aman bagi lingkungan. Limbah cair dimasukkan ke dalam bak aerasi yang berisi mikroorganisme. Oksigen kemudian dialirkan terus menerus. Mikroorganisme pada bak aerasi berkembang biak menghasilkan sel baru dengan memanfaatkan pengotor organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai sumber energi dan menghasilkan CO<sub>2</sub>. Dalam rangka menjaga ketersediaan oksigen harus dilakukan pemisahan partikel padatan berupa lumpur aktif agar mikroba tidak kekurangan oksigen. Setelah itu, limbah cair hasil pengolahan perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui parameter kualitas yang meliputi BOD, COD, TSS dan parameter lain sebelum dibuang ke lingkungan (Utami, Wahyuni, Utari, dan Wafiyah, 2019)

#### **2. Filter biologi**

Filter biologi atau biasa dikenal juga dengan biofilter merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam strategi pengolahan limbah cair. Strategi pengolahan limbah jenis ini menggunakan bahan organik seperti kompos, tanah, kulit kayu atau media lain untuk menghilangkan partikel pencemar air. Media tersebut disediakan sebagai lingkungan hidup bagi bakteri aerob selanjutnya untuk proses metabolisme bakteri memanfaatkan partikel pencemar sebagai sumber energi sehingga dengan proses tersebut partikel polutan terurai menjadi zat yang lebih sederhana yang tidak berbahaya. Pada umumnya, filter biologi dimanfaatkan dalam pengolahan emisi bau. Bakteri pada filter biologi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik perlu diperhatikan faktor-faktor seperti suhu, pH, dan kelembapan lingkungan. Selain itu, pemeliharaan reguler juga perlu dilakukan untuk mencegah masalah atau

kerusakan pada sistem biofilter tersebut (Casban dan Dewi, 2018).

#### **8.1.4 Pengolahan Tersier:**

##### **1. Pengolahan kimia**

Limbah hasil dari kegiatan produksi yang sudah terlanjur dihasilkan perlu tindakan penanggulangan. Tindakan tersebut dikenal dengan istilah pollution prevention principle biasanya dilakukan pada pengolahan end of pipe dengan pemanfaatan limbah keluaran dan mengolah lebih lanjut supaya ramah lingkungan. Pengolahan kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu untuk mengurangi tingkat bahaya, toksisitas, konsentrasi dan volume limbah cair. Destabilisasi koloid pada limbah cair terjadi setelah ditambahkan bahan kimia kemudian mengakibatkan senyawa kimia yang terkandung membentuk gumpalan dengan ukuran yang lebih besar ketika berikatan dengan senyawa pengotor. Dengan demikian, percepatan pengendapan tercapai. Bahan kimia yang efektif digunakan sebagai koagulan pembentuk flok pada limbah cair yaitu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{FeSO}_4$  (Fitriyanti, 2015).

##### **2. Proses lanjutan**

Proses tambahan seperti filtrasi lanjutan, penjernihan membran, atau oksidasi lanjutan.

- a. Filtrasi lanjutan sebagai tahap pengolahan setelah penambahan koagulan, pembentukan flok dan pengendapan. Partikel yang tersuspensi dapat tertahan pada bak filtrasi dengan bantuan media yang ada pada filtrasi tersebut. Selain untuk menghilangkan partikel-partikel terendapkan, filter lanjutan dengan media filtrasi juga untuk memastikan limbah cair menjadi lebih bersih dan aman serta agar dapat memenuhi baku mutu. Proses ini sangat berguna pada pengolahan limbah cair (Syahputra, Poedjiastoeti, dan Soedarsono, 2022).

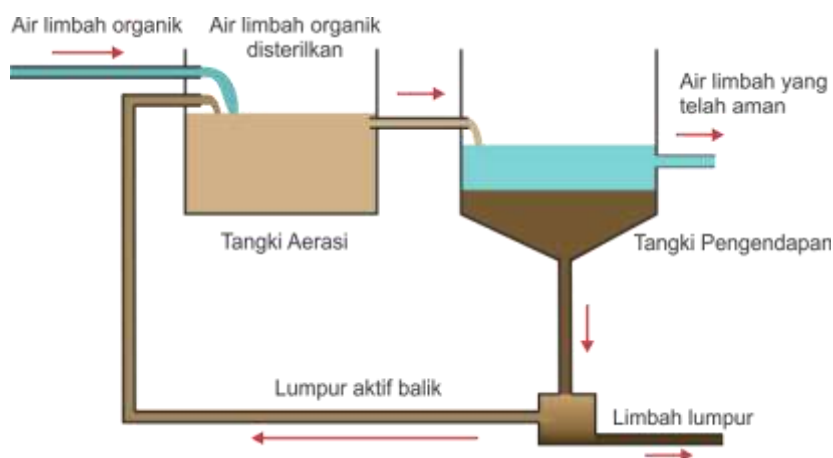
- b. Penjernihan membran merupakan proses penjernihan yang menggunakan teknologi membran sebagai filter. Membran yang digunakan memiliki pori-pori kecil sehingga hanya molekul limbah cair dan senyawa terlarut tertentu yang dapat terlewat, sedangkan partikel yang lebih besar akan tertahan oleh membran. Jadi hasil akhir dari proses penjernihan membran ini adalah air murni, bebas dari kotoran dan zat berbahaya. Bahan yang umum digunakan sebagai membran adalah membran keramik dengan kemampuan menurunkan kekeruhan hingga 90% (Husnah, 2018).
- c. Teknik oksidasi lanjut adalah sebuah teknik yang dapat diterapkan untuk menghilangkan warna, mengurangi kandungan bahan organik dan mengubah sifat bahan organik menjadi lebih mudah terdekomposisi dan terdegradasi (Sururi, Ainun dan Krisna, 2014). Contoh oksidasi lanjutan yaitu kombinasi ozonasi dan kavitasi hidrodinamik, digunakan untuk menghasilkan radikal hidroksida dari hasil dekomposisi ozon. Radikal hidroksida merupakan jenis oksidator kuat yang mampu menguraikan senyawa organik dan anorganik yang beracun dan tidak dapat terurai di air. Radikal hidroksida memiliki potensial elektroda 2.7 V bersifat sangat reaktif dan tidak selektif (Enjarlis dkk, 2019).

### **8.1.5 Pengolahan Lumpur Aktif**

Prinsip pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif terdiri dari atas dua proses yaitu aerasi dan sedimentasi. Tahap pengolahan lumpur aktif dapat dilihat pada Gambar 8.2.

Limbah cair dan biomassa dicampur secara sempurna dalam bak, proses pengolahan kemudian menggunakan pengolahan biologi dengan kultur bakteri aerobik yang memanfaatkan campuran limbah cair dan biomassa untuk berkembang biak. Seiring dengan proses biologi tersebut, polutan dalam limbah cair berkurang. Aerasi dilakukan terus menerus untuk menyediakan oksigen bagi mikroba. Di dalam tangki aerasi ini terjadi reaksi dekomposisi kimia bahan organik (karbon organik atau nitrogen

organik) oleh mikroba. Bahan organik tersebut diaktifkan dengan menggunakan oksigen yang dialirkan melalui blower menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4$  dan sel-sel baru sehingga kuantitas mikroorganisme dalam bak aerasi meningkat. Sistem lumpur aktif dapat diterapkan pada sebagian besar jenis limbah cair dari industri makanan, baik untuk oksidasi karbon, nitrifikasi, denitrifikasi dan penghilangan fosfor biologis. Lumpur aktif hasil pengolahan mengandung bakteri heterogen dan flok hasil interaksi antar mikroba (Sari, Annisa, dan Tuhuloula, 2013).



**Gambar 8.2.** Tahap Pengolahan Lumpur Aktif  
(Sumber : Ambarsari, 2019)

### 8.1.6 Monitoring dan Pemantauan

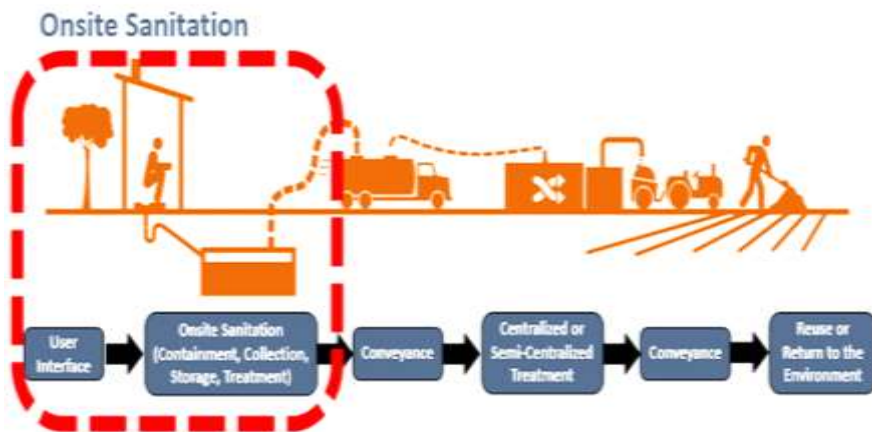
Monitoring dan pemantauan perlu dilakukan secara teratur untuk memastikan bahwa industri menjalankan pengolahan limbah sesuai dengan aturan yang berlaku dan kualitas limbah cair memenuhi standar baku mutu. Parameter kualitas limbah cair yang harus dipantau meliputi BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, TSS (*Total Suspended Solid*), kandungan logam berat, dan lain-lain. Menurut Erwin (2017), berbagai teknologi telah dikembangkan untuk memonitoring dan pemantauan limbah cair, seperti sensor atau alat analisis kimia tertentu, sehingga penanganan limbah cair dapat dilakukan secara efektif, teratur dan tepat waktu. Sensor yang terpasang pada bak-

bak limbah cair akan mendeteksi parameter kualitas limbah cair seperti pH, suhu, *dissolved oxygen* (DO), daya hantar listrik dan volume limbah cair Selanjutnya melalui RTU (*Remote Terminal Unit*) data-data parameter tersebut dikirim ke pihak terkait yang bertugas dalam monitoring dan memantau kualitas limbah cair. Sensor yang dipilih berdasarkan pertimbangan ketersediaan di pasar (mudah diperoleh), harga yang relatif terjangkau, data *real time*, sistem mudah digunakan, dikembangkan dan diinstalasi.

#### **8.1.7 Penyaluran atau Pembuangan**

Limbah cair yang telah diolah dan memenuhi standar baku mutu dapat dilepaskan ke perairan atau sistem sanitasi tergantung pada regulasi dan peraturan yang berlaku. Arsyad (2015) menyatakan bahwa pembuangan limbah cair akan berpengaruh pada kualitas sumber air masyarakat pada lokasi badan air tempat limbah cair dibuang. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berfungsi mengurangi jumlah pengotor dalam limbah cair sehingga tidak menambah beban pencemar. Penyaluran limbah cair harus dilakukan secara optimal dengan strategi perencanaan dan perhitungan yang matang dan cermat. Penyaluran atau pembuangan yang dipilih harus mempertimbangkan ketercapaian sasaran dalam mengurangi luas area lahan yang tercemar. Pertimbangan lain yaitu keterjangkauan biaya, dapat diterapkan sesuai kebutuhan baik sektor industri maupun pribadi, teknologi dan pemeliharaan tidak rumit. Terdapat beberapa jenis sistem penyaluran, antara lain:

1. *On-site Sanitation*
2. *Off-site Sanitation*
3. *Separate System (Full Sewerage)*
4. *Combination System*



**Gambar 8.3. Onsite Sanitation**

(Sumber : Orner, Naughton dan Stanstrom, 2021)

## 8.2 Standar Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Standar baku mutu ditetapkan oleh pemerintah atau badan regulasi dalam suatu wilayah dengan tujuan untuk melindungi kesehatan manusia, kelestarian lingkungan, dan keberlanjutan ekosistem air. Salah satu limbah cair yang patut mendapat perhatian mengenai baku mutu yaitu limbah cair domestik. Baku mutu limbah cair domestik antara lain pH 6 - 9, BOD 30 mg/L, COD 100 mg/L, TSS 30 mg/L, Minyak lemak 5 mg/L, amoniak 10 mg/L, total coliform 3000/100 mL, dan debit 100 L/orang/hari (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016). Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai baku mutu limbah cair:

### **BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan pada proses aerobik oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi dan menstabilkan bahan organik dalam air limbah (Ensy, 2018). Metode untuk analisis BOD terdiri atas 3 cara yaitu metode titrasi, metode dilusi, dan metode respirometrik. Pada



ketiga metode tersebut, pengukuran oksigen di awal dan akhir inkubasi memanfaatkan suhu 20°C . Lama waktu inkubasi disesuaikan dengan kebutuhan target, bisa 5 hari (BOD<sub>5</sub>), 7 hari (BOD<sub>7</sub>), 10 hari (BOD<sub>10</sub>) maupun 21 hari (BOD<sub>u</sub>) (American Public Health Association (APHA) Nomor 5210) Masa inkubasi 5 hari yang paling umum digunakan Standar baku mutu BOD biasanya berkisar antara beberapa miligram per liter hingga puluhan miligram per liter dan berbeda-beda bergantung jenis air limbah, sebagai contoh baku mutu BOD untuk limbah domestik maksimum 30 mg/L (P.68/Menlhk-Setjen/2016), BOD limbah cair industri cat maksimal 80 mg/L sedangkan untuk limbah cair industri akan dipengaruhi oleh jenis industri yang bersangkutan, misalnya BOD limbah cair bak ekualisasi industri pengolahan daging maksimal 125 mg/L (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014).

### **COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

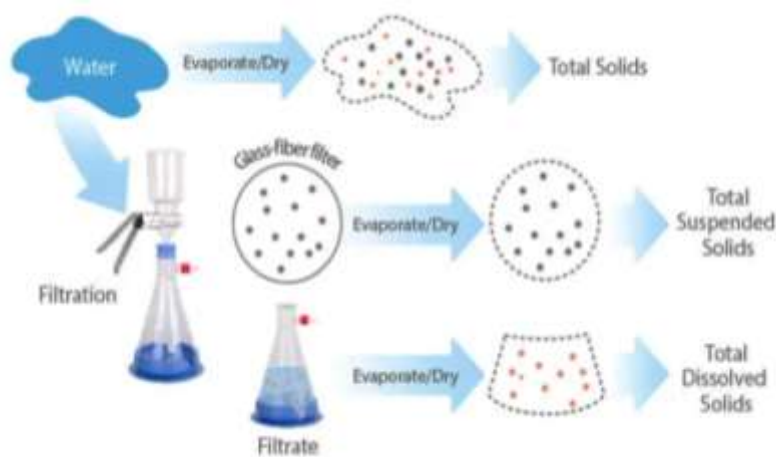
COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah kadar oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dan zat kimia dalam limbah cair (Ramayanti, 2019). Analisis COD memanfaatkan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan proses oksidasi dari uji ini sempurna membutuhkan waktu yang lama. Selain K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> juga dapat menggunakan PbO<sub>2</sub> atau sensor Cu atau sensor nano TiO<sub>2</sub>. Jika dibandingkan dengan BOD, uji COD lebih cepat karena tidak melibatkan mikroorganisme. Nilai COD akan menurun dengan baik jika tidak ada keterlibatan mikroorganisme (anaerob). Nilai COD dan BOD selalu berbeda sebagai akibat dari uji yang berbeda. Sebagai strategi pengolahan limbah cair terutama untuk analisis parameter COD yang perlu diperhatikan adalah bahaya bahan kimia yang digunakan dalam proses uji, sebagai contoh Cr (VI) yang menjadi dimanfaatkan dalam metode K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> bersifat beracun atau Pb dalam proses oksidasi dengan PbO<sub>2</sub>. Bahan yang relatif aman yaitu TiO<sub>2</sub> karena tidak bersifat karsinogenik (Hidayat, 2016).

