

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

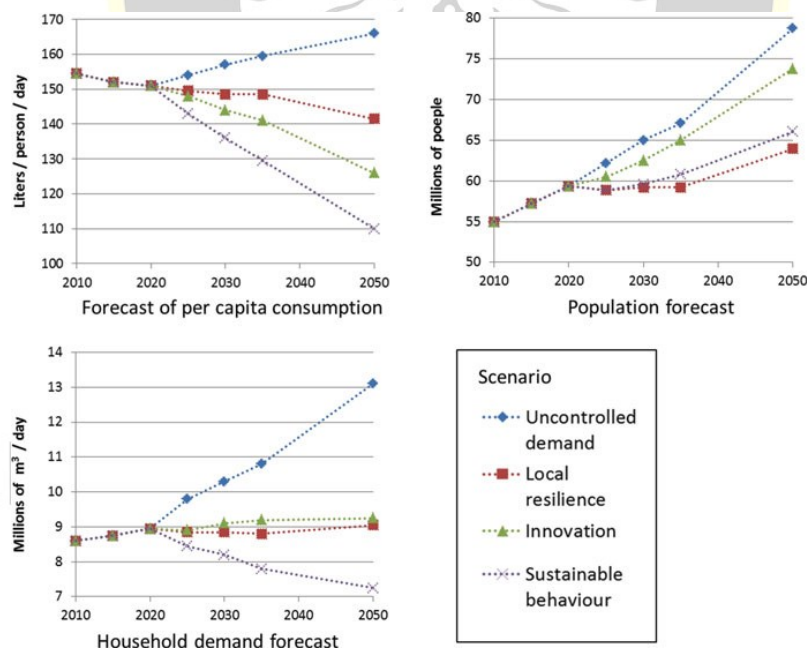
A. Kebutuhan Air

Dalam 100 tahun terakhir, konsumsi air di dunia meningkat hampir 6 kali lipat (Matsiyevska *et al.*, 2020). Dalam beberapa dekade terakhir, permintaan air global telah meningkat dengan kecepatan sekitar 1% per tahun, tergantung pada pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi ke depan, kebutuhan air akan terus meningkat. Permintaan air untuk industri dan keperluan sehari-hari akan meningkat jauh lebih cepat daripada di sektor pertanian. Namun secara keseluruhan, pertanian akan tetap menjadi konsumen air terbesar (Boretti and Rosa, 2019). Permintaan air untuk konsumsi bangunan gedung hotel dan apartemen juga terus mengalami peningkatan.

Peningkatan konsumsi air untuk keperluan bangunan gedung hotel dan apartemen meningkat pesat di negara-negara berpenghasilan rendah dan menurun di negara-negara berpenghasilan tinggi. Tren umum menuju pengurangan permintaan air terkait dengan peningkatan efisiensi penggunaan air dengan peralatan plumbing hemat air dan peralatan sanitasi (Wada *et al.*, 2016; Gorączko and Pasela, 2015; Gutierrez *et al.*, 2014). Di Indonesia konsumsi air pada bangunan gedung hotel dan apartemen diatur dalam Ditjen Cipta Karya Pekerjaan Umum, konsumsi air cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Meningkatnya kemajuan perekonomian suatu daerah dapat dilihat dari besarnya

konsumsi air, artinya semakin besar konsumsi air suatu daerah akan menjadi indikator majunya perekonomian daerah tersebut. Hal ini terjadi karena peralatan plambing yang digunakan akan menentukan besarnya pemakaian air (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Environment Agency (2009) menunjukkan bahwa adanya tren berbanding terbalik jika dibandingkan dengan pendapat Noerbambang dan Morimura (2005). Adanya kebiasaan yang ramah lingkungan (*sustainable behavior*) pada sebagian besar negara justru akan menjadikan konsumsi air perkapita menjadi menurun. Perkiraan jumlah penduduk, konsumsi air perkapita dan perkiraan kebutuhan air rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Populasi, konsumsi per kapita, dan prakiraan kebutuhan air

(Sumber : Environment Agency, 2009): pp 21-24.)

Tidak ada standar yang baku untuk menentukan besarnya pemakaian air pada bangunan gedung hotel dan apartemen di setiap Negara. Hal ini terjadi karena adanya perilaku atau pemakai air serta peralatan plumbing yang dihasilkan berbeda-beda. Konsumsi air harian rata-rata di gedung apartemen, diukur secara eksperimental berapa liter/orang/hari. Di Negara maju seperti Amerika Serikat misalnya, pemakaian perkapita mencapai 836 liter/orang/hari, sedangkan di Jepang mencapai 444 liter/orang/hari. Pemakaian air tersebut tentunya sangat jauh berbeda dengan di Indonesia. Di Indonesia besarnya pemakaian air di suatu daerah dibagi berdasarkan karakteristik kota, sementara itu menurut Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 2000 untuk kota metropolitan yang mempunyai penduduk di atas satu juta diasumsikan mempunyai kebutuhan air hanya 190 liter/orang/hari.

B. Jumlah Pemakaian Air

Pemakaian air di dalam gedung dapat dihitung dengan berbagai cara, yaitu: berdasarkan jumlah penghuni; berdasarkan jenis dan jumlah alat plumbing, berdasarkan unit beban alat plumbing, dan berdasarkan pemakaian air terhadap waktu (Morimura dan Noerbambang, 2005).

1. Pemakaian Air Berdasarkan Jumlah Pemakai (Penghuni)

Walaupun jenis dan jumlah alat plumbing belum ditentukan, jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan dengan metode ini, yang didasarkan pada pemakaian air rata-rata sehari dari setiap penghuni dan perkiraan jumlah penghuni. Metode ini sesuai untuk tahap perencanaan atau prarancangan.

Jika jumlah penghuni gedung diketahui atau ditetapkan, angka tersebut digunakan untuk menghitung pemakaian air rata-rata sehari untuk gedung tersebut

berdasarkan "standar" pemakaian air per orang per hari untuk sifat penggunaan gedung tersebut. Jika jumlah penghuni gedung tidak diketahui, jumlah penghuni biasanya ditaksir berdasarkan luas lantai dan menentukan kepadatan hunian per luas lantai. Luas lantai efektif gedung adalah antara 55 hingga 80 % dari luas total gedung. Jumlah air yang digunakan dalam proses ini biasanya digunakan untuk menentukan volume pompa, tangki bawah, tangki atap, dan lainnya. Perhitungan jumlah populasi pada bangunan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$\text{Jumlah populasi} = \frac{\text{Luas Efektif (\%)} \times \text{Luas lantai (m}^2\text{)}}{\text{Standar Beban Hunian (\frac{m^2}{\text{orang}})}} \quad (\text{David et al, 2019}) \quad (2.1)$$

Jumlah populasi pada bangunan gedung hotel dan apartemen berbanding lurus dengan besarnya pemakaian air, semakin banyak populasi yang ada di dalam gedung, maka akan semakin banyak air yang digunakan (Dept PU, 2020). Populasi pada bangunan gedung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. (Morimura dan Noerbambang, 2005).

$$Q_d = \text{jumlah penghuni} \times \text{standar pemakaian air} \quad (2.2)$$

Pemakaian air untuk bangunan gedung hotel dan apartemen dijelaskan pada tabel 2.3 yang bersumber dari SNI-03-7065-2005. Pada tabel 2.1 apartemen disamakan dengan hotel berbintang dimana pemakaian airnya adalah 250 liter/penghuni/hari.

Tabel 2.1. Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

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

Sumber: ¹⁾ hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2000

²⁾ Permenkes RI No. 986/Menkes/Per/XI/1992

(Sumber : SNI-03-7065-2005)

SEKOLAH PASCASARJANA

2. Pemakaian Air Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing

Pemakaian air berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing sangat cocok digunakan apabila pemakaian alat plambing diketahui, seperti untuk bangunan gedung hotel dan apartemen atau bangunan gedung kecil lainnya.

Pemakaian air berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing pada bangunan hotel dan apartemen dianggap sama karena mempunyai peralatan plambing (*plumbing fixtures*) yang digunakan diantara keduanya relatif sama (Morimura dan Noerbambang, 2005). Kemiripan peralatan plambing diantara keduanya terletak pada peralatan plambing seperti *faucet, toilet, shower, urinoir, dan water closet*.

