

# SISTEM UTILITAS BANGUNAN

## SISTEM AIR DAN SANITASI BANGUNAN TINGGI

### 1. Sumber dan Kualitas Air Bersih

Air bersih sangat diperlukan untuk keberlangsungan kehidupan makhluk hidup. Air bersih dapat berasal dari air permukaan (sungai dan danau), air hujan, dan air tanah. Air laut merupakan air permukaan yang berpotensi menjadi sumber air bersih dengan sistem pengolahan kompleks seperti desalinasi dan sistem membran. Selain air permukaan dari alam, air daur ulang dari hasil pengolahan kembali sistem pengolahan air limbah dapat digunakan untuk kebutuhan *non-potable* seperti *flushing toilet* dan penyiraman taman.

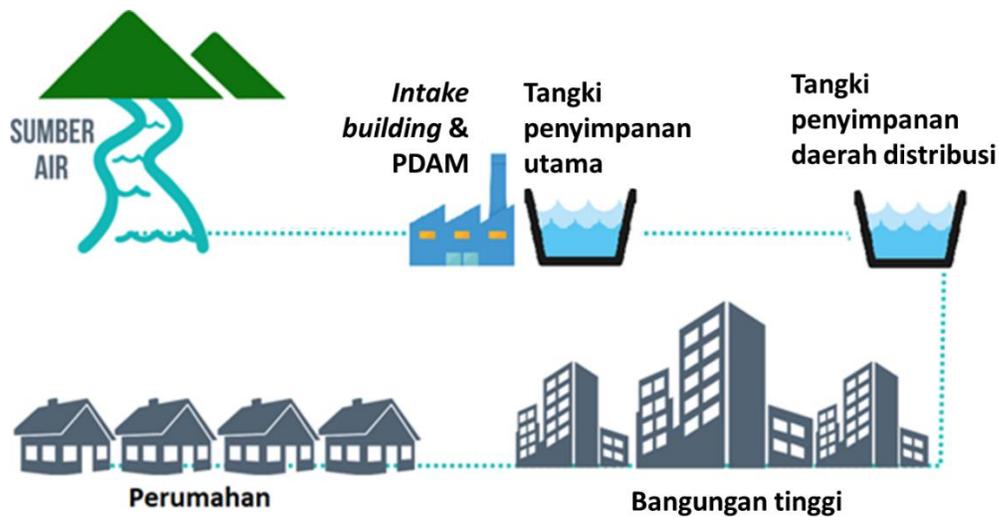
**Tabel 1** Syarat kualitas air bersih Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017

No	Aspek	Batas nilai baku	satuan
1	Kekeruhan	25	NTU
2	Warna	50	TCU
3	Zat padat terlarut	1000	mg/L
4	Rasa	Tidak berasa	
5	Bau	Tidak berbau	
6	Total coliform	50	CFU/100 mL
7	<i>E. coli</i>	0	CFU/100mL
8	pH	6,5–8,5	
9	Besi	1	mg/L
10	Flourida	1,5	mg/L
11	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	500	mg/L
12	Nitrate nitrogen	10	mg/L
13	Nitrit nitrogen	1	mg/L
14	Deterjen	0,05	mg/L
15	Logam berat (Hg, As, Cd, Se, Pb)	<0,05	mg/L

Di Indonesia, air bersih sangat tergantung dari keberadaan air sungai, waduk buatan, dan danau. Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki sungai yang dijadikan sebagai sumber air bersih oleh perusahaan daerah air minum (PDAM). Kualitas air bersih yang bersumber dari air sungai diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Tabel 1 menunjukkan syarat-syarat kualitas air.

## 2. Jaringan air bersih

Jaringan air bersih adalah sistem distribusi yang dirancang untuk mengalirkan air bersih dari instalasi pengolahan air hingga ke pengguna akhir, baik itu rumah tangga, gedung perkantoran, industri, maupun fasilitas umum. Tujuan utama dari jaringan air bersih adalah menjamin pasokan air yang aman, cukup dan berkualitas sesuai standar yang berlaku. Jaringan air bersih terdiri dari sumber air baku, sistem pengolahan air, dan distribusi air (Gambar 1).



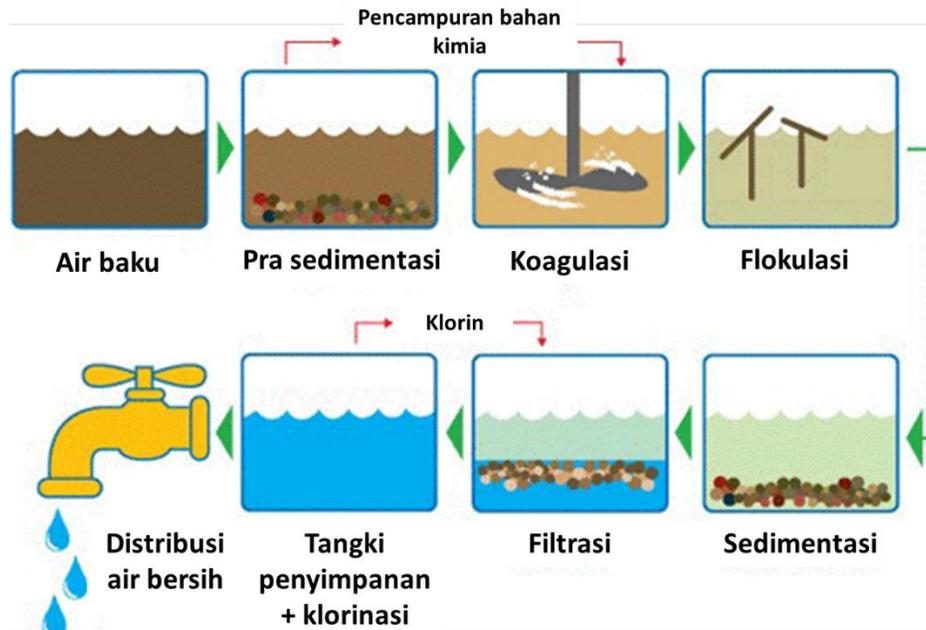
**Gambar 1** Jaringan air bersih mulai dari sumber air hingga konsumen.