Adapun baku mutu COD air limbah pertambangan batu bara dan lignit maksimum 100 mg/L. Baku mutu tersebut sama dengan standar COD air limbah domestik P (Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016) dan air limbah dari pertambangan bijih logam mulia, bijih bauksit, bijih nikel, tembaga, bijih timah, pasir besi dan bijih besi (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022). Sedangkan berdasarkan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016, baku mutu COD Air Limbah untuk kegiatan IPAL domestik komunal kadar maksimal COD adalah 200 mg/L. Hal tersebut khusus untuk daerah Yogyakarta.

**TSS (*Total Suspended Solid*)**

TSS (*Total Suspended Solid*) sebagai padatan dalam air yang dapat terperangkap oleh filter. Untuk mengukur TSS, sampel air disaring melalui filter yang telah ditimbang lebih dulu. Residu yang tertahan pada filter dikeringkan dalam oven pada suhu 103–105°C hingga berat filter tidak berubah lagi. Peningkatan bobot filter mewakili TSS (Ismail dkk, 2019).



**Gambar 8.4.** Padatan tersuspensi dan zat padat lainnya dalam air limbah  
(Sumber : Rocker.com, 2023)

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016, standar baku mutu air lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah yaitu paling tinggi 100 mg/L dan

134

nilai TSS limbah cair penambahan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2022 yaitu 200 mg/L kecuali untuk limbah cair pertambangan batu bara dan lignit maksimal 400 mg/L, untuk limbah cair pengolahan/pencucian paling tinggi 200 mg/L kecuali limbah cair pertambangan bijih nikel maksimal 100 mg/L.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Nasution (2021), salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai TSS dengan pemanfaatan metode biofilter. Penerapan metode tersebut dapat menurunkan nilai TSS dari 179 mg/L hingga memenuhi standar baku mutu yaitu 41 mg/L. Nilai TSS yang tinggi sebelum pengolahan disebabkan oleh kandungan senyawa organik yang tinggi sehingga harus melalui flokulasi dan sedimentasi agar pada akhirnya bisa disaring dan dihilangkan dari air limbah. Selain metode biofilter, pengolahan dengan penambahan tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) dapat menjadi opsi dalam mengurangi kandungan TSS. Penurunan nilai TSS limbah cair mencapai 84.85% dengan dosis tawas 750 mg/L (Lestari, 2016). Bahan lain yang dapat digunakan dalam rangka mengurangi padatan tersuspensi yaitu Ferric chloride ( $\text{FeCl}_3$ ), Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Ferro sulfate  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ .

### **8.2.1 pH**

Rentang pH limbah cair yang dibolehkan sekitar 6-9. pH limbah cair dibawah 6 bersifat asam dan sebaliknya limbah cair dengan pH melebihi 9 bersifat basa sehingga tidak aman bagi lingkungan. Pengolahan limbah cair dengan biofilter mampu mengkondisikan pH mencapai 6-7 sehingga memenuhi aturan yang berlaku (Amri dan Widayatno, 2020). Pada kondisi normal, air murni pada suhu 25 °C memiliki derajat keasaman (pH) 7. pH menyesuaikan kandungan senyawa kimia air dan menjadi salah satu karakteristik limbah cair yang mempengaruhi reaksi yang terjadi. Pada pH yang tepat, pengolahan limbah cair secara biologi ataupun kimia dapat berjalan dengan baik. Pengukuran pH menjadi sangat penting dalam menganalisis kualitas limbah cair (Zuluz, 2017).

### 8.2.2 Kandungan Logam Berat

Logam berat yang terkandung dalam limbah cair tidak boleh melebihi ambang batas. Kandungan logam berat yang melebihi ambang batas sebagai dampak dari aktivitas manusia yang beranek ragam, akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup. Paparan logam dapat menimbulkan berbagai penyakit yang berkepanjangan, bahkan dapat mengakibatkan mutagenetik dan karsinogenik (Yusuf, 2021). Pengolahan limbah cair untuk mereduksi kandungan logam berat antara lain dengan (Sitorus, 2017):

- a. Perlakuan kimia dengan penukar ion, elektrolisis, sedimentasi, dan ekstraksi
- b. Perlakuan biologi dengan fitoremediasi menggunakan tumbuhan seperti eceng gondok

Selain itu, salah satu strategi yang dapat dilakukan dalam mengurangi kandungan logam berat dengan metode elektrokoagulasi dan bioremediasi. Kedua metode tersebut dapat dikombinasikan agar menurunkan kadar logam secara maksimal. Pada elektrokoagulasi terdapat anoda dan katoda yang dapat menyebabkan logam berat bereaksi secara elektrokimia. Selanjutnya, metode bioremediasi mengurangi kandungan logam berat dengan menggunakan mikroorganisme seperti *Bacillus subtilis* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Dengan metode elektrokoagulasi dapat mengurangi logam krom hingga 83.16 % dan nikel 82. 61%, sedangkan kombinasi elektrokoagulasi dan bioremediasi mampu menurunkan kadar logam berat hingga 98.19% untuk krom dan 97.50% untuk nikel (Mardiyono, 2019). Baku mutu logam krom berbeda-beda bergantung industri, misalnya pada industri penyamakan kulit kadar krom menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 Tahun 2014) ditetapkan bahwa kadar paling tinggi 0.60 mg/L dengan beban pencemaran maksimal 0.024 kg/ton, sedangkan untuk penyamakan dengan pemanfaatan daun-daunan batas krom yang dibolehkan maksimum 0.10 mg/L dengan beban pencemaran paling tinggi 0.004 kg/ton.

### **8.2.3 Bahan Kimia Berbahaya**

Bahan kimia berbahaya menjadi salah satu penentu kualitas limbah cair. Kandungan bahan kimia yang beraneka ragam dan dengan konsentrasi yang tinggi melebihi standar akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup. Beberapa contoh bahan kimia berbahaya dalam limbah cair termasuk logam berat seperti timbal dan merkuri, senyawa organik seperti pestisida dan bahan kimia sintetis seperti PVC. Contoh baku mutu kandungan bahan kimia berbahaya pada limbah cair yaitu standar kadar Sianida (CN) pada industri pelapisan logam dan galvanis menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 Tahun 2014 dengan kadar Sianida (CN) paling tinggi pelapisan logam 0.2 mg/L, 0.004 g/m<sup>2</sup> untuk beban paling tinggi pelapisan logam, 0.2 mg/L kadar paling tinggi galvanisasi dan 0.0004 g/m<sup>2</sup> untuk beban paling tinggi galvanisasi.

### **8.2.4 Bakteri dan Mikroorganisme**

Standar baku mutu juga dapat mengatur jumlah bakteri, virus, dan mikroorganisme patogen lainnya dalam air limbah, terutama jika air tersebut akan digunakan untuk irigasi atau tujuan lain yang melibatkan kontak manusia. Keberadaan jasad renik tersebut di dalam limbah cair akan membahayakan manusia apabila terjadi kontak dan dapat menimbulkan penyakit. Oleh karena itu, standar baku mutu jumlah jasad renik harus dipastikan untuk menyesuaikan kualitas limbah cair. Pada SNI 01-0220-1987 ditetapkan jumlah paling banyak kuman-kuman patogenik yaitu 0.00/100 mL dan standar Peraturan Pemerintah Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 menetapkan jumlah maksimum bakteri coliform yaitu 50 cfu/100 mL dan maksimum E.coli 0 cfu/100 mL

### **8.2.5 Bahan Tersuspensi dan Terlarut Lainnya**

Parameter lain seperti minyak dan lemak, deterjen, pestisida, dan bahan kimia lainnya juga diatur dalam standar baku mutu. Kadar minyak dan lemak sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada pabrik kelapa sawit yaitu 25 mg/L sedangkan standar baku mutu Air Limbah kadar detergen berdasarkan Keputusan Gubernur

Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 yaitu 200µg/L atau 0,2 mg/L (aturan ini hanya berlaku untuk area Sulawesi Selatan mengingat pertimbangan keadaan area masing-masing). Secara nasional, aturan yang dapat dijadikan standar yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yang mengatur baku mutu limbah cair untuk industri sabun, detergen, dan produk – produk minyak nabati.

Standar baku mutu limbah cair bervariasi secara signifikan dari satu negara atau wilayah ke negara atau wilayah lain. Pemerintah dan badan regulasi wilayah tersebut akan menetapkan standar yang sesuai dengan kondisi lokal, jenis industri, kebutuhan lingkungan, dan tujuan perlindungan air limbah. Dengan alasan tersebut maka sangat penting untuk mengacu pada peraturan setempat saat berurusan dengan pengolahan dan pembuangan limbah cair dan juga harus memperhatikan pembaruan standar terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, N. 2019, Metode Lumpur Aktif sebagai Aplikasi Redoks, (online) [https://www.siswapedia.com/metode - lumpur - aktif - sebagai - aplikasi-redoks/](https://www.siswapedia.com/metode-lumpur-aktif-sebagai-aplikasi-redoks/) diakses pada tanggal 30 September 2023 pukul 12.07 WITA
- American Public Health Association (APHA) Nomor 5210
- Amri, A. A. dan Widayatno, T. 2023. Penurunan Kadar BOD, COD TSS, dan pH pada Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Biofilter. *Inovasi Teknik Kimia* vol. 8 no. 1: 6 - 10
- Andareswari, N., Hariyadi, S., dan Yulianto, G., 2019. Karakteristik dan Strategi Pengolahan Limbah Cair Usaha Tapioka di Bogor Utara. *Jurnal Ecolab* vol. 13 no. 2: 85 - 96. <https://media.neliti.com/media/publications/372547-none-b41eb554.pdf>
- Arsyad, 2015. Perencanaan Sistim Perpipaan Air Limbah Kawasan Pemukiman Penduduk. *Jurnal Ilmiah Media Engineering* vol. 6 no. 1: 406 - 412.
- Casban dan Dewi, A. P. 2018. Analisis Efektivitas Teknologi Proses Biologi Anaerob-Aerob dengan Menggunakan Moving Bed System Contact Media Pada Pengolahan Air Limbah Domestik di Perkantoran. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Enjarlis, E., Hartanto, S., Christwardana, M., dan Sijabatm B. F. 2019. Kombinasi Proses Elektrokoagulasi-Oksidasi Lanjut Berbasis  $O_3$ /GAC pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* vol. 14 no. 1: 44-52.
- Erwin, I. M. 2017. Perancangan Sistem Monitoring Pengolahan Limbah Cair Pada IPAL. *INKOM*: 66 - 77.
- Fitri, R. 2021. Dasar Pengelolaan Limbah. Medan: CV. Pusdikra Mitra Jaya. Buku Ajar PSPLC.pdf (unila.ac.id)
- Fitriyanti, R. 2015. Kajian Instalasi Pengolahan Limbah Cair *Stockpile* Batubara. Program Studi Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Palembang: Universitas PGRI.
- Hermawan, A., Banda, K., Fadilah, N., Suprianto, Sharil, Nikara, T., Aqli, Z., 2016. Proposal Penelitian Pengolahan Air Limbah Cair (Domestik) pada Instalasi Pengolahan Limbah Cair

- (Studi Kasus: IPAL Margasari. Balikpapan: Universitas Balikpapan.
- Hermida, L. & Agustian, J. 2013. *Percangan Sistem Pengolaham Limbah Cair*. Bandar Lampung: CV. Anugrah Utama Raharja (AURA). Buku Ajar PSPLC.pdf (unila.ac.id)
- Hidayat, N. 2016. *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: CV Andi Offest.
- Husnah, 2018. Aplikasi Membran Keramik Buatan dengan Pretreatment Pada Penjernihan Air Sungai Musi. *Jurnal Redoks* vol. 3 no. 1: 1-8
- Ismail, F. A., Khulbe, K. C., dan Matsuura, T., 2019. Chapter 8- RO Membrane Fouling : 189-220, doi.org/10.1016/B978-0-12-811468-1.00008-6
- Lestari, S.T. 2016. Keefektifan Penambahan Dosis Tawas Dalam Menurunkan Kadar TSS (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Rumah Makan. Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan. Surakarta: Universitas Muhamadiyah Surakarta
- Kencanawati, C. I. P. K. 2016. Sistem Pengelolaan Air Limbah. Teknik Mesin Fakultas Teknik. Denpasar: Universitas Udayana
- Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup
- Mallongi, A. 2017. Dampak Limbah Cair dari Aktivitas Institusi dan Industri. Yogyakarta:Goysen Publishing. Buku Dampak Limbah Cair dari Aktivitas Institusi dan Industri - Google Books
- Mardiyono, 2019. Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Logam Berat Nikel dan Krom pada Industri Pelapisan Logam Secara Kombinasi Elektrokoagulasi dan Bioremediasi dengan Penambahan Bakteri dan Jamur. Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Maulinda, L. 2013. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* vol.2 no. 2: 31-41.
- Nasution, E. T., 2021. Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS) Dan Total Dissolved Solid (TDS) Pada Air Limbah Di TPA



- Laempa Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng, Makassar:  
Politeknik ATI Makassar
- Peraturan Pemerintah Menteri Kesehatan Republik Indonesia  
No. 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
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 Tahun 2014 tentang  
Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016  
tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik  
Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air  
Limbah Domestik
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik  
Indonesia Nomor 5 Tahun 2022 tentang Pengolahan Air  
Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan  
Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan
- Ramayanti, D. dan Amna, U. 2019. Analisis Parameter COD (*Chemical  
Oxygen Demand*) dan pH (*potential Hydrogen*) Limbah Cair di  
PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica*  
vol. 1 no. 1: 16 - 21.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., dan Syauqiah, I. 2016. Pengolahan  
Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi  
Menggunakan Koagulan dan PAC. *Jurnal Konversi* vol. 5 no. 2:  
13 - 19
- Rumbino, Y., dan Abigael, K. 2020. Penentuan Laju Pengendap  
Partikel Di Kolam Penampungan Air Hasil Pencucian Bijih  
Mangan. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana* vol. 1 no.1
- Sari, F. R., Annisa, R., dan Tuhuloula, A. 2013. Perbandingan Lumpur  
Aktif terhadap Pengaruh Sistem Aerasi pada Pengolahan  
Limbah CPO. *Konversi* vol. 2 no. 1: 40 - 45

- Sitorus, H. 2017. Penanganan Limbah Logam Berat, (online) <https://analisadaily.com/berita/arsip/2017/12/17/470954/penanganan-limbah-logam-berat/>, diakses pada tanggal 20 September 2023 pukul 15.28 WITA.
- Syahputra, B., Poedjiastoeti, H., dan Soedarsono. 2022. Perancangan Bangunan Pengolahan Air Minum. Semarang: Sultan Agung Press
- Sururi, M. R., Ainun, S., dan Krisna, A. 2014. Pengolahan Lindi dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon. Jurnal Reaktor vol. 15 no. 1: 20 - 26
- Total Suspended Solids. (30 September 2023). diakses pada tanggal 30 September 2023 Pukul 12.55 WITA dari [https://www.rocker.com.tw/en/application/suspended\\_solid\\_test/](https://www.rocker.com.tw/en/application/suspended_solid_test/)
- Utami, L., Wahyunim K.N., Utari, Y. K., dan Waiyah, K. 2019. Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut secara Biologi Aerob Proses Batch. Jurnal Teknik Kimia vol. 13 no. 2
- Yusuf, A. A. I. S. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Dalam Air Tanah Dari Area Pemukiman Warga di Sekitar PT. Kima dengan Menggunakan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). e-Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri VIII. ISBN : 978-602-60451-8-8: 358-361
- Zulius, A. 2017. Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang, JUSIKOM vol.2 no.1: 37-43.