Pemakaian air pada bangunan gedung hotel dan apartemen pada beberapa peralatan plambing terdapat banyak kemiripan seperti *faucet, toilet, shower, urinoir, dan water closet* dan lain-lain. Kesamaan pada beberapa peralatan plambing menjadikan bangunan ini seringkali digabung menjadi satu rangkaian bangunan dalam satu manajemen konstruksi. Pada tabel 2.2. Perwal No 24 tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau mengeluarkan nilai laju aliran (*flow rate*) paling tinggi untuk peralatan plambing (*water fixture*).

Tabel 2.2. Nilai Laju Aliran (Flow Rate) Paling Tinggi Untuk Peralatan Plambing (Water Fixture)

Peralatan Plambing (<i>Plumbing Fixtures</i>)	Laju Aliran (<i>Flow Rate</i>) Paling Tinggi
<i>Shower</i>	8 liter/menit
Kran bak cuci dapur	6 liter/menit
Kran <i>lavatory</i>	4 liter/menit
Kloset dengan tangki gelontor (per gelontor)	<i>Dual Flush:</i> <i>full flush</i> : 4,5 liter/gelontor <i>reduced flush</i> : 3 liter/gelontor
<i>Urinal</i> katup gelontor (per gelontor)	2,5 liter/gelontor

(Sumber : Perwal Semarang Nomor 24 Tahun 2019)

Pada beberapa literatur pemakaian air pada berbagai peralatan plambing saling melengkapi satu dengan lain lainnya. Pemakaian air pada peralatan plambing untuk air dingin dan air panas dapat dilihat pada Pada tabel 2.3. dan 2.4.

Tabel 2.3. Pemakaian Air Dingin Pada Peralatan Plumbing

No	Nama alat plumbing	Setiap pemakaian (Liter)	Waktu pengisian (detik)
1	Kloset, katup gelontor	15	10
2	Kloset, tangki gelontor	14	60
3	Peturasan, katup gelontor	5	10
4	Peturasan, tangki gelontor	14	300
5	Bak cuci tangan kecil	10	18
6	Bak cuci tangan biasa	10	40
7	Bak cuci dapur dengan keran 13 mm	15	60
8	Bak cuci dapur dengan keran 20 mm	25	60
9	Bak mandi rendam (<i>bathup</i>)	125	250
10	Pancuran mandi (<i>shower</i>)	42	210

(Sumber : SNI-03-7065-2005)

Tabel 2.4 Pemakaian Air Panas Pada Alat Plumbing (Air Panas Pada Temperature 60° C)

No	Nama alat plumbing	Setiap pemakaian (Liter)	Keterangan
1	Bak cuci tangan pribadi	7,5	Untuk rumah tinggal dan rumah susun
2	Bak cuci tangan untuk umum	5	
3	Bak mandi rendam (<i>bathup</i>)	100	
4	Pancuran mandi (<i>shower</i>)	50	
5	Bak cuci dapur (<i>kitchen sink</i>)	15	
6	Bak cuci kecil dapur (<i>pantry sink</i>)	10	

Catatan :

Faktor pemakaian alat plumbing untuk rumah sakit dan hotel 25 %, rumah pribadi, rumah susun dan kantor 30 %, pabrik dan sekolah 40 %

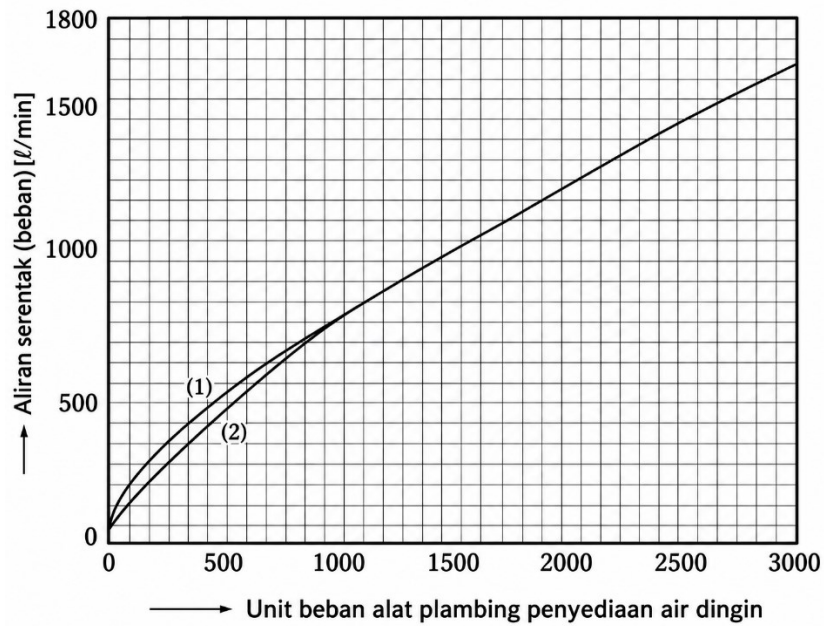
(Sumber : SNI-03-7065-2005)

3. Pemakaian Air Berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing

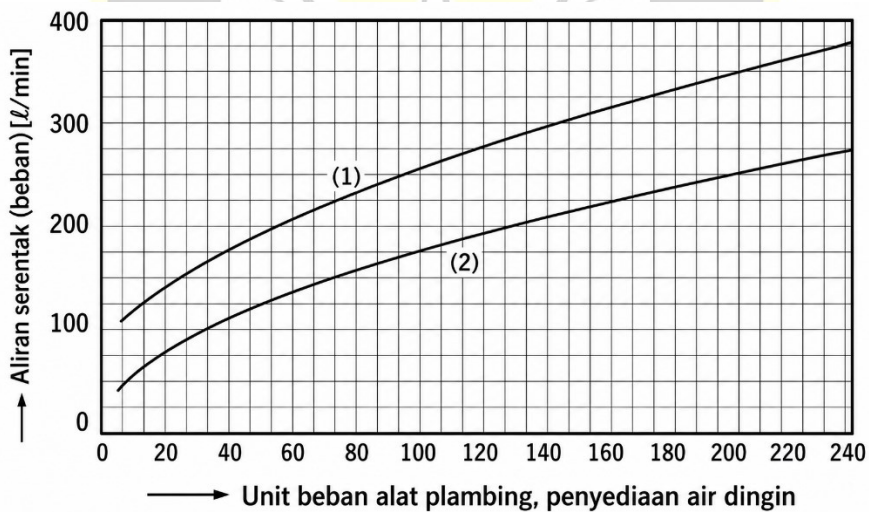
Metode ini menggunakan unit beban (*fixture unit*) untuk setiap alat plumbing, dengan $1 \text{ fu} = 7,5 \text{ galon/menit}$. Besar unit beban dihitung untuk setiap bagian pipa, dan kemudian dihitung laju aliran air, yang ditunjukkan oleh kurva pada Gambar 2.2. Dengan mempertimbangkan faktor kemungkinan penggunaan alat plumbing secara bersamaan, kurva ini menunjukkan hubungan antara jumlah unit beban alat plumbing dengan laju aliran air.

Dengan metode ini, besar unit beban alat plumbing yang dilayani dari setiap bagian pipa dijumlahkan dan kemudian dihitung besarnya laju aliran air. Untuk mengetahui laju aliran air, kurva hubungan antara unit beban alat plumbing dan laju aliran digunakan. Langkah-langkah untuk menghitung laju aliran air adalah sebagai berikut:

- a. Mengklasifikasikan jenis sanitair dan unit beban alat plumbing yang digunakan di setiap lantai.
- b. Menjumlahkan besar unit beban alat plumbing yang sudah diklasifikasikan
- c. Memasukkan hasil jumlah UBAP ke dalam grafik, sebagai hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.2.