### a. Sumber air baku

- Air permukaan, seperti sungai, danau, atau waduk.
- Air tanah, seperti sumur atau mata air
- Air laut: didesalinasi menjadi air tawar

## b. Sistem pengolahan air

Sistem pengolahan air bersih diperlukan untuk mengubah kualitas air baku menjadi air yang layak untuk digunakan oleh masyarakat (Gambar 2). Ketentuan kualitas air bersih diatur oleh Permenkes No. 32 Tahun 2023 di Indonesia atau berdasarkan standar WHO (*World Health Organization*).



**Gambar 2** Sistem pengolahan air bersih.

- Pengolahan awal (*pre-treatment*)

Pengolahan awal melibatkan proses *screening* dan sedimentasi awal. *Screening* membantu menghilangkan sampah besar seperti daun, kayu, dan plastik. Sedimentasi awal berfungsi untuk mengendapkan pasir dan lumpur berat.

- Koagulasi-flokulasi-sedimentasi

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan partikel koloid dengan gabungan metode kimia dan fisika. Pada proses koagulasi, bahan kimia koagulan seperti aluminium sulfat  $Al_2(SO_4)_3$  atau polyaluminium klorida (PACl) sangat populer digunakan oleh PDAM untuk membantu proses pengikatan koloid menjadi partikel/flok yang berukuran besar. Dengan bantuan pengadukan lambat, ukuran flok bertambah besar sehingga densitas partikel menjadi lebih besar dan mudah untuk mengendap ke dasar bak pada proses sedimentasi.

- Filtrasi

Air yang sudah melalui proses sedimentasi akan disaring melalui media filter untuk menghilangkan partikel halus dan mikroorganisme. Pada proses filtrasi, media filter yang biasa digunakan adalah pasir, karbon aktif, dan kerikil untuk menghilangkan partikel kecil, bau, rasa dan zat organik yang tersisa,

- Desinfeksi

Desinfeksi bertujuan untuk membunuh bakteri, virus, dan patogen lainnya sehingga air aman untuk dikonsumsi. Desinfeksi yang umum digunakan adalah klorinasi, di mana bahan kimia klorin atau kaporit digunakan sebagai desinfektan. Proses lainnya dapat berupa ozonasi dan sinar UV.

- Pengolahan akhir (*post-treatment*)

Proses pengolahan air memastikan bahwa kualitas air telah memenuhi standar yang ditetapkan sebelum dialirkan ke jaringan distribusi. Proses ini meliputi penyesuaian pH dengan menambahkan bahan kimia basa atau asam.

### c. Distribusi air bersih

Setelah melalui proses pengolahan, air bersih dialirkan ke sistem distribusi yang terdiri dari pipa utama, pipa distribusi, dan jaringan rumah tangga. Komponen proses distribusi terdiri dari pompa distribusi yang berfungsi untuk menyediakan tekanan yang cukup agar air dapat mengalir ke seluruh konsumen, termasuk bangunan tinggi. Selain itu, tangki penyimpanan berfungsi untuk menyimpan air bersih untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan. Sistem distribusi air bersih dapat dilihat pada Gambar 3.

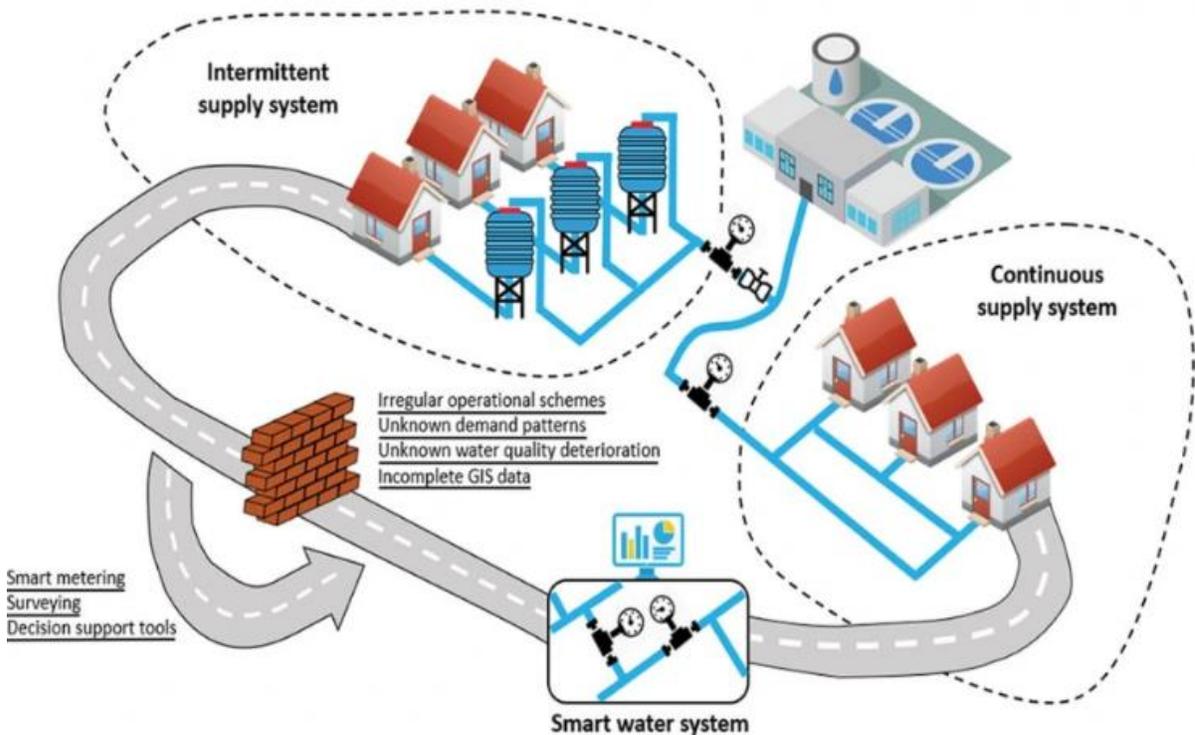
- Tangki penyimpanan, bisa dibangun di bawah tanah atau tangki *elevated*.
- Jaringan pipa distribusi, terdiri dari pipa utama yang digunakan untuk mengalirkan air dari instalasi pengolahan ke pusat distribusi. Pipa distribusi berfungsi untuk mengalirkan air dari pipa utama ke wilayah pelayanan. Pipa layanan berfungsi mengalirkan air dari pipa distribusi ke rumah tangga atau pengguna akhir.
- Pompa air digunakan untuk memberikan tekanan pada air agar bisa mengalir ke tempat yang lebih tinggi atau lebih jauh. Beberapa jenis pompa yang digunakan:
  - Pompa *booster*: memperkuat tekanan air di jaringan distribusi.
  - Pompa *transfer*: memindahkan air dari satu tangki penyimpanan ke tangki lainnya.