# **BAB 9**

## **PENYAKIT YANG DITULARKAN MELALUI LIMBAH CAIR**

*Oleh Lieza Corsita*

### **9.1 Pendahuluan**

Penyakit yang ditularkan melalui air adalah kondisi yang bisa disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, protozoa, dan virus yang ditularkan melalui air. Jika tindakan penanggulangannya tertunda, patoge-patogen ini dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan manusia, seperti kecacatan, penyakit, gangguan atau kematian (DC, et al. 2021). Penularan patogen ini terjadi ketika menggunakan air yang terkontaminasi untuk minum, menyiapkan makanan, dan mencuci pakaian. Namun sebagian besar infeksi yang ditularkan melalui jalur fecal-oral, yang terjadi ketika kotoran makhluk hidup dikonsumsi dengan meminum air yang terkontaminasi atau makanan yang terinfeksi yang sebagian besar disebabkan oleh manajemen dan sanitasi yang tidak memadai. Organisasi kesehatan dunia (WHO) memperkirakan bahwa secara global sekitar 1,8 juta orang meninggal karena penyakit diare setiap tahunnya, banyak diantaranya dikaitkan dengan penyakit air dan makanan laut yang terkontaminasi (Nwabor, et al. 2016)). Data dari WHO/UNICEF sekitar 2,6 miliar atau hampir setengah dari populasi negara berkembang tidak memiliki akses terhadap sanitasi yang memadai (Shayo, et al. 2023)). Beberapa negara berkembang dan hampir di sebagian besar wilayah Indonesia masyarakat tinggal di sepanjang aliran badan air dan memanfaatkan sumber air tersebut untuk keperluan rumah tangga tanpa adanya pengolahan dalam bentuk apapun. Perairan alami ini mengandung banyak sekali spesies mikroba, yang belum diidentifikasi yang bersumber dari pencemaran kegiatan industri, domestik dan kegiatan antropogenik lainnya. Air permukaan yang tercemar dapat mengandung berbagai

macam mikroorganisme patogen termasuk virus, bakteri dan protozoa (B, et al. 2021). Patogen ini dapat berasal dari tinja makhluk hidup dan sumber instalasi pengolahan air limbah kota dan drainase perkotaan. Kontaminasi tinja pada air secara global diakui sebagai salah satu penyebab utama penyakit yang ditularkan oleh air. Wabah kriptosporidiosis pada tahun 1993 di Milwaukee, Wisconsin di Amerika Serikat memberikan contoh diperkirakan 400.000 orang menderita gejala gastrointestinal yang sebagian besar disebabkan oleh *Cryptosporidium* (Shayo, et al. 2023). Wabah lainnya yang terjadi di Ontario Kanada tahun 2000 mengakibatkan enam kematian dan lebih dari 2.300 kasus akibat *Escherichia coli*. Jumlah wabah yang dilaporkan hampir diseluruh dunia menunjukkan bahwa penularan patogen melalui air minum masih menjadi penyebab utama penyakit yang signifikan. Ada banyak bukti penyakit yang berhubungan dengan air, sanitasi dan kebersihan menyebabkan 2,2 juta kematian setiap tahun dan kerugian tahunan sebesar 8,2 juta jiwa yang disebabkan oleh kecacatan. Tingkat keparahannya jauh lebih tinggi di negara berkembang dibandingkan negara maju. Penyakit yang ditularkan melalui air adalah salah satu ancaman biologis yang paling nyata dan merugikan secara ekonomi bagi masyarakat. Empat per lima dari semua penyakit di negara berkembang disebabkan oleh penyakit yang ditularkan melalui air, dengan diare sebagai penyebab utama (Shayo, et al. 2023). Penyakit yang ditularkan melalui air disebabkan oleh bakteri seperti kolera, tifus dan diare, protozoa seperti amoebiasis, dan penyakit virus seperti retrovir, hepatitis A, hepatitis E dan infeksi polio. Berbeda dengan penyakit lain yang tidak dapat disembuhkan atau pencegahan penyembuhan yang mahal, infeksi penyakit air dapat diatasi dengan sumber daya lokal yang terjangkau, perubahan gaya hidup minimal, solusi yang relevan dengan budaya, tepat sasaran dan jelas.

## 9.2 Klasifikasi Penyakit Air

Penyakit yang ditularkan melalui air atau yang berhubungan dengan air mencakup penyakit yang diakibatkan oleh paparan langsung dan tidak langsung terhadap air, baik melalui konsumsi atau melalui paparan kulit selama mandi atau penggunaan air untuk

rekreasi. Ini termasuk penyakit yang disebabkan oleh patogen yang terkait dengan air dan zat-zat beracun. Pada dasarnya penyakit yang ditularkan oleh air dapat ditularkan melalui empat rute utama : rute terbawa air, rute yang berbasis air, rute vektor serangga dan rute yang berhubungan dengan air. Penyakit yang ditularkan oleh air adalah penyakit yang terkontaminasi mikroorganisme patogen secara langsung. Air minum yang terkontaminasi ketika digunakan melalui makanan akan menjadi sumber penyakit. Sebagian besar penyakit yang ditularkan melalui air ditandai dengan diare, dehidrasi dan kematian. Menurut WHO penyakit diare menyumbang sekitar 4,1 % dari total beban penyakit global harian dan bertanggung jawab terhadap kematian 1,8 juta orang tiap tahunnya. Perkiraan lebih lanjut menunjukkan bahwa 88 % dari beban tersebut disebabkan oleh pasokan air yang tidak aman, sanitasi buruk dan sebagian besar terkonsentrasi pada anak-anak di negara berkembang (Nwabor, et al. 2016). Tabel 9.1 dibawah ini menunjukkan beberapa penyakit yang berhubungan dengan air dan sanitasi yang endemik di Sub-Sahara Afrika.

### **9.2.1 Penyakit yang ditularkan oleh air**

Sebagian besar penyakit yang ditularkan melalui air sering ditularkan melalui jalur fecal-oral dan ini terjadi Ketika bahan tinja manusia tertelan melalui air minum yang terkontaminasi atau makanan akibat pengelolaan limbah cair yang buruk. Di daerah pedesaan Afrika kontaminasi tinja pada air muncul dari limpasan air dan semak-semak dan hutan yang berfungsi sebagai tempat buang air besar, hal ini pun masih terjadi di beberapa daerah di Indonesia. Beberapa organisme yang luar biasa karena perannya dalam wabah penyakit yang ditularkan melalui air termasuk Kolera, Disentri, Amoeba, Disentri Basiler (Shigellosis), Kriptosporidiosis, Tifus, Giardiasis, Paratifus, Balatidiasis, Salmonellosis, Campylobacter enteritis, Rotavirus diare, Diare E.Coli, Hepatitis A, Leptospirosis dan Poliomiелitis (B, et al. 2021).

**Tabel 9.1.** Penyakit yang berhubungan dengan Air di Negara Afrika

| Group                                                           | Disease                        | Route leaving host | Route of infection |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Disease which are often water-borne                             | Cholera                        | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Typhoid                        | Faeces/urine       | Oral               |
|                                                                 | Infectious hepatitis           | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Giardiasis                     | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Amoebiasis                     | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Dracunculiasis                 | Cutaneous          | Oral               |
| Diseases which are often associated with poor hygiene           | Bacillary dysentery            | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Enteroviral diarrhea           | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Paratyphoid fever              | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Pinworm (Enterobius)           | Anal               | Oral               |
|                                                                 | Amoebiasis                     | Faeces             | Oral               |
|                                                                 | Scabies                        | Cutaneous          | Cutaneous          |
|                                                                 | Skin sepsis                    | Cutaneous          | Cutaneous          |
|                                                                 | Lice and typhus                | Bite               | Bite               |
|                                                                 | Trachoma                       | Cutaneous          | Cutaneous          |
|                                                                 | Conjunctivitis                 | Cutaneous          | Cutaneous          |
|                                                                 | Ascariasis                     | Faecal             | Oral               |
| Diseases which are often related to inadequate sanitation       | Trichuriasis                   | Faecal             | Oral               |
|                                                                 | Hookworm (Ancylostoma/Necator) | Faecal             | Oral/percutaneous  |
|                                                                 | Schistosomiasis                | Urine/faeces       | Percutaneous       |
| Diseases with part of life cycle of parasite in water           |                                |                    |                    |
| Diseases with vectors passing part of their life cycle in water | Dracunculiasis                 | Cutaneous          | Oral               |

*Adapted from Bradley, D J, London School of Hygiene and Tropical Medicine*

**9.2.2 Penyakit yang disebabkan oleh Air**

Penyakit yang timbul karena air yang tercemar akan tumbuh subur dalam kondisi kelangkaan air tawar dan sanitasi yang buruk. Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh air lebih bergantung pada kuantitas air daripada kualitasnya (Nwabor, et al. 2016). Contoh penyakit yang terbawa oleh air meliputi kudis, tifus, yaws, demam, Impetigo, Trachoma, Konjungtivis, dan bisul kulit. Empat jenis penyakit yang ditularkan melalui air melalui cacing tanah, infeksi saluran pernafasan akut, penyakit kulit dan mata, penyakit karena kutu dan tungau. Cacing yang dimaksud adalah cacing usus (nematoda) yang ditularkan melalui kontak dengan tanah yang terkontaminasi. Cacing yang paling banyak ditemukan adalah cacing gelang (*ascaris lumbricoides*), cacing tambang (*Ancylostoma duodenale*, dan *Necator Americanus*) dan cacing cambuk (*Trichuris trichiura*). Lebih dari 130 juta anak menderita infeksi geohelminthic dengan intensitas tinggi, yang menyebabkan sekitar 12.000 kematian setiap tahunnya. Penyakit ini dapat dianggap sebagai penyakit yang ditularkan melalui air dimana pencegahannya dengan peningkatan kebersihan dan sanitasi. Pengobatan penyakit ini secara massal pada anak-anak yaitu dengan pemberian obat cacing

sebagai langkah pengendalian yang efektif (B, et al. 2021). Infeksi saluran pernafsaan akut (ISPA) termasuk pneumonia bertanggung jawab atas sekitar 19% dari total kematian anak setiap tahunnya (DC, et al. 2021). Bukti yang menunjukkan bahwa praktek kebersihan yang baik, terutama mencuci tangan dengan sabun dapat secara signifikan mengurangi penularan ISPA. Penyakit lainnya seperti trakoma yang disebabkan oleh bakteri *Chlamydia trachomatis* yang meradang pada mata dan menyebabkan infeksi mata dapat dicegah dengan meningkatkan akses air untuk mencuci muka dan tangan. Kurap (tinea) juga merupakan penyakit yang disebabkan oleh air yang lazim terjadi pada anak-anak usia sekolah dan orang tua. Penyakit menular ini menyerang kulit, kulit kepala dan jaringan keratin akibat jamur (Nwabor, et al. 2016).

### **9.2.3 Penyakit Berbasis Air**

Penyakit berbasis air adalah infeksi yang disebabkan oleh pathogen parasit yang ditemukan dalam organisme inang air. Organisme inang ini termasuk siput, ikan, atau hewan air lainnya. Manusia terinfeksi dengan menelan bentuk infeksi atau melalui penetrasi kulit. Contoh penyakit berbasis air termasuk Schistosomiasis (serkaria yang dilepaskan oleh siput, menembus kulit), *Dracunculiasis* (larva yang tertelan dalam krustasea), Paragonimiasis dan Clonorchiasis (metaserkaria yang tertelan pada ikan). Penyakit-penyakit ini dapat dicegah dengan menghindari kontak dengan air yang terkontaminasi atau menggunakan pakaian pelindung atau krim pelindung.

### **9.2.4 Penyakit Berbasis Vektor Serangga**

Penyakit yang disebabkan oleh vector serangga secara tidak langsung berhubungan dengan kualitas air dimana berkembang biak di dalam atau di sekitar badan air. Manusia menjadi terinfeksi dengan digigit oleh serangga ini. Sebagai contohnya di negara Afrika, prevalensi penyakit yang berhubungan dengan air cukup tinggi yang diakibatkan pengelolaan sanitasi yang buruk. Beberapa kota di Indonesia pun demikian masih ada kejadian penyakit malaria demam berdarah akibat saluran air yang sering tergenang air sehingga menjadi tempat berkembang biak vector serangga. Ada

sekitar 350 hingga 500 juta kasus klinis malaria di seluruh dunia setiap tahunnya dengan lebih dari 1 juta kematian. Sekitar 59 % dari semua kasus klinis terjadi di Afrika, 38 % di Asia dan 3 % di Amerika. Beberapa penyakit yang ditularkan oleh nyamuk dan lalat adalah malaria, demam kuning, demam berdarah dan filariasis.

### **9.3 Analisis Bakteriologi Air**

Pengujian pathogen air telah dilakukan sejak pertama kali penyakit ditularkan melalui air ditemukan. Tahun 1884, Robert Koch pertama kali mengisolasi kultur murni *Vibrio* dan George Gaffky mengisolasi basil tifus (Nwabor et al,2016). Analisis air untuk mengetahui keberadaan bakteri coliform telah lama dilakukan dengan menggunakan dua metode klasik/konvensional yaitu tabung fermentasi ganda atau MPN. Tidak mudah menganalisis setiap pathogen yang dapat menyebabkan penyakit pada dosis rendah, sebaliknya karena Sebagian besar pathogen penyebab diare berasal dari tinja, akan lebih praktis untuk menganalisis air melalui spesies indikator dalam tinja. Penggunaan organisme indikator dalam analisis bakteriologis air tetap menjadi andalan bakteriologi air. Selama bertahun-tahun, total coliform telah digunakan sebagai indikator dalam mengevaluasi kualitas air yang berhubungan dengan tinja. Tidak semua coliform berasal dari sumber tinja, oleh karena itu koliform feces dan bentuk pathogen seperti *Escherichia coli* banyak digunakan sebagai indikator bakteriologis. Dalam kasus yang ekstrim, jumlah yang tinggi untuk kelompok total coliform dapat dikaitkan dengan jumlah yang rendah atau bahkan nol untuk coliform termotoleran. Total coliform pada laboratorium ditumbuhkan di dalam media yang mengandung laktosa pada kisaran suhu 35-37°C yang diidentifikasi sementara dengan produksi asam dan gas dari fermentasi laktosa. Tidak seperti coliform yang berasal dari sumber lingkungan, coliform yang berasal dari tinja dapat mentolerir suhu yang lebih tinggi. Indikator yang paling spesifik dari kontaminasi tinja adalah *E.coli* yang diakui secara internasional sebagai indikator yang paling tepat untuk polusi tinja. Organisme lain yang digunakan sebagai indikator pencemaran tinja pada air yaitu *Streptokokus* tinja, *Enterokokus*,



*Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*, bakteri penghasil  $H_2S$ , kolipag dan bakteriofag lainnya.

### **9.3.1 Fermentasi Tabung Ganda (MTF) atau Teknik Angka Paling Mungkin (MPN)**

Teknik MPN telah digunakan untuk analisis air minum selama bertahun-tahun dengan hasil yang memuaskan. Teknik ini paling cocok digunakan untuk menganalisis sampel air yang sangat keruh atau sedimen. Beberapa sampel air yang diuji ditambahkan ke dalam kaldu nutrisi dalam tabung steril dan diinkunasi pada suhu tertentu untuk waktu tertentu (24 jam). Jika sumber air tidak terlindungi atau dicurigai adanya kontaminasi maka pengenceran air secara serial (biasanya 10, 1, dan 0,1 ml) dapat dilakukan. Tiga atau lima tabung per pengenceran biasanya digunakan meskipun sepuluh tabung dapat digunakan untuk sensitivitas yang lebih besar. Ketika bakteri koliform tumbuh mereka menghasilkan asam dan gas, mengubah warna kaldu dan menghasilkan gelembung-gelembung yang ditangkap dalam tabung kecil yang terbalik. Dengan menghitung jumlah tabung yang menunjukkan hasil positif, dan membandingkannya dengan table standar, estimasi statistik MPN bakteri dapat dibuat dengan hasil yang dilaporkan sebagai MPN per 100 ml. Karena beberapa bakteri non-koliform dapat memfermentasi laktosa, tes pertama disebut tes “dugaan.” Bakteri dari tabung positif dapat diinokulasikan ke dalam media yang spesifik untuk koliform yang mengarah ke hasil “dikonfirmasi”. Akhirnya tes dapat “diselesaikan” dengan memasukkan sampel positif dari tes yang dikonfirmasi ke sejumlah Langkah identifikasi tambahan. Masing-masing dari ketiga Langkah tersebut (duga, konfirmasi, penyelesaian) membutuhkan 1-2 hari inkubasi. Biasanya hanya dua langkah pertama yang dilakukan dalam analisis koliform dan koliform feces sedangkan ketiga tahap dilakukan untuk konfirmasi kualitas berkala atau untuk identifikasi positif *E.coli*. Kerugian dari menggunakan tes dugaan MPN adalah membutuhkan banyak tabung dan kebutuhan waktu yang lama. Kelemahan lainnya tes MPN adalah hasilnya perkiraan statistik dengan presisi yang cukup rendah dan dianggap semi kuantitatif. Namun, tes ini paling mudah diterapkan dalam laboratorium dan dapat menggunakan kit lapangan.

