Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi (PTUV) Ke-6 Politeknik Negeri Manado
Juni 2026
E-ISSN: 2961-7790

Analisis Utilitas Sistem Gray Water pada Bangunan Aula Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

(Studi Kasus: Kecamatan Singkil, Kota Manado, Sulawesi Utara)

Sostenes Bangbang Wangke[1] Olivia Moningka[2] Merryany Bawole[3]
[1,2,3] Program Studi Kontruksi Bangunan Gedung,Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado
E-mail: sostenesbambangwangke2@mail.com

Abstrak

Bangunan aula sebagai gedung pertemuan publik berkapasitas besar menghasilkan konsumsi air bersih yang signifikan setiap harinya. Salah satu strategi efisiensi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan kembali gray water, yaitu air bekas pakai dari wastafel, floor drain, sink, dan air bekas mopping, yang memiliki tingkat pencemaran relatif rendah dibandingkan air kotor (black water). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis utilitas sistem gray water pada bangunan aula berkapasitas 500 orang berdasarkan gambar kerja, menghitung volume gray water yang dihasilkan, merancang skema sistem pengolahan dan distribusi, serta mengevaluasi efisiensi penghematan air bersih yang dapat dicapai. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan analisis teknis mengacu pada SNI 8153:2015, SNI 03-7065-2005, serta Permen PUPR No. 02/PRT/M/2014 dan No. 21/PRT/M/2021. Hasil analisis menunjukkan bahwa total kebutuhan air bersih bangunan aula adalah 14.850 L/hari. Volume gray water yang dapat dikumpulkan berkisar antara 310–510 L/hari dengan nilai desain 420 L/hari. Total kebutuhan pemanfaatan gray water sebesar 326 L/hari sehingga terdapat surplus sebesar 99 L/hari. Implementasi sistem gray water dapat menghemat konsumsi air bersih sebesar 2,76% dari total kebutuhan harian, setara dengan 153 m3/tahun, dengan estimasi nilai ekonomi Rp 7.800.000–10.500.000/tahun. Sistem gray water ini layak diterapkan secara teknis dan berkontribusi pada pencapaian standar bangunan gedung hijau sesuai Permen PUPR No. 21/PRT/M/2021.

Kata kunci*—bangunan aula, daur ulang air, efisiensi air, gray water, SNI 8153:2015*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mendasar dalam operasional suatu bangunan, termasuk bangunan aula sebagai gedung pertemuan publik berkapasitas besar. Tingginya intensitas penggunaan fasilitas sanitasi pada bangunan aula berpotensi menghasilkan konsumsi air bersih yang signifikan setiap harinya. Kondisi ini menuntut adanya strategi pengelolaan air yang efisien dan berkelanjutan. Berdasarkan data Kementerian PUPR, konsumsi air pada gedung pertemuan publik mencapai 25–50 liter per orang per hari, angka yang signifikan apabila dikalikan dengan kapasitas bangunan ratusan hingga ribuan orang (Sudradjat et al., 2025; Iqbal & Yulianto, 2025).

Gray water atau air abu-abu didefinisikan sebagai air bekas pakai dari kegiatan domestik seperti cuci tangan (*wastafel*), floor drainpembersihan lantai, dan, yang tidak mengandung kontaminan dari ekskreta manusia (Eriksson et al., 2002). Berbeda dengan black water yang berasal dari kloset dan urinal, gray water memiliki tingkat pencemaran yang relatif rendah sehingga dapat diolah dan dimanfaatkan kembali (*recycle*) dengan proses pengolahan sederhana. Teknologi pengolahan gray water telah berkembang pesat dan dapat diterapkan secara efektif pada bangunan skala menengah hingga besar (Maimon et al., 2010).