- Meter air (*water meter*), dipasang di setiap pelanggan untuk mengukur volume air yang dikonsumsi, sehingga dapat dilakukan penagihan oleh penyedia layanan air.

#### d. Sistem jaringan air bersih

Jaringan air bersih dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan pola distribusi dan desainnya:

- Sistem distribusi terpusat (*centralized system*): air bersih diproduksi di satu instalasi pengolahan air yang besar dan didistribusikan melalui pipa utama ke seluruh area pelayanan.
- Sistem distribusi terdesentralisasi (*decentralized system*): menggunakan beberapa instalasi pengolahan air kecil yang ditempatkan di beberapa lokasi. setiap instalasi melayani area tertentu, sehingga meminimalkan panjang jaringan pipa.



**Gambar 3** Sistem distribusi air bersih. *Continuous supply sistem* / sistem distribusi pusat menuukkan sistem mengalirkan air langsung dari PDAM menuju konsumen. *Intermittent supply sistem* / sistem distribusi terdesentralilasi menunjukkan sistem menyimpan air terlebih dahulu sebelum didistribusikan.

- Sistem gravitasi (*gravity system*): air bersih dialirkan dari tangki yang terletak di tempat yang lebih tinggi menggunakan gaya gravitasi. Sistem ini lebih efisien secara energi karena tidak memerlukan banyak pompa.
- Sistem tekanan (*pressurized system*): menggunakan pompa untuk memberikan tekanan pada air, terutama untuk daerah yang berada di dataran tinggi atau bangunan tinggi yang tidak dapat dilayani oleh sistem gravitasi.

### 3. Penataan Toilet pada Bangunan Berlantai Rendah dan Bangunan Tinggi

Toilet merupakan salah satu fasilitas sanitasi yang sangat penting dalam sebuah bangunan, baik pada bangunan berlantai rendah (seperti rumah, ruko, atau kantor kecil) maupun bangunan bertingkat tinggi (seperti apartemen, hotel, atau gedung perkantoran). Penataan toilet harus dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan, efisiensi, serta standar kesehatan dan keselamatan yang berlaku (Gambar 4).

#### a. Prinsip dasar penataan toilet

- Kesehatan dan higienitas: toilet harus mudah dibersihkan, memiliki sirkulasi udara yang baik, dan dilengkapi dengan ventilasi untuk menghindari kelembapan berlebih dan bau tidak sedap.
- Aksesibilitas: toilet harus mudah diakses oleh semua pengguna, termasuk penyandang disabilitas. Hal ini sesuai dengan prinsip *universal design*.
- Privasi: penempatan toilet harus mempertimbangkan privasi pengguna, terutama di area umum.
- Sistem *plumbing* yang efisien: ,emastikan saluran pipa air bersih, air kotor, dan ventilasi terintegrasi dengan baik untuk mencegah kebocoran dan pencemaran.

#### b. Penataan toilet pada bangunan berlantai rendah

- Lokasi toilet
  - Idealnya, toilet berada dekat dengan area basah lainnya seperti dapur dan ruang cuci untuk menghemat instalasi pipa.
  - Tidak disarankan menempatkan toilet di dekat ruang makan atau ruang tamu karena alasan estetika dan bau.