### 9.3.2 Metode Teknologi Substrat Yang Ditentukan (DST)

Belakangan ini, metode yang lebih cepat dan sederhana untuk mendeteksi bakteri indikator dalam air telah banyak dicari, salah satu metode adalah DST (*Defined Substrate Technology*) yang biasa disebut metode Substrat enzim. DST adalah pendekatan baru untuk deteksi simultan, identifikasi spesifik dan konfirmasi total coliform dan *E.coli* dalam air. Tes ini menggunakan nutrisi indikator spesifik: ortho-nitrophenyl- $\beta$ -D-galactopyranoside (ONPG) dan 4-methylumbelliferyl- $\beta$ -D-glucuronide (MUG). Enzim yang dihasilkan oleh indikator organisme bereaksi dengan nutrisi indikator spesifik dalam media nutrisi dan umumnya menghasilkan perubahan warna yang mencolok yang mudah diidentifikasi. Pengujian ini lebih cepat daripada metode konvensional; beberapa dapat memberikan hasil dalam 24 jam atau kurang. Selain itu tes ini lebih spesifik dari tes konvensional yang tidak memerlukan tes konfirmasi. Colilert® adalah tes DST komersial pertama yang menerima persetujuan dari Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat untuk Analisa air minum (Nwabor, et al. 2016). Dua tes enzim yang paling relevan untuk air minum adalah: Beta-galaktosidase dan Beta-glukuronidase. Bakteri coliform menghasilkan enzim beta-galaktosidase, ketika sampel air diinkubasi dengan reagen Colilert® selama 24 jam jika ada coliform maka nutrisi indikator dihidrolisis oleh enzim B-galaktosidase sehingga melepaskan bagian indikator ONPG berwarna kuning. Di sisi lain lebih dari 95% *E.coli* menghasilkan enzim beta-glukuronidase, enzim konstitutif tambahan yang menghidrolisis nutrisi indikator kedua, MUG. Sebagai hasil dari hidrolisis ini, MUG dipecah menjadi bagian nutrisi (glukuronida) yang dimetabolisme dan bagian indikator, metil umbelliferone yang berpendar di bawah sinar ultraviolet. Metode substrat yang ditentukan biasanya membutuhkan periode inkubasi yang lebih pendek < 12 jam dapat memberikan hasil yang baik dan jika air terkontaminasi maka coliform dapat dideteksi dengan cepat tanpa fase pertumbuhan.

## **9.4 Metode Molekuler**

Meskipun metode mikrobiologi tradisional/konvensional seperti MPN, MF, DST dan tes serologis jelas berguna dalam analisis bakteriologis air, metode berdasarkan asam nukleat tertentu memiliki keuntungan tambahan yang signifikan untuk mendeteksi indikator spesies bakteri. Metode tradisional untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bakteri bergantung pada pertumbuhan organisme dalam kultur murni dan mengidentifikasinya dengan kombinasi pewarnaan, reaksi biokimia dan tes lainnya. Hal ini berlaku sama untuk mendeteksi organisme lingkungan (dalam tanah atau air), bakteri dalam makanan atau pathogen dalam sampel pasien yang menderita penyakit. Penggunaan Teknik molekuler yang mengandalkan amplifikasi dan deteksi asam nukleat spesifik menawarkan alternatif yang cepat dan dapat diandalkan sehingga menjadi metode pilihan. Beberapa Teknik molekuler yang dikenal saat ini adalah PCR multipleks (mPCR), PCR Transkripsi Terbalik dan microarray.

## **9.5 Strategi Memerangi Penyakit Air pada Negara Berkembang**

### **9.5.1 Air yang mengandung virus**

Dalam menghilangkan kontaminan virus dari sumber air minum, beberapa strategi telah digunakan. Namun, ada dua strategi yang umum dan efektif yang digunakan di dunia dan khususnya di negara-negara maju yaitu eliminasi fisik pathogen dengan pengolahan konvensional dan inaktivasi pathogen virus menggunakan radiasi ultraviolet atau oksidan kimiawi seperti klorin, kloramin, ozon dan klor dioksida (B, et al. 2021) Karena virus berukuran sangat kecil, metode pengobatan yang umum digunakan seperti penyaringan tidak berhasil menghilangkan virus secara fisik. Teknik desinfeksi yang umum digunakan dalam beberapa tahun terakhir adalah klorinasi, dimana klorin bebas berasal dari asam hipoklorit dan ion hipoklorit yang dilarutkan dalam air dan dihidrolisa. Oksidan yang kuat membuat Sebagian besar virus tidak aktif, namun pengolahan klorin bebas dapat melepaskan produk sampingan desinfeksi yang berbahaya dan gagal mengendalikan *Cryptosporidium*, protozoa yang menyebabkan diare dan menyebar

melalui air (B, et al. 2021). Untuk mengendalikan pembentukan produk sampingan desinfeksi yang beracun maka beberapa pengguna air minum beralih ke monokloramin yang dibentuk dengan mencampurkan klorin dan ammonia dengan sedikit kelebihan klorin; dan atau sinar ultraviolet (UV) monokromatik (254 nm) atau polikromatik (200-300nm) untuk mengendalikan produk sampingan desifensi dan kontaminasi *Cryptosporidium*. Dengan berbagi metode, beberapa negara maju seperti Amerika Serikat, Kanada, Belanda dan Australia telah menunjukkan efisiensi dalam pengolahan air minum dan limbah. Kontradiktif dengan negara berkembang dimana penyakit yang ditularkan melalui air seperti Hepatitis A dan E masih banyak terjadi. Implementasi penggunaan teknologi filter air keramik yang terjangkau dapat digunakan oleh penduduk pedesaan jika dipadukan dengan oksida logam seperti alumina, titanium, oksida besi, oksida seng atau oksida magnesium (Shayo, et al. 2023)

### **9.5.2 Air yang mengandung Bakteri**

Baru-baru ini, kontaminan air yang disebabkan oleh bakteri telah diatasi berkat tersedianya teknologi pengolahan air yang digunakan di Sebagian besar negara berkembang meliputi pemanasan, klorinasi, desinfeksi, penyaringan karbon arang, pasir, membrane dan filter keramik (DC, et al. 2021). Meskipun semuanya bekerja efektif dalam menghilangkan bakteri, filter keramik dianggap sebagian besar pengguna lebih baik karena pembiayaan mudah dan terjangkau karena membutuhkan ketersediaan bahan baku local seperti tanah liat, tanahm serbuk gergaji, tepung kanji, tepung terigu dan sekam padi giling yang dapat dimanfaatkan masyarakat. Penggabungan logam mulia ke dalam filter air keramik memastikan fungsi atau kinerja filter lebih efisien. Kemampuan antibakteri nanopartikel oksida logam, Teknik pembuatan dan mikroorganisme yang dihilangkan selama pengolahan air dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini. Berdasarkan struktur Lewis-dot yang berbeda, oksida logam menunjukkan sifat fisikokimia dan fungsional yang beragam, termasuk sifat/fitur magnetic, optic, mekanik dan listrik (Shayo et.al, 2023). Dibawah paparan cahaya, nanopartikel magnesium oksida bertindak sebagai antibakteri dan

menghasilkan ROS (spesies oksigen reaktif). ROS akan memasuki membrane sel bakteri sambil mengurangi tekanan oksidatif pada organ sel dan peroksidasi lipid sehingga mencegah degradasi oksidatif lipid (shayo et.al,2023).

**Tabel 9.2.** Sifat Anti bakteri Nanopartikel Oksida Logam

| Referensi                    | Oksida logam                           | Metode persiapan (Sintesis)                                                                                                                                                                                                                                                                  | Efisiensi Antimikroba                                                                                                                    | PENGHILANGAN Kontaminan                                                                                                                                                           |
|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wang dkk. (2018)             | CuO                                    | Metode top-down (yaitu, Difusi, radiasi dan dekomposisi termal)                                                                                                                                                                                                                              | ZnO yang sangat baik (71%, CuO (77%) dan NiO (85%))<br>TGO yang rendah                                                                   | <i>E. coli</i>                                                                                                                                                                    |
| Vargesi-Reus dkk. (2017)     | CuO<br>ZnO<br>Ag-CuO                   | Bottom-up (yaitu, metode fabrikasi polimer kimia, Elektrokimia sintesis kal dan reduksi kimia)                                                                                                                                                                                               | Penghapusan bakteri 100% oleh oksida                                                                                                     | <i>P. aeruginosa</i><br><i>P. gingivae</i><br><i>P. nuchalis</i><br><i>A. baumannii</i>                                                                                           |
| Acem dkk. (2017)             | ZnO                                    | Sonokimia pengurangan foto<br>Pembakaran gel sol                                                                                                                                                                                                                                             | ZnO yang sangat baik, yaitu, 72-88 CuO sedang, yaitu, 50-72%<br>rendah, yaitu 27-50%                                                     | Gram positif ( <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> )<br>Gram negatif ( <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> )                                                              |
| Tsao dkk. (2015)             | ZnO                                    | Metode top-down (yaitu, Difusi, radiasi, dan dekomposisi termal) soni<br>Bottom-up (yaitu, polimer kimia metode fabrikasi, Elektrokimia Sintesis dan Kimia pengurangan)                                                                                                                      | Penghapusan bakteri, yaitu <i>E. coli</i> 99.9% Virus, yaitu bakteriofag 98.8                                                            | <i>E. coli</i><br>Virus, yaitu bakteriofag                                                                                                                                        |
| Hoseiniyad dkk. (2018)       | ZnO                                    | Metode top-down (yaitu, Difusi, radiasi dan dekomposisi termal) soni<br>Bottom-up (yaitu, polimer kimia fabrikasi, tes sintesis elektrokimia)                                                                                                                                                | Penghapusan bakteri, yaitu <i>E. coli</i> 99.9<br>Virus, yaitu bakteriofag 98.8                                                          | <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i><br><i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i><br><i>P. nuchalis</i>                                                                          |
| Raghunath dan Perumal (2017) | ZnO<br>MgO<br>CuO<br>AgO<br>NiO<br>CoO | Metode kimia<br>Biosintesis (yaitu, CuO, ZnO dan ZnO)<br>Pengendapan berumut (yaitu, ZnO dan ZnO)<br>Elektrokimia (yaitu, CuO dan CuO)<br>Bahan kimia basah (yaitu, CuO, ZnO dan ZnO)<br>Hidrotermal (yaitu, MgO dan ZnO)<br>Sonokimia yaitu, CuO Sol gel (yaitu, ZnO dan TiO <sub>2</sub> ) | NS                                                                                                                                       | Gram positif ( <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> )<br>Gram negatif ( <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> )<br>Kontaminan virus                                          |
| Gold dkk. (2018)             | ZnO                                    | Metode lokat                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Tinggi untuk ukuran kecil (30-50 nm)<br>NF yang dibuat: baik<br>Rendah untuk ukuran yang lebih besar (70-130 nm)<br>NF yang dibuat: baik | Gram positif ( <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> )<br>Gram negatif ( <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> )<br><i>E. coli</i>                                            |
| Nigay dkk. (2019)            | MgO                                    | Bahan kimia basah<br>Hidrotermal<br>Sonokimia<br>Sol gel                                                                                                                                                                                                                                     | Penghapusan bakteri, yaitu <i>E. coli</i> 98.88%<br>Penghapusan virus 98.45                                                              | <i>E. coli</i><br>Virus (tidak ditentukan)                                                                                                                                        |
| Vega-Jimenez dkk. (2019)     | MgO<br>NiO<br>ZnO                      | Metode top-down (yaitu, Difusi, Inisiasi dan dekomposisi termal)<br>Bottom-up (yaitu, polimer kimia metode fabrikasi, Elektrokimia sintesis kal dan reduksi kimia)                                                                                                                           | ZnO, MgO yang sangat baik<br>rendah, yaitu                                                                                               | <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i><br><i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i><br><i>S. mutans</i><br><i>V. cholerae</i> dan<br><i>Shigella sp.</i> (yaitu, <i>Shigella</i> ) |
| Makwana dkk. (2020)          | MgO<br>AgO<br>ZnO                      | ZnO yang sangat baik, MgO Rendah<br>rendah                                                                                                                                                                                                                                                   | Virus (yaitu, HIV-1) 98% (Ag), 95 (99% untuk Ag-TiO <sub>2</sub> )   HIV-1                                                               | Gram positif ( <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> )<br>Gram negatif ( <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> )                                                              |

\*menunjukkan bahwa: Konsentrasi MgO yang lebih tinggi menghambat pertumbuhan bakteri terhadap *E. coli* lebih tinggi daripada *B. subtilis* sp.  
\*\* menunjukkan bahwa: CuO memberikan lebih banyak ruang untuk digunakan sebagai agen biocidal, yaitu terhadap *B. subtilis* bahkan pada konsentrasi rendah

(sumber : Shayo et.al,2023)

### 9.5.3 Kontaminasi bahan kimia pada air

Air adalah pembawa mikroorganisme menular seperti bakteri, parasite, dan virus yang menyebar melalui jalur fecal-oral pada penyakit berbasis air. Demikian pula bahan kimia terkadang dianggap sebagai sumber agen infeksius (Shayo et al, 2023). Penyakit yang ditularkan melalui air disebabkan oleh racun kimia yang Sebagian besar ditemukan dalam limbah industry, kota dan pertanian (Shayo et al, 2023). Misalnya logam berat seperti kromium, cadmium, nikel, timbal, merkuri dan arsenic; kation seperti natrium, kalium, dan kalsium; anion, seperti karbonat, bikarbonat dan nitrat; serta pestisida seperti diklorodifeniltrikoroetana dan benzene heksaklorida masuk kedalam badan air dari sumber titik dan bukan sumber titik serta menyebabkan komplikasi Kesehatan pada manusia di banyak negara berkembang. Air minum yang tercemar logam berat , pestisida, kation dan anion dapat menyebabkan komplikasi yang mengancam jiwa pada system pencernaan, ginjal, kardiovaskular, paru dan reproduktif (Shayo, et al. 2023) Selain itu bahan kimia yang terbawa oleh air yang tercemar dapat menyebabkan saluran kemih terasa panas dan berbatu, leukomelanososis, hyperkeratosis, penyakit kaki hitam dan kanker (Shayo et al, 2023). Logam berat ditemukan secara alami di kerak bumi dan merupakan polutan lingkungan yang tahan lama karena tidak dapat didegradasi dan dihilangkan. Logam-logam ini masuk kedalam system tubuh manusia dalam jumlah kecil melalui makanan, minuman, udara dan air dan terakumulasi secara hayati seiring waktu (Shayo et al, 2023). Tabel 3 menunjukkan nilai maksimum logam berat yang diizinkan WHO dan USEPA dalam air minum. Dengan konsentrasi yang dapat diterima sebesar 0,002 mg/l tingkat racun sebagai contohnya logam talium dan merkuri adalah yang paling beracun, sementara nitrat dengan peringkat WHO 11,3 mg/L dan peringkat USEPA 10 mg/l merupakan konsentrasi kimiawi tertinggi yang diperbolehkan dalam tubuh manusia. Kontaminan kimiawi dalam air minum terkadang dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia tetapi tubuh manusia membutuhkan beberapa unsur logam berat dalam bentuk kation divalent seperti  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  dalam pengaturannya berbagai fungsi fisiologis tubuh. Jika konsentrasinya

melelbihi tingkat kebutuhan tubuh, logam divalent dapat menimbulkan efek Kesehatan (Shayo, et al. 2023).