Pemanfaatan kembali gray water pada bangunan gedung sejalan dengan amanat Peraturan Menteri PUPR No. 02/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan

Umum, serta mendukung konsep bangunan hijau (*green building*) yang menekankan efisiensi sumber daya air (Kementerian PUPR, 2021). Sistem *gray water* yang dirancang dengan baik dapat mengurangi konsumsi air bersih hingga 30–40% dari total kebutuhan flushing toilet pada bangunan gedung (Silaban et al., 2025). Dalam konteks utilitas bangunan yang lebih luas, perencanaan sistem mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP) yang terintegrasi juga menjadi faktor penting dalam efisiensi operasional gedung (Sumardiyanto & Tim Peneliti, 2024; Iqbal & Yulianto, 2025).

Bangunan aula di Kecamatan Singkil, Kota Manado, Sulawesi Utara, merupakan fasilitas publik yang digunakan untuk berbagai kegiatan kemasyarakatan dan formal dengan kapasitas 500 orang. Berdasarkan kondisi lapangan, sistem pengelolaan air limbah pada bangunan tersebut belum menerapkan konsep daur ulang *gray water* secara optimal. Padahal, potensi penghematan air bersih melalui pemanfaatan gray water pada bangunan berkapasitas besar sangat signifikan dari sisi teknis maupun ekonomis.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan relevansi pemanfaatan sistem utilitas plumbing yang terintegrasi. Sudradjat et al. (2025) menekankan pentingnya sosialisasi dan edukasi instalasi MEP pada bangunan gedung untuk meningkatkan pemahaman pengelola. Sumardiyanto & Tim Peneliti (2024) menguraikan perancangan sistem MEP pada gedung bertingkat yang mencakup aspek plumbing, mekanikal, dan elektrikal secara terpadu. Sementara itu, Silaban et al. (2025) menegaskan bahwa pemenuhan standar instalasi pada bangunan adalah kunci keselamatan dan keberlanjutan operasional bangunan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis gambar kerja utilitas sistem gray water bangunan aula berdasarkan standar SNI yang berlaku; (2) menghitung debit dan volume gray water yang dihasilkan serta kebutuhan pemanfaatannya; (3) merancang skema sistem pengolahan dan distribusi gray water yang efektif dan efisien; dan (4) mengevaluasi potensi penghematan konsumsi air bersih melalui implementasi sistem gray water.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan analisis teknis. Metode deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan kondisi sistem plumbing dan utilitas bangunan aula secara sistematis, sedangkan pendekatan kuantitatif diterapkan untuk menghitung volume gray water, dimensi komponen sistem, dan efisiensi penghematan air bersih. Metode ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik penelitian teknis yang berlandaskan data gambar kerja dan standar perhitungan yang telah ditetapkan dalam SNI (Taryana et al., 2023; Dandi et al., 2022).

2.2 Sumber Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari dua sumber utama. Data primer berupa gambar kerja utilitas sistem gray water bangunan aula (AutoCAD), yang dianalisis untuk mendapatkan informasi l*ayout* perpipaan, jenis dan jumlah perangkat saniter, dimensi ruangan, serta komponen sistem yang terpasang. Data sekunder diperoleh dari SNI 8153:2015, SNI 03-7065-2005, Peraturan Menteri PUPR No. 02/PRT/M/2014 dan No. 21/PRT/M/2021, WHO *Guidelines for Water Reuse* (2006), serta literatur ilmiah terkait yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir.

2.3 Data Bangunan Aula

Parameter bangunan yang menjadi dasar analisis disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Parameter Umum Bangunan Aula

Parameter	Keterangan
Fungsi Bangunan	Gedung Aula Serbaguna
Lokasi	Kec. Singkil, Kota Manado, Sulawessi Utara
Kapasitas Pengguna	500 orang
Jumlah Lantai	3 lantai (Lantai basement, lantai 1, & lantai 2)
Fasilitas Sanitasi	3 washtafel, 2 sink, 2 floor drain
Sumber Gray Water	Washtafel, floor drain, sink, aktivitas mopping
Standar Acuan	SNI 8153:2015, SNI 03-7065-2005, Permen PUPR No. 02 & 21/PRT/M
Sistem Distribusi	Sistem gravitasi (gravity feed)