(a) Untuk unit beban alat plambing sampai 3000



(b) Untuk unit beban alat plambing sampai 250 (skala gambar diperbesar)

Kurva (1) untuk system yang sebagian besar dengan katup gelontor
 Kurva (2) untuk system yang sebagian besar dengan tangki gelontor
 (Sumber: Morimura dan Noerbambang, 2005)

Gambar 2.2. Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing Dengan Laju Aliran

Tabel 2.5. Unit Alat Plumbing Untuk Penyediaan Air Dingin

Jenis alat plumbing	Jenis penyediaan air	Unit alat plumbing	
		Untuk umum	Untuk pribadi
Kloset	Katup gelontor	6	10
Kloset	Tangki gelontor	3	5
Peturasan dengan tiang	Katup gelontor	—	10
Peturasan terbuka (<i>urinal stall</i>)	Katup gelontor	—	5
Peturasan terbuka (<i>urinal stall</i>)	Tangki gelontor	—	3
Bak cuci (kecil)	Keran	0,5	1
Bak cuci tangan	Keran	1	2
Bak cuci tangan, untuk kamar operasi	Keran	—	3
Bak mandi rendam (<i>bath tub</i>)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4
Pancuran mandi (<i>shower</i>)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4
Pancuran mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2	—
Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset dengan katup gelontor	8	—
Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset dengan tangki gelontor	6	—
Bak cuci bersama	(Untuk tiap keran)	—	2
Bak cuci pel	Keran	3	4
Bak cuci dapur	Keran	2	4
Bak cuci piring	Keran	—	5
Bak cuci pakaian	Keran	3	—
Pancuran minum	Keran air minum	—	2
Pemanas air	Katub bola	—	3

(Sumber: Morimura dan Noerbambang, 2005)

4. Pemakaian Air Terhadap Waktu

Pemakaian air terhadap waktu maksudnya adalah pemakaian pada jam-jam tertentu atau pada hari-hari tertentu. Pemakaian yang menghasilkan air yang melebihi dari waktu-waktu biasanya pada jam-jam tertentu disebut jam puncak, sedangkan pemakaian air yang melebihi dari pemakaian pada hari-hari tertentu disebut harian maksimum (Syahputra *et al*, 2022).

Pemakaian air pada bangunan gedung dapat menggunakan rumus:

$$Qh = \frac{Qd}{T} \quad (2.3)$$

Dimana Qh : pemakaian air rata-rata (m^3/jam)

Qd : Pemakaian air rata-rata sehari (m^3)

T : Jangka waktu pemakaian (jam)

Pemakaian air pada jam puncak dinyatakan sebagai berikut:

$$Qh - max = c1. Qh \quad (2.4)$$

Dimana nilai konstanta $c1$ berkisar antara 1,5 sampai 2,0 tergantung pada lokasi, sifat penggunaan gedung, dan lainnya. Sedangkan untuk pemakaian air pada menit puncak dinyatakan sebagai berikut:

$$Qm - max = c2. \frac{Qh}{60} \quad (2.5)$$

Dimana nilai konstanta $c2$ berkisar antara 3 sampai 4.

C. Pengelolaan Air Terpadu Pada Air Gedung

Pengelolaan air terpadu pada bangunan gedung terdapat banyak jenisnya, diantaranya dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6. Berbagai Model Pengelolaan Air

Model	Prinsip kerja	Aplikasi	Data yang dibutuhkan	Kelemahan
<i>Temporal extrapolation models</i>	Proyeksi kecenderungan yang diamati di masa lalu	Pengembangan skenario <i>business as usual</i> dengan asumsi kelanjutan kondisi sosial ekonomi yang ada.	<i>Time series</i> konsumsi air	Kemampuan yang diperkirakan terbatas - tidak memperhitungkan perubahan dalam konteks sosial ekonomi.
<i>Unit water demand analysis</i>	Estimasi berdasarkan koefisien <i>unit water demand</i> dikalikan dengan jumlah pengguna di setiap kategori	Perkembangan prakiraan <i>demand</i> sektoral memperhitungkan pertumbuhan populasi masa depan yang diharapkan, perubahan kegiatan ekonomi per cabang. <i>Demand</i> dapat dengan mudah direpresentasikan secara spasial (terhubung dengan GIS).	Koefisien unit konsumsi air (per jenis pengguna) Perkiraan jumlah pengguna per kategori di masa mendatang	Tidak memperhitungkan kemungkinan perubahan konsumsi air unit di masa mendatang karena tarif air yang terus berubah, pendapatan rumah tangga, dll.
<i>Multivariate statistical models</i>	Estimasi konsumsi per kapita sebagai fungsi dari variabel seperti tarif air, pendapatan rumah tangga, tingkat aktivitas ekonomi dll.	Memungkinkan perkiraan <i>demand</i> masa depan dengan mempertimbangkan perubahan dalam (i) populasi dan aktivitas ekonomi serta (ii) perubahan variabel sosial-ekonomi (tarif air, karakteristik rumah tangga dan pendapatan, dll.).	<i>Time series</i> untuk konsumsi air dan semua variabel penjelas Perkiraan jumlah pengguna per kategori di masa mendatang.	Tidak memperhitungkan perubahan dalam peraturan pipa atau kampanye untuk mempromosikan konservasi air.

Model	Prinsip kerja	Aplikasi	Data yang dibutuhkan	Kelemahan
<i>Micro-component modeling</i>	Simulasi <i>end-use</i> oleh pelanggan domestik	Perkiraan <i>demand</i> dengan mempertimbangkan perubahan peralatan rumah tangga dan praktik penggunaan air dalam / luar ruangan di masa mendatang.	Survei rumah tangga skala luas untuk menilai kepemilikan alat pelanggan, frekuensi penggunaan, dan volume yang digunakan.	Terutama disesuaikan dengan kebutuhan air perumahan. Sering digunakan dalam kombinasi dengan model statistik multivariat.
		Evaluasi <i>ex-ante</i> atas efisiensi kebijakan konservasi air.		
<i>Land use based models</i>	Permintaan dinilai pada skala entitas spasial yang seragam menggunakan rasio unit.	Prakiraan kebutuhan air yang akurat secara spasial, terintegrasi dengan perencanaan kota.	Skema perencanaan kota jarak jauh Rasio konsumsi unit per kategori pembangunan perkotaan.	Tidak memperhitungkan perubahan kondisi ekonomi (harga, pendapatan) atau evolusi teknologi / peraturan perpipaan.

(Sumber : Bauman *et al.* 1998; Billings dan Jones, 2008)

Model-model yang dijelaskan pada tabel 2.6 tidak bisa diterapkan untuk disemua tempat dan disemua keadaan, karena ada beberapa kelemahan yang sangat tidak tepat jika ditempatkan di tempat lain, contohnya *Temporal extrapolation models*. Model ini mempunyai kemampuan yang diperkirakan terbatas dan tidak memperhitungkan perubahan dalam konteks sosial ekonomi. Model yang paling tepat yang bisa diterapkan untuk kelima model tersebut pada bangunan gedung hotel dan apartemen adalah *unit water demand analysis model*. Model tersebut sangat cocok jika diterapkan untuk bangunan gedung hotel dan apartemen karena adanya estimasi berdasarkan koefisien *unit water demand* dikalikan dengan jumlah pengguna di setiap kategori.

Model pemakaian air pada bangunan gedung mengacu kepada upaya konservasi air pada bangunan gedung yang mengacu pada prinsip bangunan gedung hijau. Menurut Perwal 24 tahun 2019 tentang bangunan gedung hijau, Bangunan gedung hijau adalah bangunan gedung yang memenuhi persyaratan bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip bangunan gedung hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya. Namun model yang digunakan pada penelitian ini lebih banyak berfokus pada penghematan air.

Model pemakaian air untuk operasional bangunan gedung lebih banyak digunakan untuk operasional bangunan gedung dimana fungsinya untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki. Fungsi ini dilakukan dengan sistem penyediaan air bersih. Prinsip dasar dalam distribusi air bersih ini adalah harus terjamin kualitas air yang didistribusikan dan terjamin dari pencemaran yang terjadi di dalam gedung (Noerbambang dan Morimura, 2005). Disamping distribusi untuk air juga dilakukan pada air penyediaan air panas, dan air pemadam kebakaran. Dalam melakukan semua aktifitas pemakaian air, maka air akan di tampung dalam suatu tempat sebelum digunakan yaitu *ground water tank* (GWT). GWT berfungsi sebagai tempat penyimpanan air sementara sebelum dinaikkan ke *roof tank* kemudian selanjutnya didistribusikan ke semua lantai yang ada pada bangunan gedung. Sistem ketersediaan air bersih dapat di konsepskan dengan menggunakan *down-feed system*, dimana sumber air akan diambilkan dari suplay air tanah atau mengambil dari PDAM. Dimana untuk suplay air tanah akan

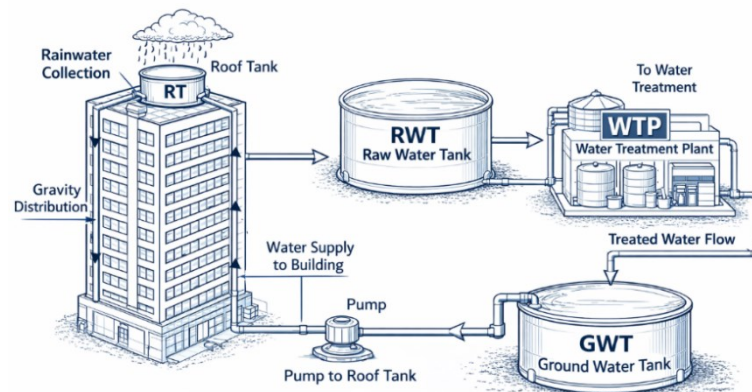
di pompa menuju penampungan sementara (*ground tank*) baru kemudian di transfer menuju *roof tank* di lantai atap dan di distribusikan dengan sistem gravitasi ataupun dengan *booster pump*.