**Tabel 9.3.** Standar Kontaminan Kimiawi dalam Air Minum menurut WHO dan USEPA

| Maksimum logam berat dan logam lain WHO/USEPA konsentrasi yang dapat diterima (mg/L)                                                                                                                 | Implikasi kesehatan dari menelan beberapa bahan kimia ini (jika melebihi batas maksimum yang dapat diterima)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mercuri (Hg)                                                                                                                                                                                         | USEPA/WHO 0,0025Sakit kepala<br>sakit perut dan diare, kelumpuhan, dan radang gusi<br>Kerusakan ginjal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Perak (Ag)                                                                                                                                                                                           | USEPA/WHO 0,1<br>Perubahan warna kulit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arsenik (As)                                                                                                                                                                                         | USEPA/WHO 0,01Masalah kulit yang serius, gangguan endokrin<br>Menyebabkan kanker kulit, kandung kemih, paru-paru, ginjal, hati, prostat. Membahayakan sistem kardiovaskular dan saraf                                                                                                                                                                                                                                               |
| Kadmium (Cd)                                                                                                                                                                                         | USEPA 0,005 dan WHO 0,003Kerusakan Ginjal<br>Karsinogenik, menyebabkan fibrosis paru, dispnea                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Seng (Zn)                                                                                                                                                                                            | USEPA/WHO 5Kram perut,<br>iritasi kulit, muntah dan mual, gangguan pemapasan, anemia dan demam mental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Timbal (Pb) mental,                                                                                                                                                                                  | USEPA 0,015 dan WHO 0,1Bayi dan anak-anak dapat mengalami keterlambatan perkembangan fisik atau<br>serta rentang perhatian yang kecil dan kekurangan dalam belajar Gangguan ginjal dan tekanan darah tinggi pada orang dewasa                                                                                                                                                                                                       |
| Uranium(U)                                                                                                                                                                                           | USEPA/WHO03<br>Toksisitas ginjalPeningkatan risiko kanker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Antimon(Sb)                                                                                                                                                                                          | USEPA/WHO006<br>Peningkatan kolesteroi darah Penurunan gula darah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kromium (Cr)                                                                                                                                                                                         | USEPA 0,1 dan WHO 0,05Mual<br>gangguan saluran cerna, sakit maag, tukak lambung, tukak kulit, dermatitis alergi<br>Kerusakan ginjal dan hati<br>Masalah reproduksi Kanker paru-paru dan hidung                                                                                                                                                                                                                                      |
| Tembaga (Cu) gas                                                                                                                                                                                     | USEPA 0,1 dan WHO 0,05<br>Keracunan tembaga akut dapat menyebabkan gejala mual, muntah, diare, buang<br>penyakit saluran cerna, nyeri perut dan otot.<br>Kasus keracunan tembaga yang parah telah menyebabkan anemia, keracunan hati, dan gagal ginjal                                                                                                                                                                              |
| Sianida (CN <sup>-</sup> )                                                                                                                                                                           | USEPA/WHO2<br>Kerusakan saraf<br>Masalah tiroid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Talium (Tl)                                                                                                                                                                                          | USEPA/WHO 0,1<br>002 Kerontokan rambut<br>Perubahan dalam darah<br>Masalah ginjal, usus, atau hati                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Fluorida (F <sup>-</sup> )                                                                                                                                                                           | USEPA 4,0 dan WHO 1,5Fluorosis tulang akibat konsumsi jangka panjang > 4 mg/L (felinein tulang yang serius) menyerupai osteoporosis dan ditandai dengan kepadatan dan kekerasan yang ekstrem s e r t a kerapuhan tulang yang tidak normal)<br>Anak-anak dapat mengalami gigi belang-belang (yaitu, belang-belang (perubahan warna) pada gigi pada anak di bawah usia 9 tahun (akibat konsumsi jangka panjang dengan kadar > 2 mg/L) |
| Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dan Nitrat (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> USEPA 10,0 dan WHO 11,3<br>TIDAK USEPA 1,0 dan WHO 1,0<br>BariumUSEPA 2,0 dan WHO 0,1 | Methemoglobinemia (sindrom bayi biru)<br>Sebagian besar efek kesehatan potensial terlihat pada bayi di bawah usia 6 bulan<br>7Kesulitan bernapas<br>Peningkatan tekanan darah dan perubahan irama jantung<br>Itaii lambung, pembengkakan otak, kelemahan otot<br>Kerusakan hati, ginjal, jantung, dan limpa                                                                                                                         |

(Sumber : Shayo et al, 2023)

Filter keramik dapat ditingkatkan efisiensinya dalam menyisihkan logam berat, pestisida, dan kontaminan kimia organik jika didoping dengan bahan kimia hidroksiapatit, dan bahan kimia yang terbuat dari tulang (Shayo et al, 2023). Kemungkinan memiliki satu sistem pengolahan air yang dapat menghilangkan bakteri, virus dan bahan kimia menggunakan filter keramik dapat terjadi jika ada penggabungan nanopartikel logam dan didoping dengan oksida logam dan hidroksiapatit. Doping filter air keramik dengan hidroksiapatit dapat dilakukan dan meningkatkan efisiensi penyisihan bahan kimia.



## DAFTAR PUSTAKA

- DC, Ferreira, Grazielle I, Marques RC, and Gonzales J. 2021. "Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case." *Sci Total Environ* 779.
- Nwabor, Oziooma Forstinus, Emmanuel Nnamomu, Paul Martina, and Ani Christina. 2016. "Water and waterborne diseases: A review." *International Journal of tropical disease & Health* 1-14.
- Shayo, Godfrey Michael, elianaso Elimbinzi, Godlisten N Shao, and Christina Fabian. 2023. "Severity of waterborne diseases in developing countries and the effectiveness of ceramic filters for improving water quality." *Bulletin of national research centre* 113.
- B, Adenolun, Ajibade F O, Ighalo J O, Odey G, Ibrahim RG, and Kareen KY. 2021. "Assesment of socioeconomic inequality based on virus contaminated water usage in developing countries : a review." *Environ Res* 192.



# **BAB 10**

## **PERENCANAAN JARINGAN PENYALURAN LIMBAH CAIR**

*Oleh Syardah Ugra Al Adawiyah*

### **10.1 Pendahuluan**

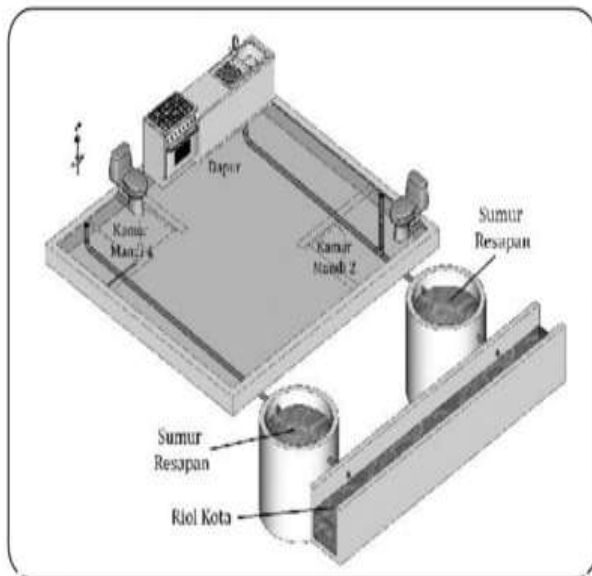
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menyatakan bahwa Limbah cair merupakan sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang memiliki wujud cair dan bersumber dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Biasanya, limbah cair mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang memberikan efek berbahaya bagi Kesehatan makhluk hidup serta mengganggu lingkungan sekitar. Proses awal dalam penanganan limbah cair adalah penyaluran limbah cair. Pada proses ini terdiri dari system perpipaan dalam rumah dan perkantoran, system penyambunngan pipa ke saluran pengumpul, sistem penyaluran limbah cair dan kelengkapannya. Dengan adanya sistem saluran limbah yang telah dirancang dan dioperasikan dengan tepat, maka diharapkan dapat meningkatkan kondisi masyarakat dalam waktu relatif singkat (Samina dkk, 2013)

### **10.2 Sistem Penyaluran Limbah Cair**

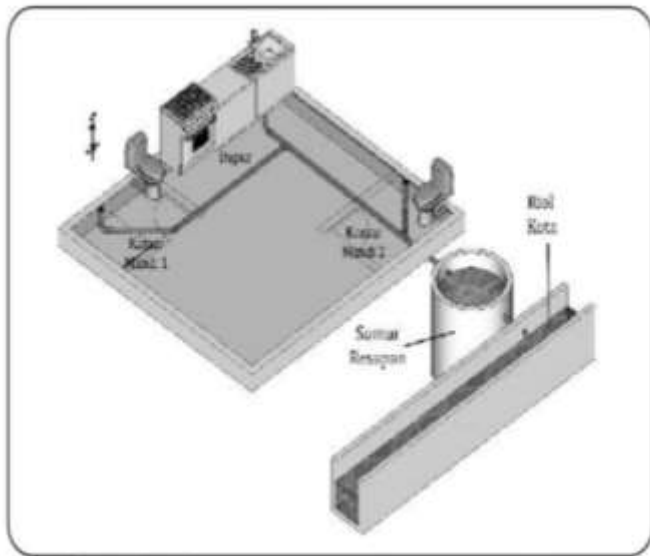
Penyaluran limbah cair merupakan suatu proses yang mengambil peran penting dalam pengelolaan air limbah. Sistem penyaluran limbah cair merupakan rangkaian sistem jaringan penyaluran air yang memiliki fungsi dalam meminimalisir limbah cair dari suatu lingkungan, yaitu dari rumah tangga dan kawasan industri. Tahap awal dari sistem penyaluran limbah cair adalah aliran jaringan sistem perpipaan dalam rumah dan perkantoran, jaringan sistem perpipaan ke bagian pengumpul serta penyaluran limbah cair dan kelengkapannya (Soeparman, 2002)

Penyaluran limbah cair harus dilakukan secara optimal dengan strategi perencanaan dan perhitungan yang matang dan cermat. Penyaluran atau pembuangan yang dipilih harus mempertimbangkan ketercapaian sasaran dalam mengurangi luas area lahan yang tercemar. Pertimbangan lain yaitu keterjangkauan biaya, dapat diterapkan sesuai kebutuhan baik sektor industri maupun pribadi, teknologi dan pemeliharaan tidak rumit. Limbah cair disalurkan dari berbagai sumber ke fasilitas pengolahan melalui dua sistem, yaitu saluran ganda dan saluran tunggal. Saluran ganda memiliki ciri yaitu terdapat dua saluran limbah cair yang biasanya dipasang di sisi kiri atau kanan bangunan sebagai salurannya pembuangan. Peletakan pipa saluran disesuaikan dengan rancangan bangunan. Penggunaan sistem ini memerlukan jumlah pipa yang lebih banyak, tetapi memiliki kelebihan yaitu pembuangan limbah cair menjadi lebih lancar. Apabila terjadi kondisi saluran yang mampat, masih terdapat saluran lainnya untuk mengalirkan limbah cair.

Saluran tunggal menggunakan satu saluran sebagai saluran pembuangan limbah cair. Letak saluran disesuaikan dengan desain bangunan. Supaya saluran air tunggal aman dari kondisi yang mampat, sebaiknya pipa yang digunakan memiliki ukuran minimal 4 inci. (Suryokusumo dan Yatnawijaya, 2010)



**Gambar 10.1.** Sistem saluran ganda



**Gambar 10.2.** Sistem saluran tunggal

### 10.3 Jenis-jenis Sistem Penyaluran Limbah Cair

Sistem penyaluran limbah cair berdasar asal airnya terbagi menjadi:(Abduh, 2018)

#### 1. Sistem Penyaluran terpisah

Sistem penyaluran terpisah adalah sistem penyaluran limbah cair dimana limbah cair disalurkan terpisah atau tersendiri dalam sebuah jaringan yang tertutup, begitupun dengan air hujan yang juga disalurkan pada sebuah jaringan tersendiri dalam saluran khusus sehingga air tidak mendapatkan efek pencemaran. Limbah cair dan air hujan disalurkan melalui jaringan terpisah dari sumbernya. Sistem ini memisahkan aliran penyaluran limbah cair serta komponen limbah cair lainnya. Proses pengendapan tidak terjadi dalam proses ini.

Penyaluran terpisah dimanfaatkan untuk pemekaaian air dalam jumlah besar yang tidak mengakibatkan risiko untuk Kesehatan makhluk hidup dan lingkungannya. Pemeliharaan untuk saluran terpisah terbilang sangat rumit karena terdapat dua saluran berbeda yang digunakan untuk

megalirkan limbah cair dan air hujan. Saluran untuk air hujan dialirkan melewati saluran terbuka mencapai badan air penerima atau sungai sedangkan saluran untuk limbah cair dialirkan melewati saluran tertutup mencapai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem penyaluran terpisah sering dimanfaatkan untuk daerah dengan curah hujan yang tinggi.

Sistem penyaluran terpisah memiliki kelebihan yaitu unit untuk pengolahan air limbahnya tergolong kecil dengan dimensi saluran yang juga kecil. Sedangkan kekurangannya adalah perlu dibuatkan dua jenis saluran yang berbeda untuk limbah cair dan air hujan Sistem ini digunakan sesuai dengan beberapa pertimbangan, antara lain sebagai berikut:

- a. Lama periode musim hujan dan kemarau.
- b. Perbedaan kuantitas aliran air hujan dan limbah cair yang jauh berbeda
- c. Limbah cair seharusnya diolah terlebih dahulu sesuai pengolahan yang telah ditetapkan sedangkan air hujan akan dibuang ke bagian badan penerima
- d. Besarnya fluktuasi debit dari limbah cair dan limpasan air hujan Ketika musim hujan dan musim kemarau
- e. Saluran limbah cair berada dalam roil tertutup sedangkan air hujan berada pada parit terbuka.



**Gambar 10.3.** Sistem penyaluran limbah terpisah

## 2. Sistem tercampur

Sistem penyaluran tercampur adalah suatu sistem penyaluran limbah cair di mana pengumpulan limbah cair dipadukan dengan limpasan hujan. Kelebihan dari sistem penyaluran tercampur adalah saluran yang dibuat hanya satu karena air hujan dan limbah cair dibuat dalam satu saluran sehingga biaya operasional dan pemeliharaan terjangkau dan ekonomis. Konsentrasi pencemar limbah cair akan berkurang karena adanya pembuangan air hujan yang berfungsi sebagai pengencer. (Abduh, 2010).

Sistem tercampur menjadi alternatif yang terjangkau dari segi biaya dan perawatan karena jumlah *manhole* yang diperlukan lebih sedikit. Kemiringan dapat lebih diperkecil karena kecepatan penggerusan tidak perlu dipertimbangkan dalam pengaliran air limbah yang sudah tidak mengandung padatan sehingga pipa tidak perlu ditanam lebih dalam. Selain itu konsentrasi pencemar dapat berkurang karena telah diencerkan oleh air hujan Ketika berada dalam satu saluran.

Sistem ini dapat diterapkan pada daerah yang memiliki frekuensi curah hujan rendah.



**Gambar 10.4.** Sistem penyaluran limbah tercampur

Sistem penyaluran limbah tercampur dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Sistem Langsung

Sistem langsung adalah sistem penyaluran limbah cair dimana limbah cair dan air hujan dibuat jadi satu baik ketika musim hujan maupun kemarau. Sistem ini memiliki kelebihan antara lain dapat memudahkan proses pengolahan limbah cair pada IPAL karena hanya ada satu saluran sehingga pengenceran oleh air hujan dapat terjadi.

Kekurangan dari sistem penyaluran limbah cair langsung adalah dibutuhkan unit IPAL yang besar, yang disebabkan oleh adanya penyatuan antara limbah cair dan air hujan, selain itu, butuh dimensi pipa penyaluran limbah cair yang sangat besar

2. Sistem *Interceptor*

Sistem interceptor adalah sistem penyaluran limbah cair yang menggabungkan antara limbah cair dan air hujan dalam satu saluran namun hanya dilakukan pada saat musim kemarau saja. Kelebihan dari sistem interceptor adalah unit IPAL yang



dibutuhkan tidak terlalu besar serta air hujan yang mengalir dapat digunakan sebagai air penggelontor bagi limbah cair di saat awal musim hujan. Kekurangan dari sistem interceptor adalah dibutuhkan konstruksi yang sangat rumit dalam pembangunannya

Berdasarkan sarana yang diperlukan, sistem penyaluran air limbah dibagi menjadi dua yaitu Sistem Penyaluran limbah on-site dan sistem penyaluran limbah *off-site* :

1. Sistem *on-site*

Sistem *on site* adalah sistem penyaluran limbah cair yang langsung dibuang di tempat, tanpa mengumpulkan limbah cair tersebut, dan juga tidak disalurkan ke jaringan saluran yang akan mencapai instalasai pengolahan air limbah (IPAL) ataupun badan penerima limbah cair. (Fajariwati, 2000)s Contoh teknologi *on site system* adalah cubluk tunggal, cubluk kembar, dan tangki septik.