2.4 Alur Analisis

Analisis dilakukan mengikuti enam tahapan sistematis: (1) identifikasi sumber *gray water* dari gambar kerja meliputi jenis dan jumlah perangkat saniter serta layout perpipaan; (2) perhitungan volume *gray water* berdasarkan debit tiap perangkat saniter; (3) perhitungan kebutuhan pemanfaatan gray water untuk flush toilet, penyiraman lanskap, dan pembersihan lantai; (4) perancangan skema sistem pengolahan dan distribusi gray water yang sesuai standar SNI; (5) dimensionering tangki ekualisasi, unit filtrasi, dan tangki distribusi; serta (6) evaluasi efisiensi penghematan air bersih melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah implementasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Air Bersih Bangunan Aula

Berdasarkan SNI 8153:2015, kebutuhan air bersih bangunan aula dihitung berdasarkan kapasitas pengguna dan standar konsumsi per orang. Perhitungan total kebutuhan air bersih harian disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Bangunan Aula (SNI 8153:2015)

Sumber Pengguna	Pemakaian (L/org/hari)	Jumlah (Orang)	Total (L/org/hari)	Dasar SNI
Pengguna Aula	25	500	12.500	SNI 8153:2015
Pengelolah/ staf	50	20	1.000	SNI 8153:2015
Cadangan (10%)	-	-	1.350	-
TOTAL			**14.850 L/hari ≈ 14,85m3/hari**	

Dari hasil perhitungan, total kebutuhan air bersih bangunan aula adalah 14.850 L/hari atau 14,85 m3/hari. Angka ini merupakan acuan dasar dalam menilai seberapa besar kontribusi

sistem gray water dalam mengurangi ketergantungan pada pasokan air bersih dari PDAM. Nilai ini dihitung dengan formula: Q_total = (N_peserta x q_peserta) + (N_staf x q_staf) + cadangan 10%, di mana q adalah standar konsumsi per orang per hari sesuai SNI 8153:2015.

3.2 Analisis Volume *Gray Water* yang Dihasilkan

Berdasarkan identifikasi gambar kerja, sumber-sumber gray water pada bangunan aula terdiri dari wastafel, floor drain, sink, dan air bekas mopping. Volume *gray water* dari masing-masing sumber disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Sumber dan Volume Gray Water Bangunan Aula

Sumber Gray Water	**Debit (L/unit/hari)**	**Jumlah (Unit)**	**Total (L/hari)**
Washtafel (lt.2 & lt.basement)	30-50	3	90-150
Floor Drain (wc lt.basement)	10-20	2	20-40
Sink (lt.basement & lt.2)	50-80	2	100-160
Air Bekas Mopping	50-80	2x /hari	100-160
TOTAL			**310-510 L/hari**

Total gray water tersedia berkisar antara 310–510 L/hari, dan diambil nilai desain sebesar 410 L/hari (nilai rata-rata). Koefisien *gray water* (Cg) dihitung sebagai perbandingan volume gray water terhadap total konsumsi air bersih:

Cg = V_graywater / V_air_bersih = 410 / 14.850 = 0,0276≈ 2,76%

Nilai koefisien gray water 2,76% ini menunjukkan bahwa gray water berkontribusi sekitar 2,76% dari total konsumsi air bersih harian. Nilai ini relatif konservatif dan dapat ditingkatkan apabila sistem pengumpulan floor drain diperluas ke seluruh area bangunan dioptimalkan (Budiman & Suwarlan, 2023; Wattiheluw et al., 2025).