Model pemakaian air pada bangunan gedung hotel dan apartemen dapat dilakukan beberapa pendekatan konservasi air, yaitu *rainwater harvesting* (RWH), peralatan plambing hemat air (*water-saving plumbing fixtures*), penggunaan kembali air daur ulang dari *gray water* (*reuse of recycled water from gray water*), dan penggunaan kembali air kondensat AC.

1. Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)

a. Komponen Sistem RWH

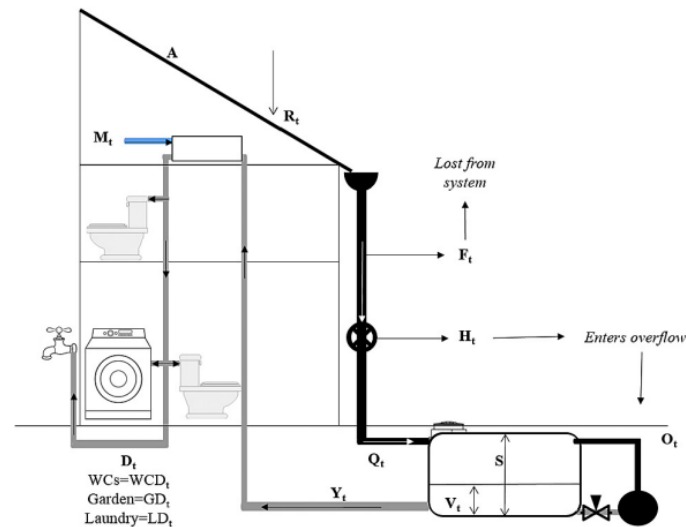
Secara umum RWH terdiri dari permukaan resapan, pipa distribusi, tangki air hujan, dan perangkat pelengkap. Dalam sistem seperti itu, atap bangunan biasanya digunakan sebagai permukaan tangkapan air hujan. Selama hujan, limpasan atap dialirkan ke tangki penyimpanan dan dialirkan ke peralatan air melalui pompa motor dan sistem perpipaan. Ketika kapasitas tangki tidak cukup untuk menyimpan semua air yang terkumpul, air luapan diarahkan ke sistem pengumpulan air hujan perkotaan atau saluran infiltrasi. Perangkat pelengkap, seperti saluran *overflow*, filter penghilang padatan, dan filter halus, dapat berkontribusi pada kontrol kualitas air dengan mengurangi risiko paparan pengguna terhadap patogen (Campisano *et.al*, 2017). Sistem RWH juga berkontribusi pada bangunan *net-zero water* sebagai sumber air alternatif dan dapat berdampak signifikan dan positif bagi kota-kota yang kekurangan air (Asadi *et al*, 2020, Crosson *et al*, 2021).



Gambar 2.3. Rainwater harvesting pada bangunan hotel dan apartemen

(Sumber : Kostyukova, 2015 dengan beberapa revisi gambar)

Kritikan sering terjadi pada desain sistem RWH domestik adalah jenis tangki yang digunakan untuk penyimpanan air hujan. Walaupun penggunaan bukan untuk minum, namun diharapkan lebih selektif didalam pemilihan tangki. Teknologi ini menawarkan berbagai tangki dari “tong hujan” di atas tanah (biasanya plastik atau logam kontainer dengan kapasitas beberapa meter kubik) biasanya digunakan untuk keperluan irigasi dan pengendalian limpasan di bangunan tempat tinggal rumah tangga, atau ada juga tangki beton di atas atau di bawah tanah (berukuran lebih besar) yang berorientasi pada bangunan bertingkat. Pengalaman lapangan menunjukkan bahwa, meskipun tangki penyimpanan berkapasitas tinggi dapat meningkatkan manfaat sistem RWH, seringkali ruang yang terbatas dapat menghambat pemasangannya (Ghaffarian Hoseini *et al*, 2016). Di Kota Semarang desain RWH diatur pada Perwal Kota Semarang No. 24 tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau. Dimensi RWH berdasarkan perwal tersebut adalah $0,025 \times \text{luas lantai dasar}$. Adapun komponen RWH dapat dilihat pada gambar 2.4.



$A [m^2]$ = area pengumpulan kedap air; $R_t [m]$ = curah hujan; $F_t [m^3]$ = Kehilangan flush pertama; $H_t [m^3]$ = aliran yang dialihkan (kehilangan filter); $Q_t [m^3]$ = aliran masuk ke tangki; $O_t [m^3]$ = luapan dari tangki; $V_t [m^3]$ = volume di gudang; $S [m^3]$ kapasitas tangki fungsional; $Y_t [m^3]$ volume air hujan yang dihasilkan dari tangki, $= M_t [m^3]$ = air dari saluran utama; $D_t [m^3]$ = kebutuhan air; Subskrip (t) berkaitan dengan langkah waktu simulasi.

Gambar 2.4. Komponen Sistem RWH pada bangunan

(Sumber: Melville-Shreeve *et al*, 2016)

b. Dampak RWH pada lingkungan

RWH dapat berdampak positif terhadap lingkungan, diantaranya adalah penghematan air minum, mengurangi pemakaian untuk operasional bangunan seperti siram tanaman, *flushing* dan dapat mengurangi limpasan permukaan (*run off*) perkotaan (Zhang *et al*, 2009). Pemanenan air hujan merupakan salah satu solusi pembangunan berdampak rendah yang digunakan untuk memulihkan siklus air alami di perkotaan (Palla *et al*, 2017).

Potensi penghematan air minum (*potential for potable water savings*) dikaitkan dengan persentase air minum yang dapat diganti dengan air hujan (*rainwater demand*), sesuai dengan penggunaan akhir air (*water end uses*).

Selain itu, variabel tersebut bergantung pada curah hujan setempat, luas atap, jenis permukaan tangkapan air, kebutuhan air hujan, dan kebutuhan air minum. Oleh karena itu, prosedur pengukuran tangki air hujan yang paling akurat adalah metode simulasi komputer, menggunakan data curah hujan dan kebutuhan dengan resolusi harian minimum (Teston *et al*, 2018).

Pengelolaan air berkelanjutan melalui penggunaan RWH melibatkan beberapa aspek, seperti desentralisasi sistem pasokan air publik dan pencegahan terhadap banjir (Stephan & Stephan, 2017). RWH adalah salah satu cara untuk mendiversifikasi sumber air dan memberikan keamanan air yang lebih besar (Marlow *et al*, 2013). RWH dapat mengurangi dampak perubahan iklim dan membantu mengurangi dampak lingkungan dari bangunan dan kota, serta menjadikannya lebih berkelanjutan.

Disamping dampak positif, penggunaan air hujan ternyata mempunyai dampak negatif yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan, karena limpasan air hujan dari atap mengandung konsentrasi polutan yang dapat mempengaruhi kualitas air hujan. Dengan demikian, air hujan yang dipanen harus memenuhi kualitas air tertentu untuk menjaga kesehatan pengguna.

Meskipun tidak ada standar yang dikenal secara internasional mengatur kualitas air hujan untuk tujuan yang tidak dapat diminum (Sharma *et al*, 2016), air hujan membutuhkan pengolahan sebelum disimpan dan dikonsumsi (May and Prado, 2006).