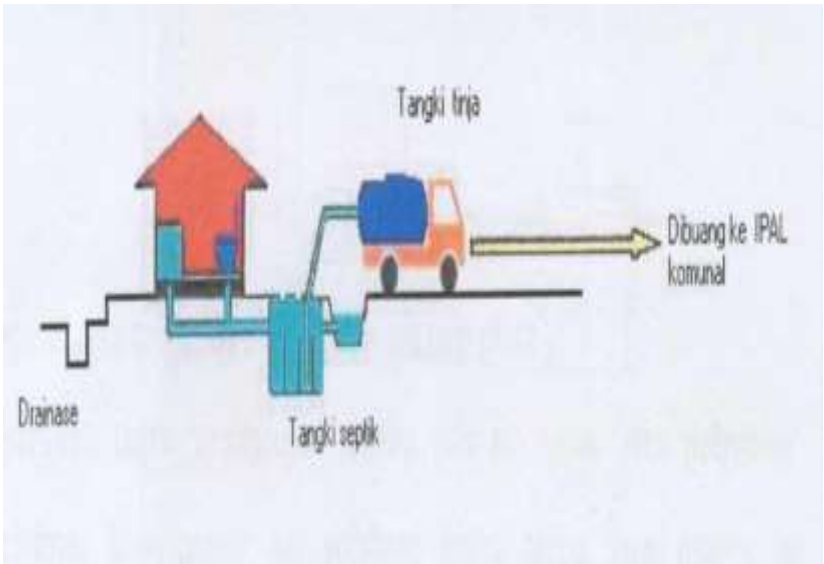
Sistem ini sudah umum digunakan terutama di Indonesia. Kelebihan sistem ini antara lain:

- a. Biaya pembuatan yang muran
- b. Dapat dibuat oleh individu pribadi
- c. Pembuatannya menggunakan teknologi dan sistem yang sederhana
- d. Pemeliharaan lebih sederhana dan menjadi tanggung jawab pribadi

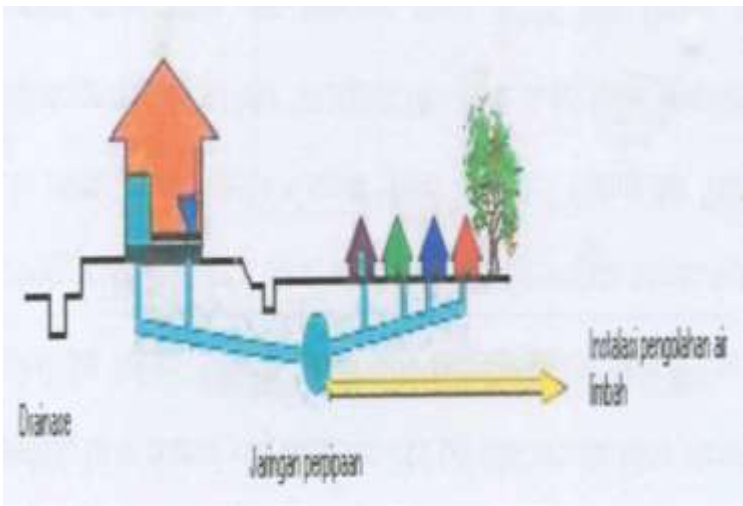
2. Sistem *off- site*

Sistem terpusat atau sistem *off-site* adalah sistem pembuangan limbah cair rumah tangga ataupun industri yang disalurkan dari masing-masing rumah ataupun kawasan industri ke jaringan saluran pengumpul limbah cair lalu dipisahkan dengan batas jarak atau tanah yang menggunakan perpipaan untuk mengalirkan air limbah dari rumah-rumah secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke IPAL. Sistem *off-site* memerlukan pengorganisasian dan pengolahan yang terpusat, yaitu semua limbah cair yang dihasilkanm disalurkan ke suatu tempat dan diolah secara

kolektif. Sistem off site dapat menjadi alternatif lain jika sistem on site tidak dapat diterapkan akibat terbatasnya lahan dan tidak memadainya kondisi lahan sebagai akibat tingginya tingkat kepadatan penduduk.



**Gambar 10.5.** Sistem On-site



**Gambar 10.6.** Sistem Off-site

## **10.4 Perencanaan Sistem Penyaluran Limbah Cair**

Prinsip penyaluran limbah cair adalah pembuatan suatu sistem penyaluran yang mengalirkan limbah cair dari sumber ke unit instalasi pengolahan limbah cair melalui jarak yang sependek-pendeknya agar waktu penyaluran yang dibutuhkan menjadi singkat. Sistem Penyaluran air limbah memerlukan perencanaan yang berdasar pada indikator indikator yang telah ditetapkan sesuai dengan kondisi dan situasi setempat.

Dalam perencanaan air limbah ini diperlukan adanya beberapa kriteria sebagai dasar perencanaan. Kriteria ini perlu ditetapkan untuk mendapatkan suatu perencanaan yang tepat dan terkondisi pada suatu daerah tertentu. Menurut Rizani (2019), Perencanaan sistem penyaluran limbah cair harus mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Jangka waktu perencanaan. Perencanaan dihitung tidak hanya saat perencanaan tetapi juga dalam perencanaan fasilitas pelayanan, jumlah penduduk serta pemekaraanya pada masa depan
2. Jumlah penduduk yang difasilitasi. Banyak penduduk yang diperkirakan dalam perencanaan suatu daerah dan memperhitungkan apa yang akan mempengaruhi umlah penduduk
3. Jumlah dan kualitas air limbah terkait pemngolahan limbah cair serta standar kualitas limbah cair yang sudah ada
4. Pilihan terkait sistem penyaluran terpisah dan tercampur
5. Pembagian wilayah, yakni adanya peraturan daerah yang digabungkandari suatu kelompok masyarakat dalam sistem
6. Alternatif pendekatan pengumpulan limbah cair secara konvensional
7. Kuallitas air sebagai penerima limbah cair setelah limbah cair tersebut mendapat pengelolaan.

Penyaluran limbah cair dapat diterapkan pada tiga sistem wilayah yaitu wilayah pemukiman, perkotaan dan kawasan tertentu.

1. Sistem wilayah pemukiman diintegrasikan dengan perencanaan sanitasi secara menyeluruh. Sistem skala

pemukiman tersambung ke jaringan pipa perkotaan, sampai dengan IPAL terpusat.

2. Sistem wilayah perkotaan adalah jenis penyaluran limbah cair yang memiliki skala besar dan melayani bangunan dengan penghuni lebih dari 20.000 jiwa. Langkah dalam pembangunan sistem wilayah perkotaan adalah:
  - a. Rencana induk air limbah, meliputi analisis kondisi daerah perencanaan, zoning dan penentuan lokasi IPAL yang mengacu pada peta rencana sanitasi yang disepakati. Dalam sistem ini, sistem ini akan terhubung dengan perpipaan kota
  - b. Strategi sanitasi kota, meliputi rencana pengelolaan sanitasi individu, skala pemukiman, kawasan dan skala kota. Perencanaan ini mencakup peta resiko yang bermanfaat dalam penentuan lokasi intervensi program sanitasi. Perlu dikembangkan sistem yang akan diterapkan dalam mempercepat proses pelaksanaan program. Langkah langkah strategi yang ditempuh dapat disajikan pada gambar 10.7.



**Gambar 10.7.** Langkah-langkah perencanaan sistem wilayah kota

## 10.5 Pengaliran Limbah Cair Melalui Perpipaan

Pengaliran limbah cair melalui sistem perpipaan berfungsi dalam membawa limbah cair dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga tidak mencemari lingkungan yang ada di sekelilingnya. Prinsip yang digunakan dalam pengaliran limbah cair adalah gaya gravitasi sehingga aliran yang terjadi adalah aliran dengan pola saluran yang terbuka. Sehingga terdapat bagian dari penampang pipa yang kosong (Dimara, dkk, 2020). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sistem perpipaan adalah:

1. Debit saluran limbah cair

Debit saluran limbah cair adalah perkalian antara luas penampang dengan kecepatan aliran limbah cair. Secara matematis dapat dituliskan:

$$Q = V \times A$$

Dengan:

$Q$ = Debit yang mengalir dalam saluran ( $m^3/s$ )

$V$ = Kecepatan aliran limbah cair ( $m^2/s$ )

$A$ = Luas Penampang saluran yang dialiri limbah cair ( $m$ )

2. Kemiringan pipa dan kecepatan aliran jaringan pipa air limbah

Sistem penyaluran limbah cair harus mampu mengalirkan dengan cepat limbah cair yang mengandung bahan-bahan padat. Pipa penyaluran harus memiliki ukuran kemiringan yang sesuai dengan banyak dan jenis limbah cair. Kemiringan aliran harus cukup agar menjamin berlangsungnya pembersihan sendiri (self cleaning) pada saluran.

3. Jaringan Pipa Limbah Cair

Jaringan limbah cair meliputi saluran rumah, saluran tersier, saluran sekunder dan saluran primer induk serta bak kontrol.

4. Bahan dan bentuk aliran jaringan pipa

Dalam penentuan bahan aliran jaringan pipa, perlu dipertimbangkan :

- a. konstruksi,
- b. Hidrolisis pengaliran,

- c. Adanya tempat untuk penanaman aliran jaringan pipa
- d. Nilai ekonomis dan kemudahan dalam mendapatkan bahan

Bentuk saluran untuk aliran jaringan pipa yang dapat digunakan adalah

- a. Bentuk lingkaran  
Bentuk ini dipakai Ketika debit aliran limbah cair bersifat tertutup dan konstan
- b. Bentuk bulat telur  
Bentuk ini dipakai Ketika debit aliran limbah cair bersifat tertutup dan tidak konstan

## DAFTAR PUSTAKA

- Rizani, Mohammad. 2019. Pengelolaan sanitasi pemukiman wilayah perkotaan dengan pendekatan teknokratik dan pasrtisipatif. *Media Sahabat Cendikia*. Surabaya.
- Kurniawan, A., & Dewi, N. A. 2015. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kota Bogor Menggunakan Air Hujan Untuk Debit Penggelontoran (Planning of Domestic Wastewater Sewerage in Bogor City Using Rainwater for Flushing Flowrate). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(1), 39–51
- Samina, dkk. 2013. Jurnal : Efektivitas Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Kota Cirebon terhadap Penurunan Pencemar Organik dan E.Coli. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suryokusumo, B., & Yatnawijaya, B. 2018. Dasar Perencanaan Plambing dan Sistem Distribusi Air Bidang Arsitektur, Universitas Brawijaya Press: Malang
- Abduh, N. 2018. Ilmu dan rekayasa Lingkungan, CV Sah Media. Makassar
- Soeparman, M dan Suparmin, 2002, Pembuangan Tinja dan Limbah Cair, penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Fajarwati, Ayi. 2000. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang (Studi Kasus : Kecamatan Ilir Timur 1 dan Kecamatan Ilir Timur II). Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.





# **BAB 11**

## **LAJU AIR LIMBAH**

### **(ALIRAN LIMBAH DAN METODE PERHITUNGAN LAJU AIR LIMBAH)**

*Oleh Teddy*

#### **11.1 Pendahuluan**

Limbah merupakan bentuk hasil dari buangan sebuah kegiatan produksi. Limbah buangan tersebut dapat berupa padatan, cairan, dan juga gas. Limbah dapat diartikan juga sebagai suatu bahan yang tidak berarti dan tidak memiliki nilai. Sebuah kegiatan industri maupun domestik merupakan contoh sumber limbah yang ada pada lingkungan. Dengan kuantitas dan konsentrasi tertentu, dengan muncul limbah akan menjadikan dampak negatif pada lingkungan terutama pada kesehatan manusia.

#### **11.2 Pengertian Air Limbah**

Menurut Undang-Undang No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pengertian air limbah adalah "Sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair". Sedangkan menurut Metcalf & Eddy (2003), air limbah didefinisikan sebagai "Kombinasi cairan atau air limbah yang membawa sampah dari perumahan, perkantoran, dan perdagangan dan perindustrian bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada".

Limbah cair adalah limbah buangan yang berbentuk cairan. Air yang membawa limbah dari kegiatan industri maupun domestik disebut dengan air limbah. Campuran air dan padatan terlarut (tersuspensi) juga merupakan air buangan dari hasil kegiatan yang dibuang ke lingkungan. Sugiharto (1987) menyebutkan, air limbah (waste water) merupakan kotoran dari masyarakat, rumah tangga, serta berasal dari industri, air tanah, air permukaan, dan buangan lainnya.

### **11.3 Sumber Air Limbah**

Air limbah berasal dari berbagai sumber, secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kelompok, diantaranya air buangan domestik dan industri. Dengan mengetahui data sumber-sumber dari air limbah ini, dapat diperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah. Dan dari data tersebut dapat dihitung pertumbuhan dan perkembangan sebelum merencanakan sebuah bangunan pengolahan air limbah dan pemasangan saluran pembawanya.

Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (domestic waste water) merupakan salah satu dari sumber limbah. Air buangan tersebut berasal dari pemukiman penduduk. Secara umum air buangan rumah tangga terdiri dari ekskresi (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi. Limbah-limbah tersebut umumnya terdiri dari bahan-bahan organik. Dalam Peraturan Menteri PUPR RI nomor 4 tahun 2017, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

Air limbah domestik dibedakan menjadi tiga jenis air limbah yang dibedakan berdasar pada jenis air buangannya. Tiga jenis air limbah tersebut adalah grey water, black water, dan storm water. Grey water (air bekas) adalah air limbah yang berasal dari floor drain, wastafel dan juga tempat cuci piring (sink). Black water (air kotor padat) adalah air limbah yang berasal dari kloset dan urinoir. Air limbah ini termasuk dalam golongan limbah padat organik, dimana limbah padat organik tersebut dapat membusuk sehingga harus diolah dengan benar. Storm water atau limbah air hujan yang dapat disalurkan secara langsung menuju buangan akhir. Namun air hujan tidak boleh menimbulkan genangan yang banyak karena akan menyebabkan banjir. Oleh sebab itu, dalam sistem penyaluran pembuangan air hujan harus diperhatikan agar air buangan langsung tersalurkan dan tidak menggenang.

### **11.4 Karakteristik Limbah**

Menurut Metcalf & Eddy (2003), karakteristik air limbah dibagi menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis. Karakter fisik yang paling penting adalah kandungan total solids yang terdiri dari

material yang mengapung, mengendap, koloid, dan terlarut. Bagian lain yang termasuk dalam karakteristik fisik antara lain :

**1. Total Solid**

Merupakan zat-zat yang tertinggal sebagai residu dari penguapan pada temperatur 103°C hingga 105°C.

**2. Temperatur**

Pada umumnya temperatur air limbah lebih tinggi daripada air bersih karena adanya penambahan air dengan temperaturnya lebih hangat yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Temperatur memberikan efek yang penting diantaranya :

- a. Reaksi kimia dan laju reaksi
- b. Kehidupan di dalam air
- c. Pemanfaatan air sesuai fungsinya

**3. Warna**

Air limbah yang masih segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan. Namun, semakin lama waktu tinggalnya didalam sistem pengumpulan dan kondisi anaerobik yang semakin meningkat, warna dari air limbah akan berubah dari abu-abu menjadi abu-abu gelap dan akhirnya menjadi hitam. Warna air limbah yang hitam disebut dengan septik.