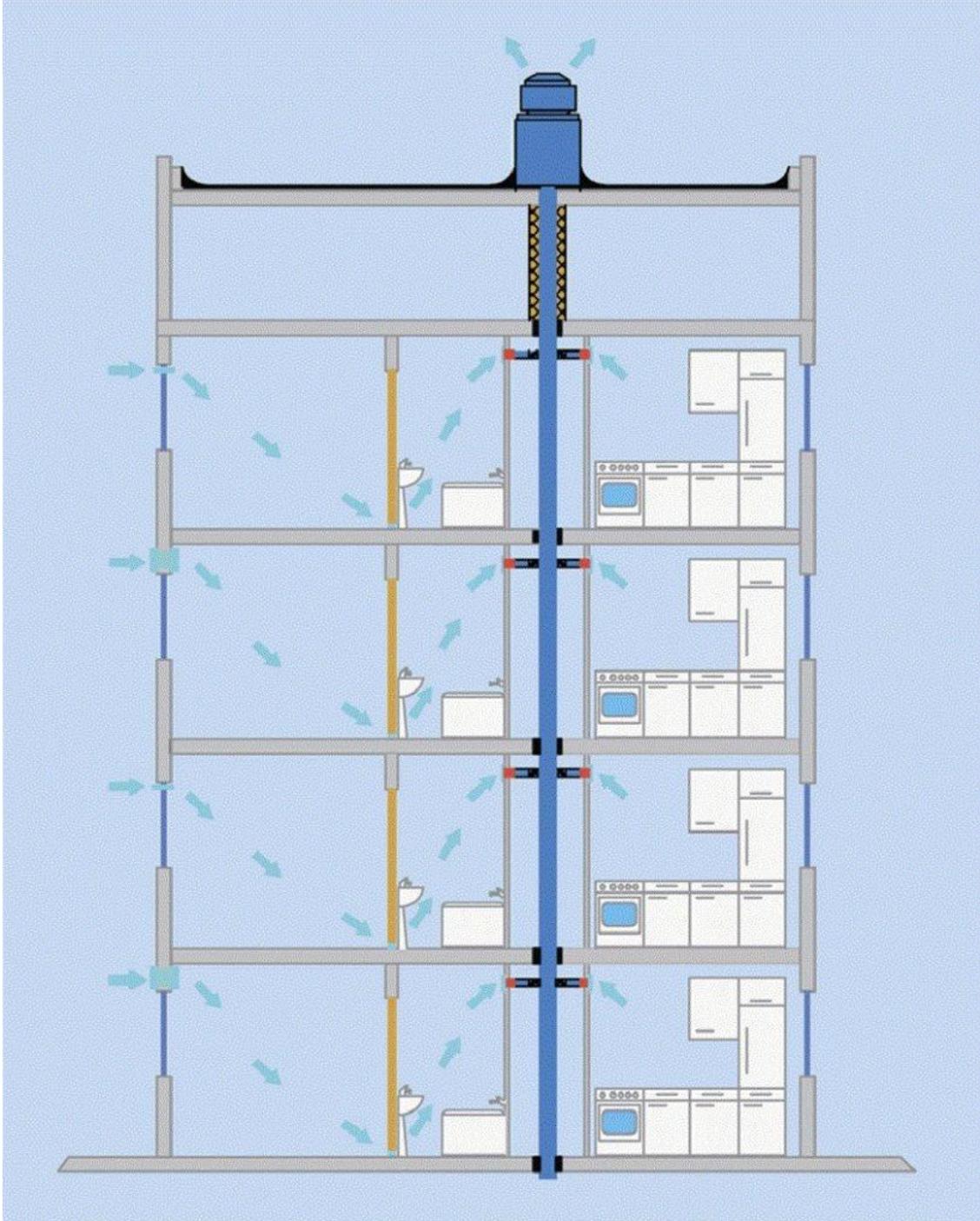
- Ventilasi dan pencahayaan
  - Gunakan ventilasi alami seperti jendela kecil atau ventilasi atas untuk menjaga sirkulasi udara.
  - Tambahkan *exhaust fan* jika diperlukan untuk mencegah kelembapan berlebih dan meningkatkan sirkulasi udara.
- Sistem *plumbing*
  - Sistem *plumbing* dapat menggunakan saluran pipa PVC standar dengan pipa pembuangan berukuran minimal 3–4 inci.
  - Pastikan kemiringan pipa cukup untuk mencegah tersumbatnya saluran pembuangan.
- Fasilitas dan perlengkapan
  - Dilengkapi dengan kloset duduk atau jongkok, wastafel, dan keran air.
  - Tambahkan *shower* atau bak mandi sesuai kebutuhan pengguna.

### c. Penataan toilet pada bangunan bertingkat tinggi

Bangunan tinggi memerlukan penataan toilet yang lebih kompleks, karena harus melayani banyak pengguna dan terintegrasi dengan sistem utilitas gedung.

- Lokasi dan zonasi toilet
  - Toilet umum pada bangunan tinggi biasanya ditempatkan di area inti atau *core building*, dekat dengan tangga darurat dan *lift*.
  - Pada bangunan perkantoran, toilet diletakkan di setiap lantai dengan pembagian yang jelas antara toilet pria dan wanita.
  - Di hotel atau apartemen, toilet berada dalam unit kamar masing-masing dan dirancang dengan fasilitas lengkap.
- Ventilasi dan sistem *exhaust*
  - Menggunakan sistem ventilasi mekanis dengan exhaust fan terpusat yang terhubung ke ducting vertikal gedung.
  - Ventilasi alami dapat digunakan pada lantai rendah atau jika bangunan memiliki area terbuka (*atrium*).
- Sistem *plumbing* dan drainase
  - Sistem *stack venting* digunakan pada gedung tinggi, di mana pipa vertikal menghubungkan semua lantai ke sistem pembuangan utama.