2. Peralatan Plambing Hemat Air

Peralatan Plambin Sistem peralatan plambing sangat mempengaruhi besarnya pemakaian air bersih. Pemakaian peralatan plambing hemat air dapat memberikan kontribusi terhadap hematnya pemakaian air, walaupun kontribusinya tidak terlalu besar namun ini merupakan upaya awal untuk mengatasi penghematan air lainnya. Keran hemat air dapat digunakan jenis keran tekan dan keran sensor (Yudo, 2018).

Peralatan plumbing *American Standard* dengan label *watersense* sering dijadikan dasar perhitungan pemakaian air bersih hemat air. *Watersense* dijalankan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk melakukan upaya konservasi air dan meningkatkan efektivitas penggunaan air.

Peralatan plambing hemat air dilakukan dengan pemasangan peralatan plambing yang menghemat air atau penggantian peralatan plambing yang ada dengan peralatan yang menggunakan sedikit air (GBCI, 2013). Volume kebutuhan air yang digunakan setiap orang berdasarkan pada sejumlah asumsi tentang seberapa sering setiap *fixture* digunakan terhadap kebutuhan air pada setiap peralatan plambing. Kebutuhan air pada peralatan plambing dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Kebutuhan air pada peralatan plambing

Peralatan Plambing	Kebutuhan air setiap pemakaian peralatan plambing	
	Konvensional	Non Konvensional
<i>Water Closet</i> (liter/siram)	4,8 ^{*)}	6
<i>Lavatory</i> (liter/menit)	3,8 ^{*)}	5,7 ^{*)}
<i>Shower</i> (liter/menit)	5,7 ^{*)}	9,5
<i>Urinoir</i> (liter/siram)	3,8 ^{*)}	5
<i>Kitchen Sink</i> (liter/menit)	8,3	8,3
<i>Faucet</i> (liter/menit)	3,8 ^{*)}	3,8 ^{*)}

(Sumber: Sumber: SNI 03-7065-2005 & American Standard, 2023)

Keterangan: ^{*)} merupakan tipe alat plambing dengan label *watersense*

Perhitungan besaran hemat air yang didapatkan dapat diketahui dari standar konsumsi yang mengacu pada Green Building Council Indonesia. Adapun standar konsumsi air untuk alat plambing hemat air dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Standar konsumsi air

Peralatan Plambing	Okupansi	Faktor	Satuan
WC Wanita	50 %	2.3	Rata-rata pemakaian per Orang per hari
WC Pria	50 %	0.3	Rata-rata pemakaian per Orang per hari
Urinal	50 %	2	Rata-rata pemakaian per Orang per hari
Durasi Cuci Tangan	100 %	0.15	Menit/pemakaian
Durasi Pemakaian Shower	5 %	5	Menit/pemakaian
Pemakaian Tap	100 %	2.5	Per hari

(Sumber: Green Building Council Indonesia, 2013)

Perhitungan persentase penghematan air pada peralatan plambing dan kebutuhan air bersih dapat dilihat pada persamaan (2.8) dan (2.9).

$$\text{persentase penghematan air pada peralatan plambing} = \frac{Q_k - Q_{ha}}{Q_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

$$\text{persentase penghematan air terhadap kebutuhan air bersih} = \frac{Q_k - Q_{ha}}{Q_{ab}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana:

Q_k : debit alat plambing konvensional (liter/hari)

Q_{ha} : debit alat plambing hemat air (liter/hari)

Q_{ab} : debit kebutuhan air (liter/hari)

Standar untuk peralatan plambing / fitur air diklasifikasikan dalam beberapa kategori, yaitu penghematan air mulai dari 25% sampai 75% dari total pengadaan produk fitur air. Klasifikasi tersebut dapat menunjukkan perhitungan persentase air yang dihemat sebagai tolak ukur penggunaan konservasi air. Tolak ukur fitur air / peralatan plambing dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Tolak ukur fitur air / peralatan plambing

No.	Fitur Air / Peralatan Plambing
1A	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air, sejumlah minimal 25% dari total pengadaan produk fitur air.
1B	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air, sejumlah minimal 50% dari total pengadaan produk fitur air
1C	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air, sejumlah minimal 75% dari total pengadaan produk fitur air

(Sumber: Green Building Council Indonesia, 2013)

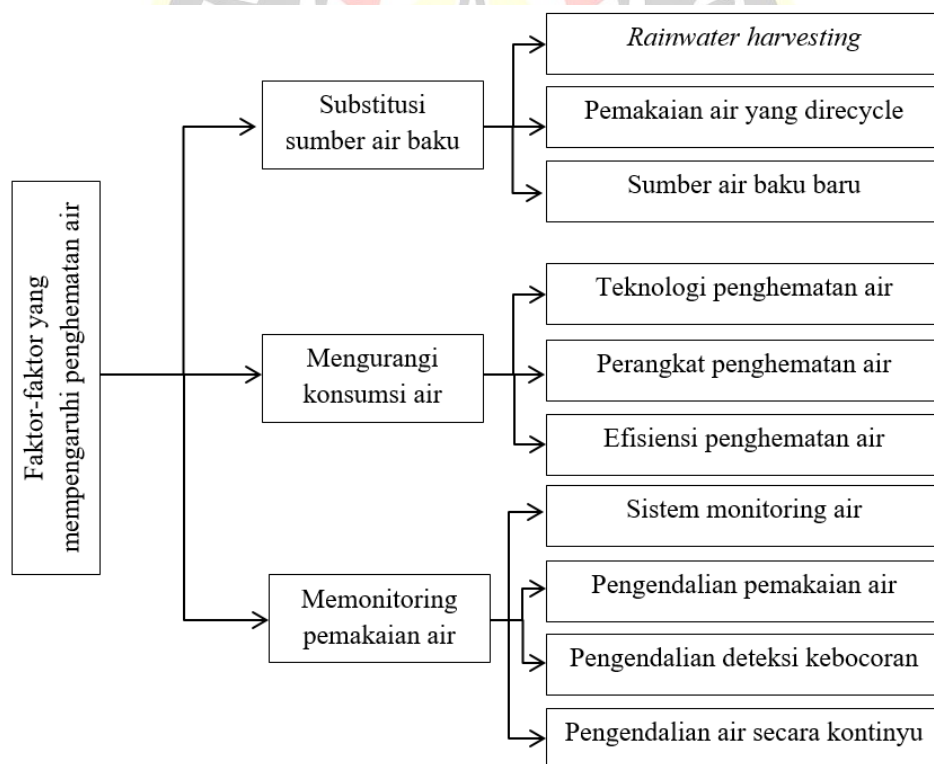
Ada beberapa tipe peralatan plambing yang berkembang di Indonesia, salah satunya adalah merek Toto. Peralatan plambing seperti *faucet* TX 109 LLR, *lavatory* LW 536 CJ, *shower* TX 432 SJZ, *urinal* U 57 K, dan *water closet tank* CW 895 J adalah contoh peralatan plambing hemat air yang digunakan oleh Merek Toto. Penggunaan merek Toto memenuhi persyaratan untuk peralatan plambing hemat air yang banyak tersedia di Indonesia, seperti yang ditetapkan oleh GBCI (Toto Indonesia, 2023). Tabel 2.10 di bawah adalah daftar peralatan plambing yang sering digunakan pada bangunan hotel dan apartemen. Peralatan plambing dipilih setelah mempertimbangkan biaya, aksesibilitas, dan kegunaan. Termasuk di antara berbagai peralatan plambing yang sering digunakan pada bangunan hotel dan apartemen adalah *faucet*, *toilet*, *shower*, *urinoir*, dan *water closet*.