**4. Bau**

Bau yang timbul dari limbah domestik disebabkan adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Bau khas dari air limbah adalah H<sub>2</sub>S yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobik dengan mengubah sulfat menjadi sulfida.

Ditinjau dari segi kimia, terdapat tiga jenis karakteristik air limbah. Diantaranya adalah sebagai berikut:

**1. Senyawa Organik**

Senyawa organik pada air limbah tersusun atas beberapa komponen, diantaranya:

- a. Protein : 40%-60%
- b. Karbohidrat : 25%-50%
- c. Minyak dan lemak : 8% -12%

Selain senyawa tersebut, biasanya juga ditemukan beberapa jenis material sintetik organik dengan struktur yang sederhana hingga kompleks.

## 2. Senyawa Anorganik

Terdiri atas pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat dan senyawa beracun.

## 3. Gas

Pada umumnya gas yang terdapat pada air limbah adalah nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), asam sulfat ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ), dan metana ( $CH_4$ ). Ketiga gas pertama adalah gas yang dapat ditemukan pada atmosfer and semua air yang kontak dengan udara sedangkan tiga gas selanjutnya terbentuk dari hasil penguraian material organik. Kandungan bakteri pathogen dan organisme golongan coli terdapat dalam air limbah tergantung darimana sumbernya. Namun kedua bakteri tersebut tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan. Sifat biologis ini perlu diketahui untuk mengetahui tingkat pencemaran air limbah sebelum dibuang ke badan air

Ditinjau dari segi biologis, karakteristik air limbah terbagi menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

1. Kelompok tumbuh-tumbuhan
2. Kelompok hewan
3. Kelompok virus

## 11.5 Baku Mutu Air

Dalam Kepmen LH nomor 68 tahun 2016, baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Pada peraturan tersebut diatur pula mengenai baku mutu air limbah dimana tiap parameter adalah kadar maksimumnya. Dengan adanya batas kadar maksimum air limbah akan mengurangi dampak kerusakan pada lingkungan.

**Tabel 11.1.** Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri

| PARAMETER        | SATUAN        | KADAR<br>MAKSIMUM |
|------------------|---------------|-------------------|
| pH               | Mg/L          | 6-9               |
| BOD              | Mg/L          | 30                |
| COD              | Mg/L          | 100               |
| TSS              | Mg/L          | 30                |
| Lemak dan minyak | Mg/L          | 5                 |
| Amoniak          | Mg/L          | 10                |
| Total Coliform   | Jumlah 100 ml | 3000              |
| Debit            | L/orang/hari  | 100               |

## 11.6 Debit Air Limbah

### 1. Debit Air Limbah Rata-rata

Diperkirakan besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah adalah 70% hingga 80% dari total kebutuhan air bersih. Sebelum dilakukan perhitungan debit air limbah, perlu diketahui terlebih dahulu pemakaian total penggunaan rata-rata air bersih daerah pelayanan. Persamaan untuk menghitung total penggunaan rata-rata air bersih dapat dilihat pada persamaan (1).

Qave air bersih = Kebutuhan air bersih per orang x Jumlah orang.....(1)

Dimana: Qave air bersih = Debit air bersih (lt/hari)

Selanjutnya dapat dihitung debit air limbah rata-rata daerah pelayanan dengan persamaan (2).

Qave limbah = (70-80%) X Qave air bersih.....(2)

Dimana: Qave air limbah = Debit air limbah pelayanan (lt/hari)

### 2. Debit Air Limbah Minimum dan Puncak

Debit air limbah minimum dan puncak sangat tergantung dari pola konsumsi air bersih masyarakat setempat. Penggunaan air mencapai titik puncak ketika manusia akan melakukan aktivitas sehari-harinya, seperti bekerja, sekolah, dan beribadah. Sedangkan, debit air minimum akan terjadi saat manusia sedang beristirahat dan tidak melakukan aktivitas yang melibatkan penggunaan air, seperti tidur malam.

Perhitungan debit minimum air limbah dan debit puncak dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4).

$$Q_{\min} = 1/5 \times (P/1000)^{0.2} \times Q_{\text{ave}} \dots (3)$$

Dimana:

$Q_{\min}$  = Debit minimum air limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

P = Jumlah penduduk

$Q_{\text{ave}}$  = Debit rata-rata air limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times f_{\text{peak}} \dots (4)$$

Dimana:

$Q_{\text{peak}}$  = Debit puncak air limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$Q_{\text{ave}}$  = Debit rata-rata air limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$f_{\text{peak}}$  = Faktor puncak

## 11.7 Sistem Penyaluran Air Limbah

### 1. Sistem Penanganan Air Limbah

Sanitasi tepat guna dalam bidang pembuangan air limbah domestik terdiri dari 2 (dua) sistem, yaitu:

### 2. Sistem Pembuangan Setempat (*on-site system*)

Sistem pembuangan setempat adalah fasilitas sanitasi yang berada didalam daerah persil (batasan tanah yang dimiliki). Sarana sistem pembuangan setempat dapat dibagi 2(dua), yaitu:

- a. Sistem Individual : Tangki septik dan cubluk
- b. Sistem Komunal : MCK

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Biaya pembuatan murah.
- b. Teknologi dan pembangunannya sederhana.
- c. Sistem yang terpisah bagi tiap-tiap rumah dapat menjaga privasi yang aman dan bebas.
- d. Operasi dan pemeliharanya mudah dan umumnya tanggungjawab pribadi masing- masing, kecuali yang tidak terpisah atau dalam kelompok.

Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Tidak cocok bagi daerah dengan kepadatan penduduk sangat tinggi sehingga lahan yang tersedia sangat sempit dan muka air tanah tinggi, kecuali jika saya resap tanah yang rendah.

- b. Sukar mengontrol operasi dan pemeliharanya (terutama untuk sistem tangki septik).
- c. Kesalahan pengertian bahwa limbah air cucian (air cucian dapur, kamar mandi, kamar cuci, wastafel) tidak boleh masuk ke cubluk atau tangki septik dan langsung dibuang ke saluran drainase, sehingga terus mengakibatkan adanya air becek tiap hari, mencemari pemandangan, terutama badan- badan air dan bau busuk yang mungkin terjadi.
- d. Mencemari air tanah (sumur dangkal) bila pemeliharanya tidak dilakukan dengan baik.

### 3. **Sistem Pembuangan Terpusat (*off-site system*)**

Sistem pembuangan terpusat adalah fasilitas sanitasi yang berada di luar persil. Contoh sistem sanitasi ini adalah sistem penyaluran air limbah yang kemudian dibuang ke suatu tempat pembuangan (*disposal site*) yang aman dan sehat, dengan atau tanpa pengolahan sesuai dengan kriteria baku mutu dan besarnya limpahan.

- a. Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:
- b. Memberikan pelayanan yang lebih nyaman.
- c. Menampung semua air limbah domestik, sehingga pencemaran air (hujan) di saluran drainase (pematusan untuk air hujan), badan-badan air permukaan dan air tanah dapat dihindarkan.
- d. Cocok untuk daerah perkotaan dengan kepadatan menengah sampai tinggi.
- e. Masa terpakainya lama.

Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Biaya pembangunan tinggi
- b. Memerlukan tenaga-tenaga terampil dan atau terdidik untuk menangani operasi dan pemeliharaan.
- c. Keuntungan hanya bisa dicapai sepenuhnya setelah selesai seluruhnya dan digunakan oleh seluruh penduduk di daerah tersebut.
- d. Sistem yang besar memerlukan perencanaan dan pelaksanaan jangka panjang

#### 4. Sistem Pembuangan Air Limbah

Pada saat menyalurkan air limbah, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaannya agar aliran air limbah dapat melaju dengan lancar. Berikut ini prinsip-prinsip penyaluran air limbah:

- a. Disalurkan kedalam saluran tertutup dan harus rapat air.
- b. Jalur salurannya disesuaikan sedemikian rupa sehingga sedapat mungkin melaluidaerah pelayanan (*service area*) sebanyak-banyaknya, sehingga jalur seluruhnya sambung-menyambung dari mulai saluran awal (*lateral*), menuju saluran cabang- cabangnya, yang kemudian menuju saluran-saluran induk dari saluran induk tersebut, air limbah dibuang ke pembuangan akhir yang aman dengan atau diolah dalam bangunan pengolahan air limbah tertentu dengan tingkat pengolahan sesuai dengan karakteristik air limbahnya dan tempat pembuangan akhir sehingga badan air setelah bercampur dengan air limbah memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas tertentu.
- c. Aliran air limbah harus mampu membawa kotoran-kotorannya (*self cleansing velocity*) dan tidak boleh merusak saluran.
- d. Kedalaman aliran air limbah harus mampu dipakai berenanganya benda-benda yang ada di dalamnya dan juga tidak boleh penuh, kecuali pengaliran yang memerlukan pemompaan.
- e. Sedapat mungkin aliran air limbah dapat terus-menerus membawa benda-benda yang terhenti atau mengendap di dalam jalur salurannya. Bila terjadi pembusukan di dalam saluran akan timbul gas yang berbahaya dan beracun

### 11.8 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan terhadap pemakaian air minum yang menjadi air limbah domestik pada setiap blok pelayanan. Menurut



hasil survey yang telah dilakukan Direktorat Pengembangan Air Minum Ditjen Cipta Karya Departemen PU Tahun 2006, pemakaian rata-rata rumah tangga di perkotaan di Indonesia sebesar 144 Liter per harinya. Dari data tersebut, timbulan air limbah domestik diambil sebesar 60-80% dari pemakaian air bersih. Sehingga didapatkan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{air limbah}} = (60-80\%) \times Q_{\text{air minum}}$$

Dimana :  $Q_{\text{air limbah}}$  = debit air limbah (L/orang/hari)

$Q_{\text{air minum}}$  = debit air limbah (L/orang/hari)

Adapun analisis debit air limbah mencakup debit air limbah minimum ( $Q_{\text{min}}$ ) dan debit air limbah puncak ( $Q_{\text{peak}}$ ). Debit air limbah minimum merupakan debit air buangan saat pemakaian air minimum.

$$Q_{\text{min}} = 0.2 \times \Sigma PE^{1.2} \times Q_{\text{r ab}}$$

Dimana :  $Q_{\text{min}}$  = debit air limbah minimum ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

$Q_{\text{r ab}}$  = debit air limbah rata-rata ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

PE = populasi ekivalen (jiwa)

n = jumlah node pada suatu system penyaluran air limbah

Populasi ekivalen (PE) merupakan jumlah limbah organik yang terurai dari aktivitas rumah tangga maupun komersil. Populasi ekivalen dapat digunakan sebagai pendekatan apabila tidak diperolehnya data jumlah populasi (jiwa) secara detail pada kondisi tertentu. Hal tersebut dapat dilakukan ketika terdapat area bangunan yang tidak diketahui populasinya atau area yang belum terbangun. Perhitungan debit air limbah domestik total penduduk dapat ditetapkan dari jumlah populasi.

**Tabel 11.2.** Nilai PE Untuk Setiap Kegiatan

| No | Kegiatan             | Nilai PE | Aeuan                |
|----|----------------------|----------|----------------------|
| 1  | Rumah Biasa          | 1        | Study JICA 1990      |
| 2  | Rumah Mewah          | 1,67     | Sofyan M Noerlambang |
| 3  | Apartemen            | 1,67     | Sofyan M Noerlambang |
| 4  | Rumah Susun          | 0,67     | Sofyan M Noerlambang |
| 5  | Puskesmas            | 0,02     | Sofyan M Noerlambang |
| 6  | Rumah Sakit Mewah    | 6,67     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 7  | Rumah Sakit Menengah | 5        | SNI 03 – 7065-2005   |
| 8  | Rumah Sakit Umum     | 2,83     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 9  | SD                   | 0,27     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 10 | SLTP                 | 0,33     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 11 | SLTA                 | 0,53     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 12 | Perguruan Tinggi     | 0,53     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 13 | Ruko                 | 0,67     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 14 | Kantor               | 0,33     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 15 | Stasiun              | 0,02     | SNI 03 – 7065-2005   |
| 16 | Restoran             | 0,11     | SNI 03 – 7065-2005   |

Debit air limbah puncak ( $Q_{peak}$ ) ialah debit aliran pada saat tinggi muka air berada di titik tertinggi (maksimum) pada hidrograf tinggi muka air. Nilai debit puncak didapatkan dari hasil perjumlahan debit air limbah maksimum ( $Q_{maks}$ ) dan debit infiltrasi ( $Q_{inf}$ ). Debit air limbah maksimum adalah debit- aliran saat penggunaan air maksimum. Pada perhitungan  $Q_{maks}$  dibutuhkan nilai faktor harian maksimum yang merupakan nilai perbandingan antara penggunaan air maksimum dengan penggunaan air rata-rata.

Debit infiltrasi ( $Q_{inf}$ ) adalah debit air diluar debit air limbah (air tambahan) yang masuk ke dalam saluran drainase atau pipa. Debit infiltrasi tersebut berasal dari infiltrasi air tanah serta resapan air hujan. Nilai  $Q_{inf}$  tersebut didapat dari hasil penjumlahan antara dua debit yang berbeda, yaitu debit infiltasi saluran ( $Q_{inf}$  saluran) dan debit infiltrasi permukaan ( $Q_{inf}$  surface).

Debit infiltrasi saluran ialah debit air tanah yang masuk ke dalam saluran melalui celah-celah sambungan antar saluran. Sedangkan debit infiltrasi permukaan ialah debit air yang berasal dari air hujan yang masuk ke saluran melalui lubang manhole.

$$Q_{peak} = Q_{maks} + Q_{inf}$$

$$Q_{maks} = 5 \times PE^{0.8} \times fhm \times Q_r \text{ ab}$$

$$Q_{inf} \text{ saluran} = \left( \frac{L}{1000} \right) \times Q_{inf}$$

$$Q_{inf} \text{ surface} = Cr \times PE \times Q_r$$

Dimana :  $Q_{maks}$  = debit air limbah maksimum ( $m^3/dtk$ )

$Q_{inf}$  saluran = debit infiltrasi saluran ( $m^3/dtk$ )

$Q_{inf \text{ surface}}$  = debit infiltrasi permukaan ( $m^3/dtk$ )

$f_{hm}$  = faktor harian maksimum (1,15 – 1,25)

$L$  = panjang pipa (m)

$Q_{inf} = 1-3 L/dtk/1000$  m panjang pipa

$Cr$  = koefisien infiltrasi (0,1 – 0,3)

## 11.9 Perencanaan Sistem Perpipaan Air Limbah

Sistem perpipaan pada pengaliran air limbah komunal berfungsi untuk membawa air limbah dari beberapa rumah ke tempat pengolahan agar limbah tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Prinsip yang digunakan untuk pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan dengan pola aliran saluran terbuka. Dimana pipa saluran tidak akan pernah penuh dengan air limbah, sehingga harus dipastikan bahwa tidak terjadi kenaikan dasar pipa pada semua jalurnya. Maka dari itu terdapat bagian pada pipa yang kosong. Perbandingan luas penampang basah ( $d$ ) dengan luas penampang pipa ( $D$ ) adalah sebagai berikut:

1. Pipa dengan diameter kurang dari 150 mm;  $d/D = 0,5$
2. Pipa dengan diameter lebih dari 150 mm;  $d/D = 0,7$

Pada perencanaan pipa poin-poin yang perlu diperhatikan adalah ketersediaan diameter pipa rencana yang digunakan pada pasar, kedalaman air dalam saluran, kapasitas saluran, dan kecepatan aliran yang dapat memungkinkan adanya pengendapan dan penggerusan. Saluran yang direncanakan pun harus memiliki kapasitas yang dapat menyalurkan air limbah dalam keadaan maksimum maupun minimum dengan memperhatikan kedalaman air yang disyaratkan.