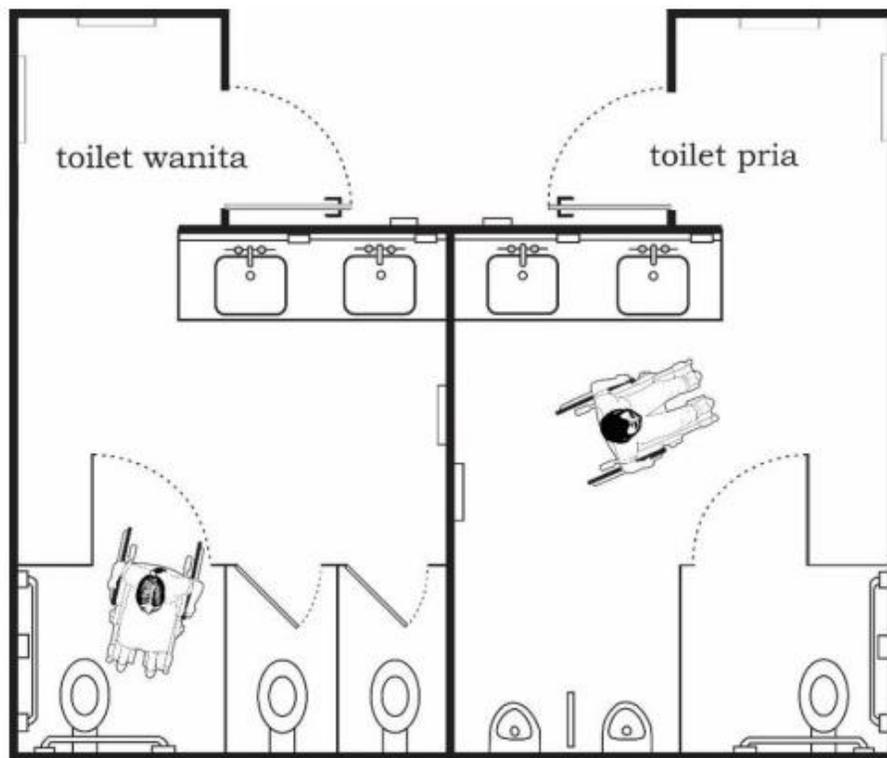
- Penggunaan pipa PVC bertekanan tinggi yang tahan lama dan anti bocor.
- Sistem *plumbing* harus memperhatikan tekanan air yang cukup, terutama pada lantai tinggi, sehingga sering kali diperlukan pompa *booster*.
- Fasilitas toilet
  - Kloset duduk: lebih nyaman dan higienis, terutama untuk toilet umum.
  - *Urinoir*: pada toilet pria untuk menghemat ruang dan meningkatkan efisiensi.
  - Wastafel: dilengkapi dengan keran otomatis untuk menghemat air.
  - *Hand dryer* dan tisu: mengurangi penggunaan tisu untuk alasan kebersihan dan lingkungan.
  - *Cubicle* partisi: menggunakan material tahan air dan mudah dibersihkan seperti HPL atau *stainless steel*.
- Desain dan estetika
  - Pilih material lantai dan dinding yang tahan terhadap kelembapan, seperti keramik atau marmer.
  - Desain toilet harus mempertimbangkan estetika yang nyaman, pencahayaan yang baik, serta warna yang tidak mencolok untuk menciptakan suasana tenang.



**Gambar 4** Sistem ventilasi, *shaft*, dan penempatan toilet pada bangunan tinggi

#### d. Aksesibilitas dan toilet disabilitas

- Semua bangunan umum, termasuk bangunan bertingkat tinggi, harus memiliki toilet yang ramah disabilitas, sesuai dengan Permen PUPR No. 14 Tahun 2017 (Gambar 5).
- Fasilitas yang harus disediakan meliputi:
  - *Handrail* pada dinding untuk membantu pengguna kursi roda.
  - Ruang gerak yang cukup: minimal lebar 1,5 meter untuk memudahkan pengguna kursi roda.
  - Kloset duduk yang lebih rendah: agar lebih mudah digunakan.
  - Keran air dan wastafel dengan tuas panjang: memudahkan penggunaan tanpa perlu putaran yang kuat.



**Gambar 5** Posisi toilet untuk akses disabilitas

#### e. Sistem pemeliharaan dan kebersihan

Kebersihan toilet sangat penting, terutama pada bangunan tinggi dengan banyak pengguna.

Rencana pemeliharaan harus meliputi:

- Pembersihan rutin dilakukan beberapa kali sehari, terutama pada toilet umum.
- Penggantian dan pengecekan peralatan: memastikan semua keran, flush, dan exhaust fan berfungsi dengan baik.
- Pencegahan kerusakan pipa: inspeksi rutin pada saluran pipa dan sistem plumbing untuk mencegah kebocoran.

#### 4. Jaringan Air Bersih: Sistem *Up-feed* dan *Down-feed* pada Bangunan Tinggi

Sistem distribusi air bersih pada bangunan tinggi membutuhkan perencanaan yang matang karena perbedaan ketinggian yang signifikan. Dua metode yang umum digunakan adalah sistem *up-feed* dan sistem *down-feed* (Gambar 6). Pemilihan sistem yang tepat sangat dipengaruhi oleh jumlah lantai, tekanan air, ketersediaan pompa, dan tangki penyimpanan.

##### a. Sistem *up-feed*

Sistem *up-feed* adalah metode distribusi air bersih dengan memanfaatkan tekanan pompa untuk menaikkan air langsung dari sumber atau tangki bawah tanah (*ground tank*) ke lantai atas. Pada sistem ini, air didorong secara langsung melalui pipa tanpa menggunakan tangki tambahan di atas bangunan.

- Karakteristik sistem *up-feed*:
  - Mengandalkan pompa dengan tekanan tinggi untuk mengalirkan air ke lantai atas.
  - Cocok untuk bangunan rendah atau menengah, umumnya hingga 5-10 lantai.
  - Memerlukan pompa yang bekerja terus-menerus untuk menjaga tekanan air di seluruh lantai.
  - Menggunakan tangki bawah tanah (*ground tank*) sebagai penyimpanan utama.
- Kelebihan sistem *up-feed*:
  - Biaya awal lebih rendah: tidak memerlukan tangki di atap bangunan.
  - Ruang di atap lebih luas: atap tidak perlu menampung tangki penyimpanan, sehingga bisa digunakan untuk keperluan lain (misalnya panel surya).
  - Pemeliharaan lebih mudah: hanya membutuhkan perawatan pada pompa dan *ground tank*.