Tabel 2.10 Pemakaian peralatan plambing hemat air

Jenis alat plambing	Tipe	Pemakaian air	Gambar
<i>Water Closet Tank</i>	CW 895J	<i>Dual flush</i> 4,5 liter/ <i>flush</i> atau 3 liter/ <i>flush</i>	
<i>Lavator</i>	LW 536 CJ	5 liter/menit	
<i>Shower</i>	TX 432 SJZ	8 liter/menit	
<i>Urinoir</i>	U 57 K	0,45 liter/ <i>flush</i>	
<i>Faucet</i>	TX 109 LRR	5 liter/menit	

(Sumber : Toto Indonesia, 2023)

Penghematan air yang diperoleh dengan menggunakan teknologi penggunaan air yang efisien tergantung pada jenis perangkat atau alat yang dianalisis. Bangunan gedung hotel dan apartemen dapat berinvestasi dalam peralatan efisien tertentu atau menunjukkan kebiasaan konservasi air tertentu karena penghematan energi yang dihasilkan lebih baik daripada harus melakukan penurunan penggunaan air, karena harga air relatif lebih rendah dibandingkan harga energi. Berdasarkan aspek penghematan air, dirangkum ada tiga strategi seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi penghematan air

(Sumber : Marinho *et al*, 2014)

3. Penggunaan Kembali Air Daur Ulang dari *Gray water*

Gray water adalah air limbah domestik yang berasal dari air buangan kegiatan rumah tangga, seperti cuci pakaian, masak/cuci peralatan masak, kamar mandi, bersih rumah/pel, namun tidak termasuk yang berasal dari toilet (WC). *Gray water* berbeda dengan *black water*, yang merupakan air limbah yang mengandung kotoran manusia atau hewan.

Daur ulang air limbah dari *gray water* dapat digunakan untuk menghemat pemakaian air bersih, hasil pengolahan daur ulang air limbah dapat digunakan untuk siram tanaman, cuci kendaraan, *cooling tower*, *flushing toilet* dan sebagainya (Yudo, 2018).

Air daur ulang ini merupakan *gray water* yang berasal dari hasil pengolahan dari *sewage treatment plant* (STP). STP ini merubah air limbah menjadi air kelas 2 yang dapat dimanfaatkan untuk siram tanaman, cuci kendaraan, *cooling tower*, *flushing toilet* dan sebagainya atau dibuang tanpa harus mencemari air sungai atau air permukaan (Topare *et al*, 21019). Hasil pengolahan dari STP menjadi air sekunder yang dapat digunakan kembali sebesar 75 % dari timbulan air limbah yang dihasilkan (Hardjosuprpto, 2000).

Peralatan plambing yang biasanya digunakan untuk *flushing* adalah urinal dan *water closet* (WC). Besarnya daur ulang yang dihasilkan tergantung jumlah peralatan plambing yang digunakan, kebutuhan air yang diperlukan setiap kali *flushing* dan jumlah populasi gedung, maka akan didapatkan besar air daur ulang dalam satu hari.. Besarnya kebutuhan *flushing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Kebutuhan *flushing* = Kebutuhan air alat plambing ($L/flush$) x pemakaian alat plambing per hari. (Rinka *et al*, 2014). (2.10)

Besarnya air daur ulang sama dengan total keperluan *flushing* populasi sehingga jumlahnya ditentukan sesuai persamaan berikut.

Besar daur ulang air limbah = kebutuhan *flushing* ($L/flush$) x banyak penggunaan (per hari) x jumlah populasi (orang) Rinka *et al*, 2014) (2.11)

Mengolah dan memanfaatkan kembali *gray water* dapat membantu menghemat air, mengurangi pencemaran dan menekan biaya. Beberapa cara untuk memanfaatkan kembali *gray water* adalah:

- a. Mengumpulkan air mandi atau bak mandi dalam ember dan menggunakannya untuk menyiram tanaman atau menyiram toilet.
- b. Menggunakan air mesin cuci langsung atau menyimpannya untuk keperluan pertamanan. Mesin cuci biasanya merupakan sumber *gray water* yang paling mudah dimanfaatkan kembali karena memiliki pompa internal yang secara otomatis memompa keluar air.
- c. Menggunakan drum cucian untuk mengalihkan *gray water* dari pakaian dan menggunakannya untuk irigasi.
- d. Menyalurkan *gray water* langsung ke luar dan menggunakannya untuk menyiram tanaman hias atau pohon buah. Anda juga dapat menggunakan *gray water* untuk tanaman sayuran asalkan tidak menyentuh bagian yang dapat dimakan.
- e. Menggunakan sistem pengolahan yang dapat menghilangkan polutan dan patogen dari *gray water*. Ada banyak jenis sistem pengolahan, seperti tangki pengendapan, bioreaktor, filter, pompa dan unit disinfeksi. Beberapa bahan

alami, seperti *Moringa oleifera* dan serbuk gergaji, juga dapat digunakan untuk mengolah *gray water*.

a. Konsep Daur Ulang *Gray water*

Air limbah dari hotel dan apartemen terdiri dari air kotor dari toilet (*black water*); air bekas dari kamar mandi, wastafel, dapur; dan cucian (*gray water*) dan pembuangan air hujan (Syahputra *et al*, 2023a) (Syahputra *et al*, 2023b). Pengolahan *gray water* sangat diperlukan untuk operasional bangunan gedung, sehingga *gray water* dapat digunakan kembali dengan menggunakan konsep daur ulang.

Konsep daur ulang air limbah berupa *gray water* pada bangunan didasarkan pada pengolahan *low polluted gray water*, karena sumber *gray water* berasal dari limbah dengan kandungan polutan rendah, maka *gray water* relatif lebih mudah dan aman jika di *recycle*. Pemanfaatan *gray water* harus dilakukan dengan *gray water treatment system* (GWTS) yang dapat menghasilkan air bersih yang siap digunakan kembali (Raček, 2020). *Gray water* berasal dari *shower*, bak mandi, mesin cuci, wastafel dapur, dan mesin pencuci piring.

Air yang berasal dari hasil olahan *gray water* tidak memenuhi parameter sebagai air bersih maka dapat digunakan untuk pembilasan toilet (*flushing*), irigasi atau penggunaan lainnya. Sedangkan air yang berasal dari *gray water* yang telah memenuhi syarat sebagai air bersih, maka dapat digunakan kembali sebagai operasional bangunan gedung. Penggunaan kembali air limbah yang

berasal dari *gray water* di daerah perkotaan dirancang dan diterapkan dalam pedoman pada sejumlah negara-negara di dunia (Raček, 2020).

Karakteristik *gray water* terdiri dari *dark gray water* (dari dapur dan laundry), *light gray water* (dari kamar mandi), dan *gray water* tidak terpisah dari sifat kimia, fisik, dan mikrobiologisnya. Produksi *gray water* mewakili 70% dari total air limbah domestik, dan pembilasan toilet mewakili 30% dari kebutuhan air di gedung rumah tangga (Raček, 2020), dan untuk negara berkembang buangan domestik terdiri dari 70% menjadi *gray water* dan 30% menjadi *black water* (Rinka *et al*, 2014) (Naoko, 2005).

Gray water harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu apabila akan digunakan kembali. Ada beberapa kendala pemanfaatan *gray water* tanpa pengolahan (Handoko, 2016):

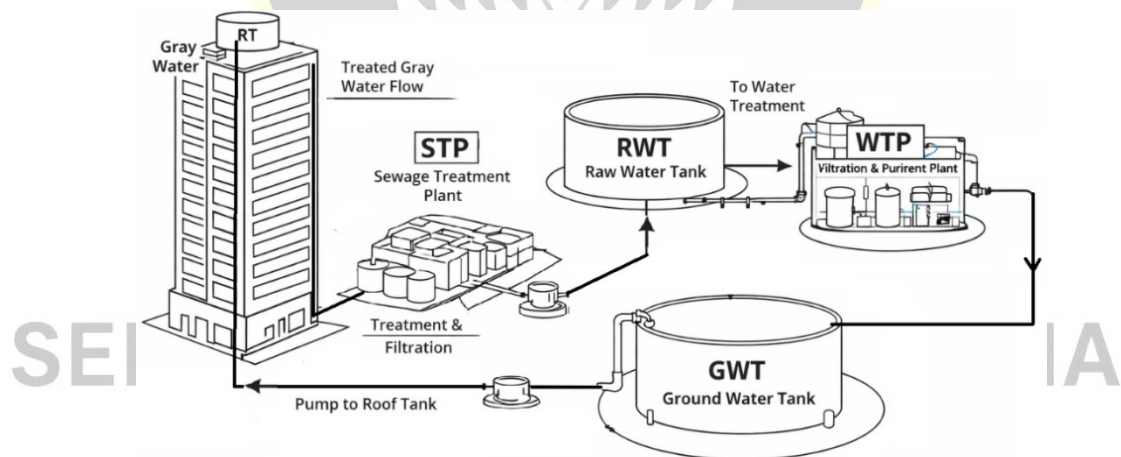
- 1) *Gray water* tidak dapat dibiarkan tidak diolah lebih dari 24 jam karena kandungan bahan organik yang tinggi. Jika disimpan lebih dari 24 jam, akan timbul bau yang tidak sedap.
- 2) Persepsi masyarakat belum bisa menerima penggunaan *gray water* untuk *flushing*, karena memerlukan panduan operasional
- 3) *Gray water* tidak bisa disimpan lebih dari 24 jam sejak dikumpulkan dari sumbernya, *gray water* yang tidak diolah memiliki umur yang pendek.
- 4) Bila digunakan untuk menyiram tanaman di lingkungan rumah, *gray water* yang mengandung sabun akan berdampak pada alkalinitas tanah.

