

RINGKASAN

PENDAHULUAN

Pertumbuhan urbanisasi yang pesat di berbagai negara dunia telah memicu peningkatan kebutuhan air bersih, terutama di kawasan padat seperti kota-kota besar yang memiliki konsentrasi tinggi bangunan vertikal seperti hotel dan apartemen. Di negara maju maupun berkembang, sektor bangunan gedung menjadi salah satu pengguna air terbesar, yang memberikan tekanan signifikan terhadap ketersediaan sumber daya air bersih (Khatri & Vairavamoorthy, 2007). Di tengah tantangan perubahan iklim, penurunan cadangan air tanah, dan pertumbuhan populasi perkotaan, pengelolaan air secara berkelanjutan di bangunan menjadi isu yang semakin penting secara global.

Beberapa negara telah merespons tantangan ini dengan menerapkan strategi efisiensi air dalam bangunan melalui teknologi hemat air, pemanfaatan air hujan (*Rainwater Harvesting*), daur ulang air bekas (*gray water reuse*), dan pemanfaatan air kondensat dari sistem pendingin udara. Misalnya, di Australia dan Singapura, sistem pengelolaan air hujan dan *gray water* telah diintegrasikan ke dalam regulasi bangunan hijau sebagai bagian dari strategi konservasi air nasional (Ward *et al.*, 2012; PUB Singapore, 2020). Di Amerika Serikat, sistem *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) mendorong penggunaan kembali air dalam gedung sebagai bagian dari sertifikasi bangunan berkelanjutan (USGBC, 2019).

Begitu juga hal itu terjadi di Kota Semarang. Pertumbuhan infrastruktur di Kota Semarang terutama pada bangunan gedung hotel dan apartemen berdampak pada peningkatan kebutuhan air bersih yang signifikan, sementara ketersediaan air di kawasan perkotaan semakin terbatas. Ketergantungan pada air tanah yang terus meningkat menimbulkan kekhawatiran terkait menurunnya cadangan air tanah. Penggunaan air tanah pada bangunan gedung hotel dan apartemen mencapai 90 % (Susanto *et al.* 2014) sedangkan sisanya adalah air dari PDAM. Ketergantungan yang tinggi terhadap air tanah tanpa diimbangi dengan upaya konservasi air dapat mempercepat kerusakan ekosistem lokal dan degradasi kualitas lingkungan lainnya.

Kondisi ini semakin diperparah dengan minimnya pengawasan dan regulasi yang tidak ketat terkait penggunaan air tanah oleh sektor-sektor komersial.

Peningkatan pengawasan, penegakan regulasi yang lebih ketat, serta insentif untuk mengadopsi teknologi konservasi air yang lebih baik, seperti penggunaan pemanenan air hujan, pemakaian peralatan plambing hemat air, penggunaan kembali air *gray water* dan juga penggunaan air kondensat AC dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah ini. Langkah-langkah ini juga akan membantu dalam melindungi ketersediaan sumber daya air di Kota Semarang serta menjaga keberlanjutan lingkungan jangka panjang.

Konservasi air pada bangunan gedung hotel dan apartemen di Kota Semarang dapat dilakukan melalui berbagai strategi, di antaranya adalah: pemanenan air hujan, penggunaan peralatan plambing hemat air, penggunaan kembali *gray water*, dan pemanfaatan air kondensat AC.

Konservasi air di gedung-gedung hotel dan apartemen di Semarang melalui penerapan teknologi-teknologi tersebut tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada sumber air tanah, tetapi juga akan mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan serta mencegah terjadinya krisis air di masa mendatang. Selain itu, strategi ini juga dapat menjadi bagian dari implementasi *green building* yang mendukung pengurangan jejak ekologi dan memperkuat ketahanan air di Kota Semarang.

Meskipun teknologi dan kebijakan telah berkembang, tantangan tetap ada dalam aspek implementasi, seperti keterbatasan ruang untuk infrastruktur air daur ulang, biaya investasi awal yang tinggi, serta persepsi pengguna terhadap kualitas air hasil daur ulang (Domènech & Saurí, 2010). Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan air terpaduyang komprehensif, adaptif terhadap kondisi lokal, namun tetap sejalan dengan praktik terbaik internasional.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang pengelolaan air terpaduyang terintegrasi pada bangunan hotel dan apartemen, dengan mengacu pada kontribusi berbagai sumber air alternatif. Dengan meninjau praktik global, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dan rekomendasi aplikatif bagi pengelolaan air yang efisien dan berkelanjutan di wilayah perkotaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengelolaan air terpadu pada bangunan gedung di Kota Semarang dapat dilakukan dengan menggunakan upaya konservasi air pada bangunan gedung hotel dan apartemen melalui berbagai strategi, di antaranya pemanenan air hujan, pemakaian peralatan plumbing hemat air, penggunaan kembali air *gray water* dan juga penggunaan air kondensat AC.

1. Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan merupakan solusi yang efektif untuk mengurangi konsumsi air bersih dari sumber utama. Sistem ini bekerja dengan mengumpulkan air hujan yang kemudian digunakan untuk keperluan non-potable (non-konsumsi), seperti penyiraman taman, mencuci kendaraan, atau sistem sanitasi. Kota Semarang, yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi, sangat potensial untuk mengembangkan teknologi ini sebagai salah satu cara mengurangi tekanan terhadap sumber air tanah (Purwanti & Nugroho, 2021).

2. Penggunaan Peralatan Plumbing Hemat Air

Penggunaan peralatan plumbing yang hemat air, seperti toilet dengan sistem dual flush, keran dan shower yang dilengkapi aerator, serta alat pemanas air yang lebih efisien, dapat secara signifikan mengurangi jumlah air yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Inovasi teknologi plumbing ini sangat diperlukan di hotel dan apartemen, di mana tingkat penggunaan air per unit bangunan sangat tinggi. Penghematan air melalui teknologi plumbing dapat mendukung keberlanjutan lingkungan sekaligus mengurangi biaya operasional gedung (Gunawan et al, 2020).

3. Penggunaan Kembali *Gray water*

Gray water adalah air yang dihasilkan dari aktivitas mencuci, mandi, dan wastafel, yang masih memiliki potensi untuk digunakan kembali setelah melalui proses filtrasi atau pengolahan sederhana. Air ini dapat digunakan untuk penyiraman tanaman atau pembilasan toilet, yang secara signifikan dapat mengurangi penggunaan air bersih. Dengan demikian, gedung-gedung komersial di Semarang bisa memanfaatkan air abu-abu sebagai bagian dari strategi konservasi air yang efektif (Santoso & Hidayat, 2019).

4. Pemanfaatan Air Kondensat AC

Gedung-gedung tinggi di Kota Semarang, terutama hotel dan apartemen, umumnya menggunakan sistem pendingin udara (AC) yang menghasilkan kondensat air dalam jumlah yang cukup besar. Air kondensat ini dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan non-potable, seperti menyiram tanaman atau untuk sistem pendinginan itu sendiri. Dengan memanfaatkan air kondensat, bangunan dapat mengurangi konsumsi air bersih sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air (Iskandar & Arifin, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Semarang dengan sampel penelitian dilakukan pada 10 bangunan gedung hotel dan apartemen yang dipilih secara *purposive*. Bangunan yang dipilih adalah yang telah dilakukan penilaian oleh TPA (tim profesi ahli) Kota Semarang. Bangunan tersebut adalah :

No	Nama Bangunan	Fungsi	Jumlah Lantai
1	Apartemen AP-01	Hotel & Apartemen	22 + 1 basement
2	Hotel H-01	Hotel	14
3	Hotel H-02	Hotel	12
4	Hotel H-03	Hotel & Mall	12
5	Hotel H-04	Hotel	8
6	Hotel H-05	Hotel	8
7	Hotel H-06	Hotel	9
8.	Hotel H-07	Hotel	13
9.	Apartemen AP-02	Apartemen	19
10.	Apartemen AP-03	Hotel & Apartemen	22

Pengolahan dan analisis data pada model ini adalah pengembangan dari *unit water demand analysis model* yang telah dilakukan peneliti terdahulu berdasarkan

upaya pemakaian penghematan air pada bangunan gedung tersebut dengan menggunakan rumus-rumus yang pernah dilakukan sebelumnya.

HASIL PENELITIAN

1. Pada kondisi eksisting, bangunan hotel dan apartemen masih bergantung pada air Perumda dan air tanah sebagai sumber utama. Sistem pengelolaan air belum memanfaatkan air hujan, pemanfaatan kembali air limbah domestik, maupun air kondensat AC, sehingga efisiensi penggunaan air masih rendah dan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kondisi hari hujan dan hari kering.
2. Penerapan pengelolaan air terpadu melalui *rainwater harvesting*, peralatan plambing hemat air, pemanfaatan kembali air limbah domestik, dan air kondensat AC mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air pada seluruh bangunan penelitian. Pada kondisi hari hujan, rata-rata kontribusi pemanfaatan air hujan sebesar 42,30 m³/hari, peralatan plambing hemat air sebesar 153,10 m³/hari, pemanfaatan air limbah domestik sebesar 49,90 m³/hari, dan air kondensat sebesar 0,60 m³/hari. Pada kondisi hari kering, kontribusi utama berasal dari peralatan plambing hemat air sebesar 153,10 m³/hari, pemanfaatan air limbah domestik sebesar 49,90 m³/hari, dan air kondensat sebesar 1,40 m³/hari.
3. Penerapan pengelolaan air terpadu menghasilkan rata-rata penghematan air sebesar 80,40% pada hari hujan dan 60,20% pada hari kering. Tingkat penghematan tertinggi mencapai 99,27% pada hari hujan dan 78,13% pada hari kering. Dari sisi ekonomi, penghematan biaya air berkisar antara Rp254 ribu hingga Rp73,21 juta per bulan pada hari hujan, sedangkan pada hari kering mencapai Rp12,96 juta hingga Rp101,05 juta per bulan, dengan Hotel Ciputra sebagai bangunan dengan penghematan biaya terbesar.
4. Penerapan pengelolaan air terpadu menunjukkan tingkat konservasi air kategori tinggi hingga sangat tinggi. Pada hari hujan, konservasi air lebih tinggi karena adanya kontribusi air hujan, dengan rata-rata penghematan mencapai 80,40%, sedangkan pada hari kering tetap menunjukkan kategori tinggi dengan rata-rata penghematan sebesar 60,20%. Sistem pengelolaan air terpadu juga