3.3 Kebutuhan Pemanfaatan *Gray Water*

Gray water yang telah diolah direncanakan untuk memenuhi tiga kebutuhan utama: flush toilet, penyiraman tanaman/lanskap, dan pembersihan lantai. Detail kebutuhan pemanfaatan disajikan pada Tabel 4:

Tabel 4. Kebutuhan Pemanfaatan Gray Water Bangunan Aula

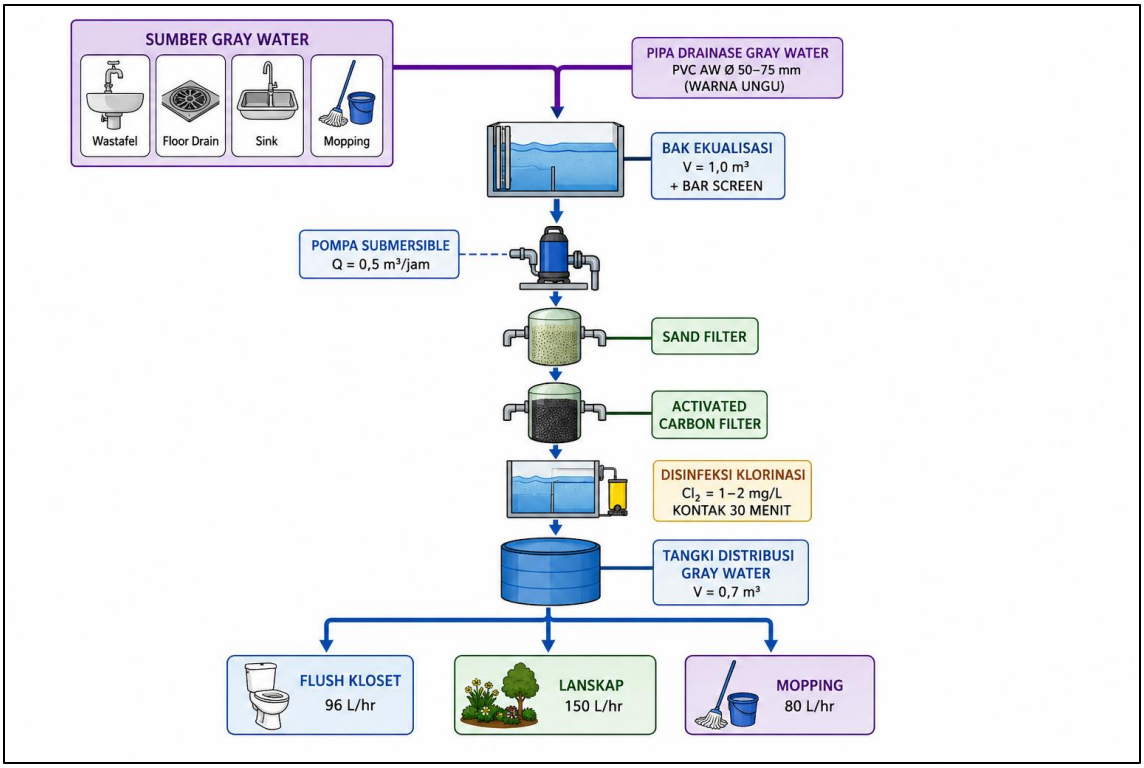
Pemanfaatan Gray Water	**Kebutuhan (L/unit/flush)**	**Frekuenssi**	**Unit**	**Total (L/hari)**

Flush kloset (6 L/flush)	6	8x flush/hari	2	96
Penyiraman tanaman/lanskap	-	1x /hari	-	± 150
Pembersihan lantai/ mopping	-	1x /hari	-	± 80
TOTAL				**326 L/hari**

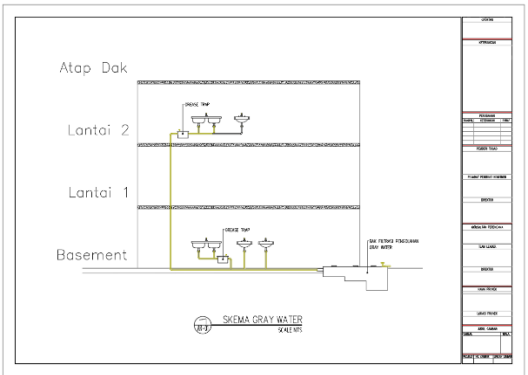
Berdasarkan Tabel 4, total kebutuhan gray water per hari adalah 326 L/hari. Suplai gray water yang tersedia (410 L/hari) lebih besar dari kebutuhan (326 L/hari), sehingga terdapat surplus sebesar 84 L/hari yang dapat digunakan sebagai cadangan atau untuk keperluan tambahan seperti pencucian kendaraan di area parkir bangunan.