- Kekurangan sistem *up-feed*:
  - Tekanan air tidak merata: pada lantai atas, tekanan air dapat lebih rendah, terutama jika pompa tidak cukup kuat.
  - Ketergantungan pada pompa: sistem ini sangat bergantung pada pompa. Jika pompa gagal, suplai air akan terhenti.
  - Konsumsi energi tinggi: karena pompa bekerja terus-menerus, sistem ini memerlukan energi listrik yang lebih besar.

**b. Sistem *down-feed***

Sistem *down-feed* menggunakan tangki penyimpanan di atap (*elevated tank*) untuk mendistribusikan air ke seluruh bangunan. Air dinaikkan terlebih dahulu ke tangki di atap menggunakan pompa, kemudian dialirkan ke bawah menggunakan gaya gravitasi.

- Karakteristik sistem *down-feed*:
  - Tekanan air mengandalkan gaya gravitasi untuk memberikan tekanan air ke seluruh lantai di bawahnya.
  - Cocok untuk bangunan tinggi, umumnya di atas 10 lantai.
  - Pompa digunakan hanya untuk mengisi tangki di atap, sehingga tidak perlu bekerja terus-menerus.
  - Menggunakan tangki di atap (*down-feed*) sebagai penyimpanan utama.
- Kelebihan sistem *down-feed*:
  - Tekanan air stabil: memanfaatkan gravitasi untuk mendistribusikan air, sehingga tekanan lebih merata di seluruh lantai.
  - Efisiensi energi lebih baik: pompa hanya bekerja saat mengisi tangki di atap, tidak terus-menerus.
  - Cadangan air yang memadai: tangki di atap menyediakan cadangan air jika terjadi gangguan pada pompa atau suplai air.
- Kekurangan sistem *down-feed*:
  - Biaya konstruksi lebih tinggi: memerlukan tangki di atap dan struktur atap yang kuat untuk menahan beban tangki.
  - Pemeliharaan sulit: tangki di atap lebih sulit diakses untuk pemeliharaan dan pembersihan.

- Risiko kebocoran: jika terjadi kebocoran pada tangki atau pipa di atap, bisa menyebabkan kerusakan pada bangunan.

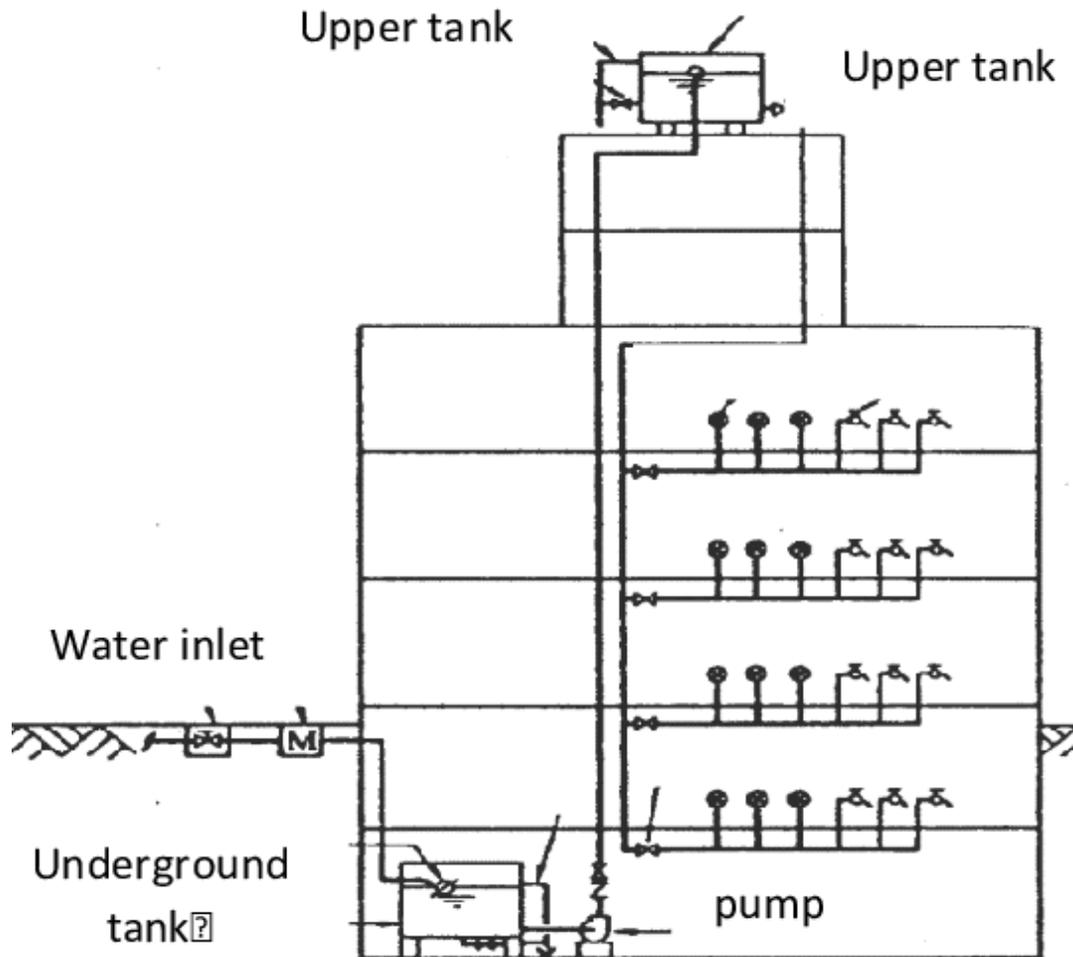
**c. Perbandingan sistem *up-feed* dan *down-feed***