terbukti mampu mempertahankan efisiensi penggunaan air meskipun tanpa kontribusi air hujan, sehingga sistem tetap efektif dan adaptif terhadap perubahan kondisi iklim.

5. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan penjelasan yang sangat kuat dengan nilai determinasi (R^2) sebesar 91,9% pada hari hujan dan 84,9% pada hari kering. Pada hari hujan, penghematan air paling dipengaruhi oleh pemanfaatan air hujan dengan nilai korelasi sebesar 0,846 dan persamaan regresi:

$$Y = 75,465 + 0,458X_1 - 0,168X_3 + 0,180X_2 + 3,720X_4$$

Sedangkan pada hari kering, penghematan lebih dipengaruhi oleh pemanfaatan air limbah domestik dan air kondensat dengan nilai korelasi masing-masing sebesar 0,808 dan 0,826, dengan persamaan regresi:

$$Y = 57,878 - 0,085X_3 - 0,002X_2 + 11,057X_4$$

Hal ini menunjukkan bahwa pada hari hujan penghematan air lebih dipengaruhi oleh pemanfaatan air hujan, sedangkan pada hari kering lebih dipengaruhi oleh air kondensat dan efisiensi internal sistem.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pengelolaan air terpadu pada bangunan hotel dan apartemen di Kota Semarang mampu memberikan peningkatan efisiensi penggunaan air yang signifikan. Secara kuantitatif, rata-rata penghematan air yang dihasilkan mencapai 80,40 persen pada kondisi hari hujan dan 60,20 persen pada hari kering. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem tetap mampu mempertahankan kinerja yang tinggi meskipun tanpa kontribusi air hujan, dengan penurunan efisiensi sekitar 20 persen.

Dari sisi ekonomi, penghematan biaya air menunjukkan dampak yang nyata, dengan kisaran penghematan mulai dari ratusan ribu hingga lebih dari 100 juta rupiah per bulan pada bangunan dengan tingkat konsumsi tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan pengelolaan air terpadu tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan, terutama pada bangunan komersial dengan tarif air yang tinggi.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi, dengan nilai determinasi sebesar 91,9 persen pada hari hujan dan 84,9 persen pada hari kering. Hal ini berarti sebagian besar variasi penghematan air dapat dijelaskan oleh variabel yang digunakan dalam penelitian. Pada kondisi hari hujan, pemanfaatan air hujan memiliki hubungan yang kuat dengan penghematan air dengan nilai korelasi sebesar 0,846, sedangkan pada kondisi hari kering penghematan lebih dipengaruhi oleh pemanfaatan air limbah domestik dan air kondensat dengan nilai korelasi masing-masing sebesar 0,808 dan 0,826.

Analisis regresi menunjukkan bahwa pada hari hujan, pemanfaatan air hujan memiliki pengaruh positif terhadap penghematan dengan koefisien sebesar 0,458, sedangkan pada hari kering pemanfaatan air kondensat menjadi variabel yang paling dominan dengan koefisien sebesar 11,057. Sementara itu, variabel peralatan plambing hemat air dan pemanfaatan air limbah domestik menunjukkan koefisien negatif dalam model, yang mengindikasikan adanya interaksi antar variabel dalam sistem pengelolaan air terpadu.

Secara keseluruhan, sistem pengelolaan air terpadu menunjukkan karakter adaptif terhadap kondisi iklim, di mana sumber utama penghematan bergeser dari pemanfaatan air hujan pada kondisi hari hujan menjadi pemanfaatan air kondensat dan efisiensi internal sistem pada kondisi hari kering. Dengan demikian, integrasi antara berbagai komponen pengelolaan air terbukti mampu menghasilkan sistem yang efisien, stabil, dan berkelanjutan dalam mendukung pengelolaan sumber daya air pada bangunan gedung.