**Tabel 11.3. Diameter Perpipaan Air Limbah Domestik**

| Kategori Pipa | Diameter Pipa | Kemiringan Pipa | Keterangan                                                                                                                                                                                           |
|---------------|---------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pipa Persil   | 3-4 inch      | 2%              | Saluran yang menyalurkan air buangan dari rumah ke pipa servis dan letaknya di halaman rumah.                                                                                                        |
| Pipa Servis   | 6-8 inch      | 0,5-1%          | Pipa yang menampung aliran dari pipa yang diharapkan mampu melayani sekitar 50 rumah.                                                                                                                |
| Pipa Lateral  | >8 inch       | 0,5-1%          | Penyaluran air buangan setelah pipa servis. Ukuran pipa mengikuti dari jumlah pipa servis dapat berfungsi sebagai pipa lateral, sedangkan untuk jaringan besar dapat berkembang sebagai pipa cabang. |
| Pipa Induk    |               | 0,5-1%          | Menerima aliran air buangan dari pipa cabang untuk diteruskan ke instalasi pengolahan air limbah.                                                                                                    |

Dikarenakan air limbah banyak mengandung bahan padat yang dapat mengganggu atau menurunkan kekuatan pipa, maka pemilihan bahan sangat perlu dipertimbangkan. Hal yang perlu

dipertimbangkan lainnya adalah kemudahan serta kekuatan fisik yang memadai selama pengangkutan dan pemasangan.

Agar didapatkan kecepatan aliran minimal guna memiliki daya pembilasan sendiri, perlu ditentukan kemiringan pipa minimal untuk mengurangi adanya gangguan endapan pada dasar pipa. Nilai koefisien kekasaran Manning untuk berbagai bahan pipa dijelaskan pada tabel berikut.

**Tabel 11.4.** Koefisien Kekasaran Pipa

| No  | Jenis Saluran                             | Koefisien Kekasaran Manning (n) |
|-----|-------------------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Pipa Besi Tanpa Tulangan                  | 0,012 – 0,015                   |
| 1.1 | Dengan Lapisan Semen                      | 0,012 – 0,013                   |
| 1.2 | Pipa Berlapis Gelas                       | 0,011 – 0,017                   |
| 2   | Pipa Asbestos Semen                       | 0,010 – 0,015                   |
| 3   | Saluran Pasangan Batu Bata                | 0,012 – 0,017                   |
| 4   | Pipa Beton                                | 0,012 – 0,016                   |
| 5   | Pipa Baja Spiral dan Pipa Kelingan        | 0,013 – 0,017                   |
| 6   | Pipa Plastik Halus (PVC)                  | 0,002 – 0,012                   |
| 7   | Pipa Tanah Liat ( <i>Vitrified Clay</i> ) | 0,011 – 0,015                   |

Sumber : Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat, 2018

**1. Perhitungan Debit Pipa Air Limbah**

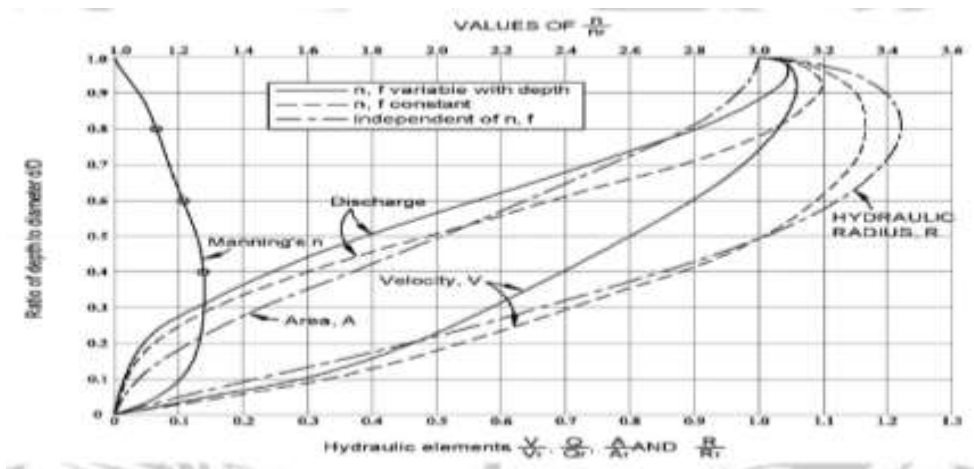
Dalam perancangan sistem penyaluran air limbah ini, nilai debit aliran penuh awal ( $Q_{full}$  awal) menjadi nilai yang perlu diketahui terlebih dahulu. Nilai  $Q_{full}$  awal diketahui dengan mengalikan nilai debit air limbah puncak dengan nilai grafik dari  $Q_{full}/Q_{peak}$  yang didapatkan dari Gambar 1.

$Q_{full} \text{ awal} = Q_{peak} \times Q_{full}/Q_{peak}..(7)$

Dimana:  $Q_{full}$  awal = debit aliran penuh awal ( $m^3/dtk$ )

$Q_{peak}$  = debit air limbah puncak ( $m^3/dtk$ )

$Q_{full} / Q_{peak}$  = nilai dari grafik design of main sewer



**Gambar 11.1.** Grafik Design Of Main Sewer

## 2. Perhitungan Dimensi Pipa Air Limbah

Selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi saluran. Pada perhitungan ini menggunakan nilai debit aliran penuh dan nilai kecepatan aliran penuh ( $V_n$ ) yang diasumsikan. Dengan demikian akan diperoleh nilai jari-jari hirdolis ( $R$ )

$$D_{hitung} = \sqrt{\frac{4 \times (Q_{full\ awal})}{\pi \cdot V_{full}}} \dots\dots\dots(8)$$

$$R = 0.5 \times D \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:  $D_{hitung}$  = diameter saluran hasil perhitungan (mm)

$Q_{full\ awal}$  = debit aliran penuh awal ( $m^3/dtk$ )

$V_{full}$  = kecepatan aliran penuh ( $m/dtk$ ) (asumsi)

$R$  = jari-jari hidrolis saluran (mm)

$D$  = diameter saluran (mm)

## 3. Perhitungan Tinggi Muka Air Dan Kecepatan Minimum

Kemiringan pipa merupakan nilai faktor yang sangat mempengaruhi nilai kecepatan aliran penuh. Nilai kemiringan pipa dapat diasumsikan dengan syarat nilai  $V_{all}$  tidak kurang dari 0,6 m/dtk dan tidak lebih dari 3 m/dtk.

$$v_{full} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$v_{peak} = v_{full} \times \frac{v_{peak}}{v_{full}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dimana : S = kemiringan pipa (%)  
n = koefisien kekasaran Manning  
 $v_{peak}$  = kecepatan aliran puncak (m/dtk)

Debit penuh air limbah (Q) ialah debit air limbah pada saat pipa dalam keadaan penuh. Lalu dihitung nilai tinggi muka air minimum (dmin) dan kecepatan aliran minimum (Vmin). Nilai-nilai tersebut digunakan agar dapat mengetahui kebutuhan penggelontoran pada satu sistem penyaluran air limbah.

$$Q_{full} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times v_{full} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$d_{min} = \left( \frac{d_{min}}{D} \right) \times D \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :  $Q_{full}$  = debit penuh air limbah (m<sup>3</sup>/dtk)  
 $d_{min}$  = tinggi muka air minimum (mm)  
D = diameter saluran (mm)

Setelah nilai dmin didapat, dilanjutkan dengan menghitung besar kecepatan aliran minimum (Vmin). Nilai Vmin/Vfull dapat dicari dengan menggunakan nilai dmin/D pada grafik Gambar 11.1.

$$v_{min} = \left( \frac{v_{min}}{v_{full}} \right) \times v_{full} \quad \dots\dots\dots(14)$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustira R., Lubis K.S dan Jamilah., 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada KawasanDAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. Agroteknologi. Vol. 1 (3).
- Asmadi dan Suharno., 2012. Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah. Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- Said, Nusa Idaman., 2017. *Teknologi Pengolahan Air Ilmbah*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Sugiharto, 2014. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta
- Bambang Triatmojo. 2013. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Agatha, B.P.S., dan Fitri, I.P., 2016. Perencanaan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) sebagai Instalasi Pengolahan Grey Water di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Sugiarto. 2008. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas Indonesia. Jakarta.



## BIODATA PENULIS



### **Samuel Marganda Halomoan Manalu, MKM**

Dosen tetap di lingkungan Kementerian Kesehatan pada Poltekkes  
Kemenkes Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan

Samuel Marganda Halomoan Manalu, MKM lahir di Medan, pada tanggal 08 Agustus 1992. Ia menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Lingkungan di Universitas Sumatera Utara pada tahun 2014. Pada tahun 2016 sampai 2018 melanjutkan Pendidikan Magister di Universitas Sumatera Utara. Pada tahun 2018-2020 ia menjadi dosen tetap di Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua. Pada tahun 2020 ia diangkat menjadi Aparatur Sipil Negara. Saat ini ia bertugas menjadi dosen tetap di lingkungan Kementerian Kesehatan pada Poltekkes Kemenkes Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan.

## **BIODATA PENULIS**



### **Lisma Luciana**

Dosen di STIKes Jabal Ghafur Sigli, Aceh

Lisma Luciana, lahir di Laweung pada 1 November 1986, adalah seorang Dosen di STIKes Jabal Ghafur Sigli, Aceh. Ia meraih gelar S2 di bidang Teknologi dan Manajemen Lingkungan dari Universitas Syiah Kuala pada tahun 2017. Saat ini, ia aktif di LP2STM Aceh, sebuah lembaga riset di Aceh. Selain itu, ia memiliki pengalaman bekerja di Satker BRR Pemberdayaan Ekonomi dan Pengembangan Usaha NAD-Nias Lhoeng Bata, Banda Aceh.

## BIODATA PENULIS



### **Dr. Ir. Sariwahyuni, SP., M.Si**

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Watampone tanggal 18 Juni 1975. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tahun 1997, Magister Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin pada tahun 2000 dan Doktoral bidang Sistem Pertanian di Universitas Hasanuddin tahun 2012.

## **BIODATA PENULIS**



### **Prof.Dr.Wayan Budiarsa Suyasa**

Penulis memiliki nama lengkap Prof.Dr.Wayan Budiarsa Suyasa, dilahirkan di Denpasar, Bali pada tanggal 03 Maret 1967. Riwayat pendidikan sarjana ditempuh selama 4 tahun di prodi Kimia Universitas Udayana, gelar Magister dan Doktor dibidang kimia lingkungan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor. Penulis memperoleh jabatan guru besar pada tahun 2011 dibidang kimia lingkungan di Universitas udayana yang menjadi tempatnya sebagai dosen. Berbagai mata kuliah dibidang kimia lingkungan diampu di prodi sarjana kimia, magister kimia, magister dan doktor ilmu lingkungan hingga sekarang . Penulis juga telah menulis beberapa buku dari hasil penelitian dan pengembangan pembelajaran. beberapa dengan topik terkait kimia lingkungan yaitu pengolahan air limbah, sampah, pengelolaan lingkungan, amdal baik secara mandiri maupun berkolaborasi.

## **BIODATA PENULIS**



**Dr. Alianto, S.Pi., M.Si.**

Dosen Program Studi S2 Sumberdaya Akuatik,  
Pascasarjana, Universitas Papua

Penulis lahir di Wanci tanggal 5 Maret 1970. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sumberdaya Akuatik, Pascasarjana, Universitas Papua. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Pattimura dan melanjutkan S2 dan S3 pada Program Studi Ilmu Perairan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengajar mata kuliah Pengendalian Pencemaran dan Eutrofikasi Perairan, Kuliatas Air, Produktivitas Perairan pada Program Studi S1 Manajemen Sumberdaya Perairan dan mata kuliah Produktivitas dan Eutrofikasi Perairan serta Konservasi Sumberdaya Perairan pada Program Studi S2 Sumberdaya Akuatik, Pascasarjana, Universitas Papua.

## BIODATA PENULIS



**Drs. Bambang Suhartawan, M.MT**  
Dosen Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Blitar tanggal 13 Pebruari 1964. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura pada tahun 1989. Pendidikan Pasca Sarjana diperoleh dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya jurusan Manajemen Teknik Lingkungan pada tahun 2002.

## **BIODATA PENULIS**



**Isran Asnawi, S.Si., M.T.**

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral  
Politeknik Industri Logam Morowali

Penulis lahir di Bulukumba, Sulawesi Selatan, tanggal 9 Januari 1991. Penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik Industri Logam Morowali. Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia. Pada tahun 2018, penulis mulai berkarir sebagai dosen di Politeknik ATI yang kemudian menjadi dosen tetap di Politeknik Industri Logam Morowali hingga saat ini. Penulis menekuni beberapa rumpun bidang ilmu kimia, seperti kimia analisis, teknik kimia, kimia lingkungan, dan mikrobiologi. Penulis juga aktif sebagai ketua Satuan Penjamin Mutu Internal di perguruan tinggi saat ini.

## BIODATA PENULIS



**Andi Asdiana Irma Sari Yusuf, S.Si., M.T.**

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral  
Politeknik ATI Makassar Kementerian Perindustrian

Penulis lahir pada tanggal 1 Oktober 1991 di Ajang Pulu Sibulue Kabupaten Bone., merupakan anak pertama dari pasangan Alm. Drs. A. Muh. Yusuf dan Andi Nadiati, S.Pd. Pada saat ini penulis mengabdikan sebagai Aparatur Sipil Negara (ASN) di Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri (BPSDMI) dengan satuan kerja Politeknik ATI Makassar dan bertanggung jawab sebagai Kepala Laboratorium Pengujian Mineral dan Lingkungan. Pendidikan S1 dijalani penulis di Jurusan Kimia Universitas Hasanuddin dan S2 di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang kepenulisan sebagai bentuk kontribusi aktif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan dunia pendidikan. Sebelumnya penulis mengembangkan Buku “Melakukan Ekstraksi Padat Cair” bersama teman sejawat lain di jurusan Teknik Kimia Mineral ATIM. Penulis berharap menulis dapat menjadi jalan kebaikan untuk menyebar manfaat dan mencerdaskan kehidupan bangsa.



## BIODATA PENULIS



**Dr. Lieza Corsita, S.T, M.T,**

Dosen di universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ)

Dr.Lieza Corsita,S.T,M.T, Lahir di Jayapura, 30 November 1974 bertempat tinggal di kelurahan Hedam distrik Heram Kota Jayapura. Penulis adalah Dosen dan praktisi lingkungan dengan pengalaman mengajar lebih dari dua dekade di universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ) sejak tahun 1998 di Program studi Teknik Lingkungan S-1. Pendidikan formal sarjana ditempuh di Institut Teknologi Bandung, lulus tahun 1998 dan setahun kemudian melanjutkan magister teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan lulus ditahun 2002. Penulis mendapatkan Gelar Doktor ditempuh di Institut Teknologi Bandung tahun dan lulus di tahun 2015. Selama menjadi dosen, penulis banyak menerbitkan artikel dan publikasi yang berkaitan dengan bidang ilmu Teknik Lingkungan yang berkaitan dengan penyediaan air bersih untuk air minum, pencemaran kualitas perairan, kajian limbah B3, teknologi tepat guna dan energi terbarukan. Buku yang sudah diterbitkan antara lain Buku Monograf tentang Pengelolaan Waduk Kaskad Citarum Untuk Pengembangan Air Baku Infrastruktur Air Minum, Buku Chapter Kimia Lingkungan, Buku Chapter Pengelolaan Sumber Daya Air dan Dasar-Dasar Epidemiologi.

## **BIODATA PENULIS**



### **Th. Teddy Bambang S, SKM.M.Kes**

Dosen di Poltekkes Kemenkes RI Medan, Jurusan Kesehatan  
Lingkungan

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 28 agustus 1963. Saat ini penulis tinggal di Jl.Kasuari No.51, Medan. Penulis alumni SMA Negeri 5 Surabaya, kemudian melanjutkan pendidikan di Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Surabaya, lulus dan memperoleh ijazah pada tahun 1986. Lalu meneruskan pendidikan Sarjananya di FKM Universitas Sumatera Utara dan lulus pada tahun 1993. Dan mengambil Pasca Sarjana S2 di Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Kerja di Universitas Airlangga, Surabaya dan lulus pada tahun 2000. Saat ini bekerja sebagai Dosen di Poltekkes Kemenkes RI Medan, Jurusan Kesehatan Lingkungan.

Email Penulis : teddysoedjadi@gmail.com