b. Pengolahan Gray water

Gray water merupakan air limbah domestik yang sering dihasilkan setiap hari oleh bangunan gedung hotel dan apartemen. Limbah ini biasanya dipenuhi oleh bahan domestik, nitrogen dioksida, nitrat, fosfor, deterjen, fenol serta bakteri kolitinja. Namun dari berbagai macam parameter tersebut, COD dan BOD adalah parameter kunci dalam limbah cair domestik. Selain itu setiap orang berbeda-beda dalam menghasilkan beban pencemar. Diperkirakan setiap orang di Indonesia menghasilkan beban pencemar per harinya berupa COD sebesar 57 gr/orang/hari dan BOD sebesar 25 gr/orang/hari (Harahap, 2018). Limbah cair domestik termasuk ke dalam salah satu sumber pencemar pada perairan dan lingkungan. Faktor pencemarnya terkandung bahan domestik yang tinggi di pada limbah domestik berpengaruh meningkatnya pencemaran badan air. Limbah cair domestik meliputi air limbah dari dapur, toilet dan bekas cucian yang mengandung sabun dan mikroorganisme. Bila limbah domestik dibuang langsung ke air atau lingkungan dengan tidak adanya pengolahan sebelumnya, maka dapat sangat berbahaya bagi lingkungan. Maka diperlukan pengolahan limbah domestik agar menurunkan parameter-parameter dan kandungan domestik sebelum dibuang ke lingkungan (Wirosoedarmo, 2016).

Pengolahan *gray water* dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa kelompok unit pengolahan. Kelompok proses pengolahan *gray water* terdiri dari: pengolahan sederhana, pengolahan ekstensif, kimia, fisik, biologis, dan pengolahan *membrane bioreactor* (MBR). MBR mewakili pengolahan limbah modern dan juga terkait dengan pengolahan biologis dan pemisahan zat padat

dan cair. MBR dipasang langsung dalam proses aktivasi biologis dan menggantikan tangki pengendapan. Bangunan dengan tingkat produksi *gray water* yang tinggi dan dengan tingkat kebutuhan air bersih yang tinggi merupakan solusi yang cocok untuk pengelolaan air limbah secara ekologis dan ekonomis. GWTS dengan teknologi MBR (mikrofiltrasi atau ultrafiltrasi) tampaknya merupakan solusi yang dapat diterima di dalam gedung. Kekeringan di beberapa daerah saat ini dan kondisi iklim yang berubah merupakan tantangan tersendiri dalam menggunakan kembali air limbah yang berasal dari *gray water*. Pengolahan *gray water* dari daur ulang harus memenuhi empat syarat, yaitu keselamatan higienis, estetika, toleransi lingkungan, dan kelayakan teknis dan ekonomis (Al-Jayyousi, 2003). Gambaran sederhana pengolahan *gray water* dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.5. Sistem daur ulang *gray water*

(Sumber : Javadinejad *et al*, 2020 dengan beberapa revisi gambar)

Standar baku mutu limbah cair domestik diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor:

P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, 2016 .

Tabel 2.11. Baku Mutu Air Limbah Domestik

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

4. Penggunaan Kembali Air Kondensat AC

Air kondensat AC adalah air yang dihasilkan dari proses pendinginan udara oleh AC. Air ini berasal dari kondensasi uap air di evaporator, yaitu bagian AC yang berada di dalam ruangan (Rustandi, 2010). Air kondensat AC biasanya dibuang melalui saluran drain, namun sebenarnya dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan. Laju alir dari kondensat AC semakin besar dengan penurunan suhu operasi AC, hal ini dikarenakan bahwa bila semakin kecil suhu yang kita inginkan maka semakin banyak udara yang diserap oleh AC pada ruangan tersebut yang akan dikonversi pada bagian evaporator AC menjadi refrigerant yang akan dialirkan ke dalam kondensor sehingga kondensat yang dihasilkan akan menjadi lebih banyak (Hari *et al*, 2016).

Bangunan gedung hotel dan apartemen di Kota Semarang memiliki berbagai jenis AC. Jenis AC dirancang untuk aplikasi yang berbeda. Pilihan jenis tertentu menentukan estimasi kasar pengumpulan air kondensat (Lawrence dan Pery, 2010).

Pemilihan jenis sistem bergantung pada beberapa faktor seperti area pendinginan dan beban pemanasan total. *AC Window* paling sering digunakan untuk satu kamar, sedangkan *AC split* dapat digunakan untuk mendinginkan satu atau dua kamar. *AC Packaged* digunakan untuk mendinginkan lebih dari dua ruangan atau ruang yang lebih besar. Sistem AC sentral lebih disukai jika seluruh bangunan harus ber-AC.

a. Kualitas Air Kondensat AC

Kualitas air kondensat AC tergantung pada kualitas udara di sekitar AC dan kondisi AC itu sendiri. Berdasarkan hasil laboratorium kondensat AC yang telah dipurifikasi dinyatakan sebagai air yang siap minum. Hal itu dilihat dari nilai parameter fisika, kimia dan mikrobiologi kondensat yang berada di bawah baku mutu yang ditetapkan (Fanani, 2018). Namun, ada juga penelitian yang menunjukkan bahwa kualitas air kondensat AC tidak memenuhi standar kualitas air minum. Oleh karena itu, sebelum dikonsumsi sebaiknya air kondensat dilakukan pengolahan dan memastikan kualitasnya terlebih dahulu (Tiswan dan Ramlan, 2017).

Bila ditinjau dari parameter kimia dan fisika, hasil pengujian sesuai dengan standarisasi kualitas air yang dirujuk, kondensat AC dapat digunakan sebagai air yang layak minum. Selain parameter fisika, parameter biologi dilakukan dengan menganalisis kandungan koliform dan E-coli dengan menggunakan standar metode SNI 01-3553-2006. Secara mikrobiologi pun air kondensat air conditioning layak konsumsi (Hari *et al*, 2016). Selain itu air kondensat AC memiliki kandungan yang hampir mirip dengan air isi ulang Aki yaitu mempunyai konduktivitas $3,96 \times 10^{-5}$ S/m, memiliki pH 7,73 dan TDS 1,28 ppm. Berdasarkan konduktivitas dan TDS,

kualitas air kondensat AC setelah melewati kolom berisi resin lebih mendekati sifat fisika air isi ulang Aki dari pada air kondensat AC sebelum melewati resin (Wismantarayasa *et al*, 2021).

Air kondensat yang terkumpul pada unit AC mencapai volume yang signifikan dan berpotensi berfungsi sebagai sumber air alternatif. Selain itu, kualitasnya relatif tinggi karena airnya hampir bebas mineral, dan memiliki kandungan Total Dissolved Solids (TDS) yang sangat rendah dan konduktivitas yang rendah (Anomyous, 2017). Sehubungan dengan keberlanjutan air, pengumpulan kondensat dari sistem pendingin udara memiliki potensi yang sangat besar karena merupakan produk sampingan dari unit AC. Mengumpulkan kondensat dari unit AC komersial akan menguntungkan karena tidak hanya tekniknya yang relatif sederhana tetapi juga aplikasi di tempat yang membutuhkan perawatan yang relatif sedikit menawarkan potensi pengembalian investasi yang cepat. Di iklim lembab panas, pasar AC diharapkan tumbuh dengan cepat, dan dengan demikian, iklim ini merupakan daerah yang menjanjikan untuk menerapkan metode baru untuk memproduksi kondensat AC. Dua standar ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*), yaitu, 189.1-2014 (Standar untuk Rancangan Bangunan Hijau Berkinerja Tinggi kecuali Bangunan Hunian Bertingkat Rendah) dan 191P (Standar untuk Penggunaan Air yang Efisien di Gedung, Situs dan Sistem Mekanik), membahas persyaratan untuk penggunaan air dan pengumpulan kondensat di dalam gedung (Lawrence *et al*, 2010a; Lawrence *et al*, 2010b).

b. Pemanfaatan Air Kondensat AC

Pemanfaatan kembali air kondensat AC sangat beralasan, hal ini disebabkan:

- 1) Sejumlah besar air berkualitas tinggi diproduksi dengan estimasi 3-10 gpd (*gallon per day*) per 1000 ft² ruang berpendingin, bentuk dasarnya adalah air suling, TDSnya rendah dan sangat ideal untuk aplikasi menara pendingin.
- 2) Kondisi iklim yang mendorong penggunaan AC berkorelasi dengan kelangkaan air diberbagai negara, kondisi produksi akan memuncak selama permintaan banyak.
- 3) Potensi konservasi air dan energi melalui pengumpulan dan penggunaan di tempat. Konservasi ini akan mengurangi permintaan air minum dan beban air limbah dan menghasilkan manfaat ekonomi dan lingkungan setempat (Jahne, 2022).