<b>Aspek</b>	<b>Sistem <i>up-feed</i></b>	<b>Sistem <i>down-feed</i></b>
Tekanan air	Mengandalkan pompa	Mengandalkan gravitasi
Bangunan yang cocok	Bangunan rendah hingga menengah ( $\leq 10$ lantai)	Bangunan tinggi ( $> 10$ lantai)
Biaya awal	Lebih rendah	Lebih tinggi
Konsumsi anergi	Tinggi (pompa terus bekerja)	Lebih efisien (pompa hanya mengisi tangki)
Pemeliharaan	Lebih mudah (pompa dan ground tank)	Lebih sulit (tangki di atap)
Tekanan air pada lantai atas	Cenderung lebih rendah	Lebih stabil dan merata

**d. Sistem kombinasi (*up-feed-down-feed*)**

Pada gedung-gedung sangat tinggi (lebih dari 40 lantai), sering digunakan sistem kombinasi antara *up-feed* dan *down-feed*. Bangunan dibagi menjadi beberapa zona tekanan:

- Zona bawah: menggunakan sistem *up-feed* dengan pompa yang mendistribusikan air hingga zona tengah gedung.
- Zona atas: menggunakan sistem *down-feed*, di mana air dinaikkan ke tangki atap dan kemudian didistribusikan ke lantai atas menggunakan gravitasi.



**Gambar 6** Sistem distribusi air pada bangunan tinggi. Posisi *underground tank* menunjukkan bahwa sistem bekerja secara *up-feed*. Posisi *upper tank* menunjukkan bahwa sistem bekerja secara *down-feed*.

**e. Pemilihan sistem yang tepat**

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih sistem upfeed atau downfeed:

- Ketinggian bangunan: sistem *up-feed* lebih cocok untuk bangunan rendah hingga menengah, sedangkan *downfeed* lebih cocok untuk bangunan tinggi.
- Tekanan air yang diperlukan: Jika tekanan air harus sangat stabil, sistem *down-feed* lebih baik.
- Ketersediaan ruang di atap: Jika ruang terbatas, sistem *up-feed* bisa menjadi pilihan yang lebih baik.

- Biaya operasional: sistem *down-feed* umumnya memiliki biaya operasional yang lebih rendah karena efisiensi energi yang lebih baik.

## 5. Penempatan Toilet dan Shaft pada Bangunan Rendah dan Bangunan Tinggi

### a. Bangunan rendah ( $\leq 5$ lantai)

- Toilet umum: biasanya ditempatkan di area belakang atau samping bangunan, dekat dengan dapur atau ruang utilitas lainnya.
- Toilet pribadi: pada rumah tinggal, toilet diletakkan berdekatan dengan kamar tidur atau ruang keluarga untuk kenyamanan.
- *Shaft*: Pada bangunan rendah, *shaft* biasanya tidak terlalu besar. *Shaft* diletakkan di dinding belakang bangunan, dengan akses langsung ke pipa *plumbing*.

### b. Bangunan tinggi ( $\geq 10$ lantai)

- Toilet umum dan khusus: pada gedung perkantoran, toilet umum untuk pria dan wanita ditempatkan di setiap lantai, dekat dengan *core building*. Pada hotel atau apartemen, toilet pribadi berada di dalam unit kamar.
- *Shaft plumbing*: diletakkan di area *core building* dan digunakan untuk menampung instalasi pipa air bersih, pipa pembuangan, serta saluran ventilasi. Posisi *shaft* yang terpusat mengurangi panjang pipa dan memudahkan pemeliharaan.

### c. Desain dan zonasi toilet dan *shaft* pada bangunan bertingkat

- Zonasi toilet
  - Toilet pria dan wanita terpisah: pada toilet umum, biasanya terdapat zona terpisah untuk pria dan wanita, dengan fasilitas berbeda (misalnya, urinoir pada toilet pria).
  - Toilet disabilitas: harus disediakan toilet yang ramah disabilitas sesuai standar *universal design*, dengan akses yang mudah dan dilengkapi dengan *handrail*.
  - Akses langsung ke *shaft*: toilet sebaiknya berada di dekat *shaft* untuk meminimalisir jalur pipa dan mengurangi risiko kebocoran.
- Desain *shaft*

- *Shaft* tunggal atau ganda: pada gedung tinggi, umumnya digunakan *shaft* tunggal untuk mengakomodasi seluruh instalasi *plumbing*. Jika bangunan sangat tinggi atau besar, mungkin diperlukan *shaft* ganda.
- Ukuran *shaft* harus cukup untuk menampung semua pipa dan saluran ventilasi, dengan ruang yang memadai untuk perawatan. Ukuran umum *shaft* berkisar antara 0,6 m x 1,2 m hingga 1,2 m x 2 m tergantung pada kebutuhan instalasi.
- Panel akses: *shaft* harus dilengkapi dengan panel akses yang dapat dibuka dari area servis atau ruang khusus untuk memudahkan pemeliharaan.

#### **d. Contoh tata letak toilet dan *shaft***

- Gedung perkantoran
  - Toilet umum ditempatkan di tengah lantai, dekat dengan *core building* yang menghubungkan lift dan tangga darurat.
  - *Shaft* berada di belakang toilet, mengakomodasi pipa air bersih, air buangan, dan ventilasi.
- Hotel atau apartemen
  - Toilet kamar berada di dalam unit kamar, biasanya terletak berdekatan dengan dapur atau ruang cuci.
  - *Shaft plumbing* diletakkan di tengah bangunan, berdekatan dengan *core building* untuk memudahkan distribusi air dan pembuangan limbah.

## **6. Sanitasi dan Pengolahan Air Limbah**

Sanitasi dan pengolahan air limbah merupakan bagian penting dalam manajemen air bersih dan limbah. Sistem yang efisien dapat melindungi kesehatan masyarakat, menjaga lingkungan, dan menjamin ketersediaan air bersih.