Saat ini air kondensat sering diabaikan bahkan dibuang begitu saja, padahal air kondensat mempunyai manfaat, diantaranya:

- 1) Sebagai fluida untuk baterai basah. Air kondensat AC memiliki kandungan mineral yang sangat rendah, sehingga dapat digunakan sebagai fluida untuk mengisi ulang baterai basah yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor (Wismantarayasa *et al*, 2021).
- 2) Sebagai media pendinginan. Air kondensat AC memiliki suhu yang cukup rendah, yaitu sekitar 5-10°C, sehingga dapat digunakan sebagai media

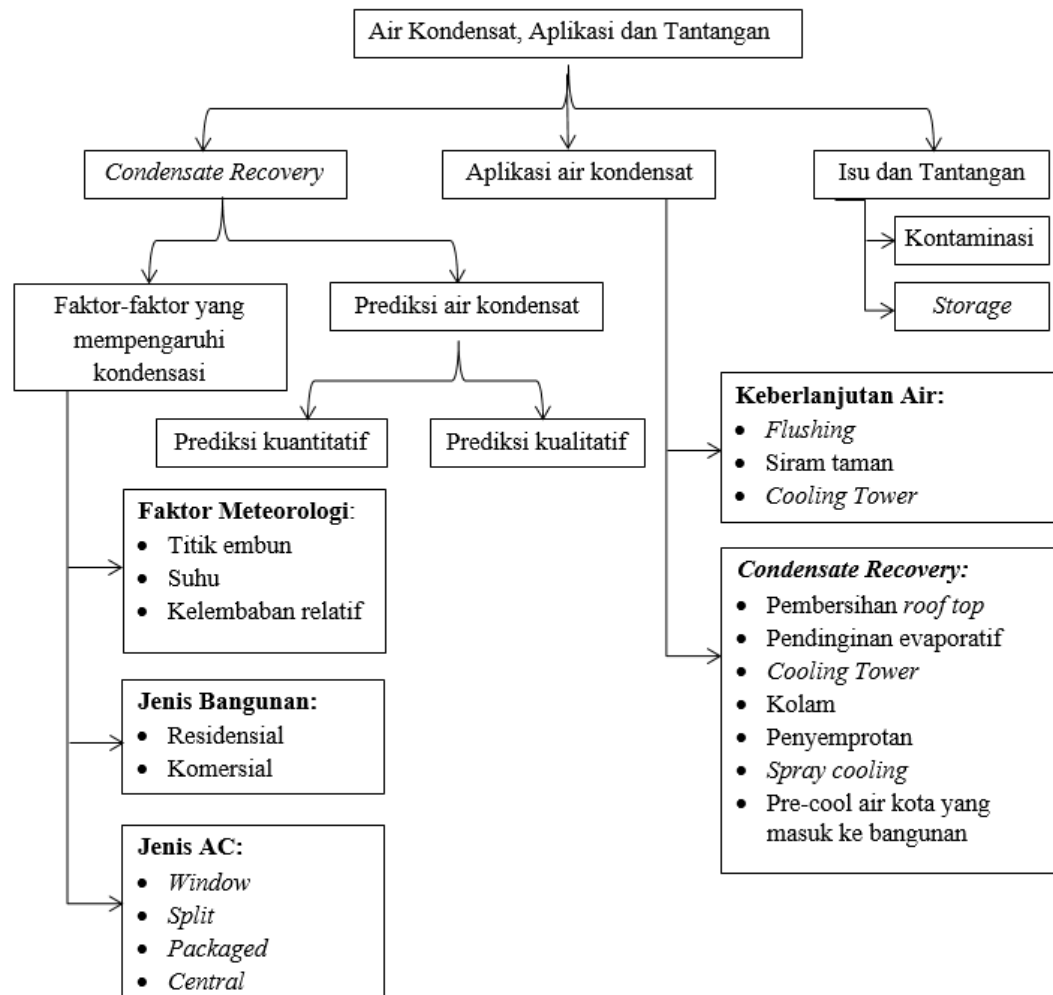
pendinginan untuk meningkatkan unjuk kerja dan efisiensi sistem AC (Rustandi, 2010).

- 3) Sebagai air irigasi. Air kondensat AC bersih dan jernih, sehingga dapat digunakan untuk menyiram tanaman atau taman. Air ini tidak mengandung klorin atau zat aditif lain yang dapat membahayakan tanaman (Kompas.com, 2021).
- 4) Sebagai air cuci. Air kondensat AC dapat digunakan untuk membersihkan benda-benda di luar ruangan, seperti mobil, sepeda, atau peralatan berkebun. Air ini juga dapat digunakan untuk mencuci pakaian atau peralatan rumah tangga lainnya (Kompas.com, 2021).
- 5) Air kondensat AC dapat digunakan sebagai media pendingin untuk meningkatkan performansi AC split dengan mengurangi suhu udara masuk ke kondensor dan menurunkan kerja kompresor (Syahnan *et al*, 2016).
- 6) Air kondensat AC dapat digunakan sebagai air bersih untuk kebutuhan masyarakat yang sulit mendapatkan air, karena kualitas fisik dan mikrobiologinya sudah memenuhi syarat berdasarkan Permenkes RI No. 32 tahun 2017 (Tiswan dan Ramlan, 2017).
- 7) Air kondensat AC dapat digunakan sebagai pengganti akuades dalam laboratorium, karena tidak mengandung kadar klorida yang dapat mengganggu titrasi argentometri (Khotimah *et al*, 2017).

c. Potensi Air Kondensat AC

Potensi penggunaan air kondensat untuk keberlanjutan air dan kemungkinan aplikasi pemulihan energi telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu. Isu dan

tantangan yang terkait dengan penggunaan air kondensat AC disajikan pada diagram alir berikut:



Gambar 2.7. Pengelolaan air kondensat, aplikasi dan tantangan

(Sumber : Algarni *et al*, 2018)

D. Usaha Konservasi Air

Usaha konservasi air adalah upaya yang telah dilakukan oleh pemilik atau pemrakarsa bangunan gedung hotel dan apartemen dalam menjalankan usaha penghematan air. Usaha konservasi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengurangan pemakaian air bersih dari PDAM dengan memanfaatkan *rain water*

harvesting, peralatan plambing hemat air, *gray water recyle* dan pemakaian air kondensat.

Usaha konservasi air = *rain water harvesting* + peralatan plambing hemat air
+ *gray water recyle* + pemakaian air kondensat

Sehingga besarnya persentase usaha konservasi dapat dituangkan dalam rumus:

$$\text{persentase(\%)} = \frac{\text{Usaha konservasi air}}{\text{Kebutuhan total air bersih}} \times 100 \%$$

Usaha konservasi air yang dilakukan oleh pemilik gedung hotel dan apartemen diklasifikasikan menjadi 4 nilai, yaitu nilai konservasi rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Riancian penilaian usaha konservasi dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12. Klasifikasi Usaha Konservasi Air

No	Klasifikasi Usaha Konservasi	Nilai (%)
1	Rendah	< 25
2	Sedang	26 - 50
3	Tinggi	51 - 75
4	Sangat Tinggi	> 76

(Sumber: Setiawan, 2006)