### **a. Sanitasi**

Sanitasi berkaitan dengan penanganan limbah, terutama limbah cair (air limbah) dan padat (limbah domestik). Sanitasi yang baik mencakup pembuangan limbah yang aman serta pengolahan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

- Tujuan sanitasi:
  - Mencegah penyebaran penyakit: mengurangi risiko penyakit yang ditularkan melalui air seperti diare, kolera, dan tifus.
  - Melindungi lingkungan: menghindari pencemaran air tanah, sungai, dan laut.
  - Meningkatkan kualitas hidup: menyediakan fasilitas sanitasi yang aman dan nyaman bagi masyarakat.
- Komponen sistem sanitasi:
  - Toilet dan fasilitas pembuangan: tempat pembuangan limbah manusia, biasanya dilengkapi dengan *septic tank* atau dihubungkan ke saluran pembuangan (*sewer*).
  - Sistem saluran pembuangan: pipa yang mengalirkan limbah cair dari toilet, dapur, dan kamar mandi menuju ke fasilitas pengolahan air limbah.
  - Pengolahan air limbah: proses pengolahan yang menghilangkan kontaminan dari air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

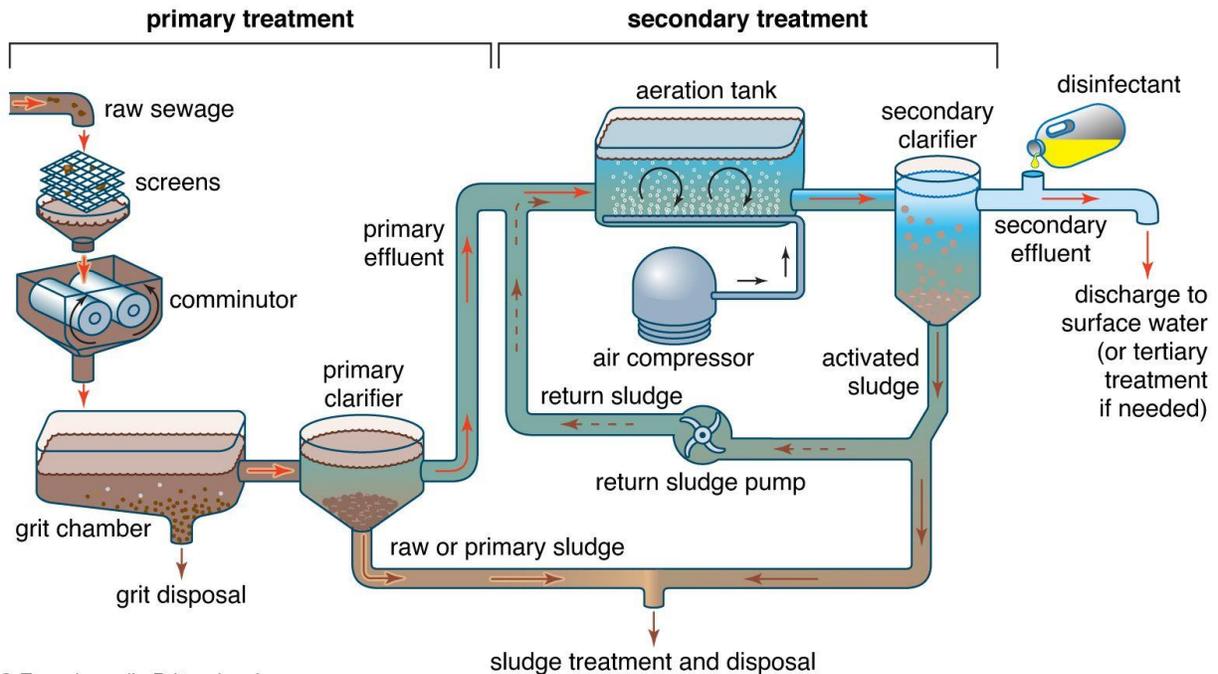
#### **b. Pengolahan air limbah (*wastewater treatment*)**

Air limbah perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi dampak negatif pada kesehatan dan ekosistem. Pengolahan air limbah umumnya dilakukan dalam beberapa tahap seperti terlihat pada Gambar 7.

- Pengolahan primer (*primary treatment*)
  - *Screening*: menghilangkan benda-benda besar seperti sampah plastik, kayu, atau daun.
  - *Sedimentasi*: mengendapkan partikel padat yang berat di dasar tangki.
- Pengolahan sekunder (*secondary treatment*)
  - *Proses biologis*: menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah.
  - *Aerasi*: memasukkan udara ke dalam tangki untuk mempercepat proses dekomposisi oleh bakteri aerob.
- Pengolahan tersier (*tertiary treatment*)
  - *Filtrasi lanjutan*: menghilangkan nutrisi berlebih (nitrat, fosfat) dan kontaminan mikro.
  - *Disinfeksi*: menambahkan klorin atau menggunakan UV untuk memastikan air limbah bebas dari patogen.

- Pengolahan lumpur (*sludge treatment*)

Lumpur sisa dari proses pengolahan dikeringkan dan bisa digunakan sebagai pupuk organik atau bahan bakar (*biochar*).



**Gambar 7** Sistem pengolahan air limbah

**c. Manfaat sanitasi dan pengolahan air yang baik**

- Kesehatan masyarakat: mengurangi risiko penyakit yang ditularkan melalui air.
- Perlindungan lingkungan: mencegah pencemaran air tanah, sungai, dan laut.
- Efisiensi penggunaan air: air yang sudah diolah dapat digunakan kembali untuk irigasi, pendinginan, atau bahkan dikonsumsi (setelah pengolahan lanjutan).
- Dukungan pembangunan berkelanjutan: sanitasi dan pengolahan air merupakan bagian dari tujuan pembangunan berkelanjutan / *sustainable development goals* (SDG) ke-6, yaitu menjamin akses air bersih dan sanitasi bagi semua.