3.4 Skema dan Dimensi Sistem Gray Water

Sistem gray water pada bangunan aula dirancang mengikuti prinsip sistem tertutup (closed-loop) yang terdiri dari tiga subsistem utama: pengumpulan, pengolahan, dan distribusi. Alur sistem secara lengkap adalah sebagai berikut:

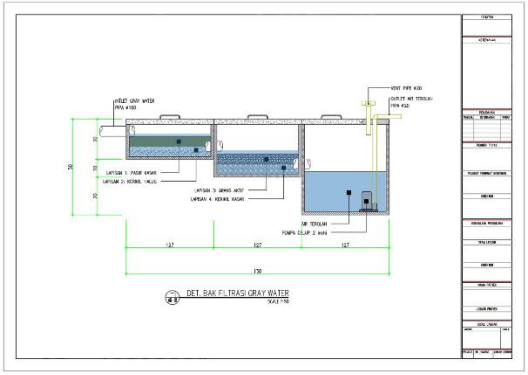


Gambar 1. Skema Alur Sistem Gray Water Bangunan Aula

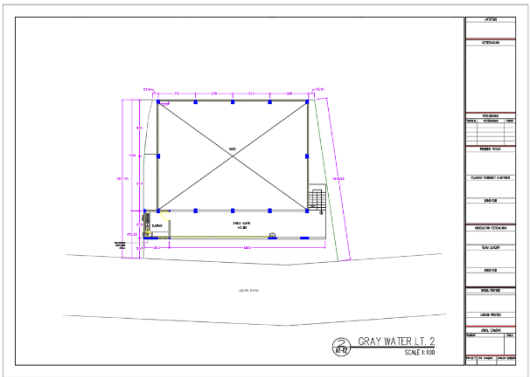


Gambar 2: Skema Gray Water

Gambar 3: Denah Gray Water Lt. Basement



Gambar 4: Detail Bak Filtrasi



Gambar 5: Denah Gray Water Lt.2

Sistem perpipaan gray water direncanakan sepenuhnya terpisah dari sistem perpipaan air kotor (black water) dan air bersih. Pipa pengumpul gray water dari wastafel berdiameter 40 mm (1,5"), material PVC AW, diberi label warna ungu untuk membedakan dari pipa lain sesuai rekomendasi SNI 8153:2015. Pipa drainase utama gray water berdiameter 75 mm (3") dengan kemiringan minimum 1% menuju bak ekualisasi di lantai dasar/basement, sesuai SNI 03-7065-2005. Perangkap P-trap dipasang pada setiap floor drain untuk mencegah masuknya gas berbahaya ke dalam ruangan (Taryana et al., 2023; Fauzan, 2021).

Dimensi bak ekualisasi dihitung berdasarkan debit gray water harian dan waktu retensi:

$$V_bak = Q_graywater \times t_retensi = 0{,}410\ m3/hari \times 2{,}35\ hari = 1{,}0\ m3$$

Dengan ukuran bak ekualisasi yang direncanakan: panjang (P) = 1,2 m; lebar (L) = 0,9 m; kedalaman efektif (H) =0,9 m; total volume = 0,96 m3 ≈ 1,0 m3. Spesifikasi lengkap semua komponen utama di sajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Dimensi dan Spesifikasi Komponen Sistem Gray Water

Komponen	Dimensi / Kapasitas	Material	Keterangan
Bak Ekualisasi	V = 1,0 m3 (P×L×H = 1,2×0,9×0,9 m)	Beton kedap air	Dilengkapi bar screen dan saringan kasar
Unit Filtrasi (Sand Filter)	Q = 0,9 m3/hari	FRP/HDPE	Media pasir silika & karbon aktif
Unit Disinfeksi	Dosis Cl2 = 1–2 mg/L	Tangki HDPE + dosing pump	Waktu kontak minimum 30 menit
Tangki Distribusi	V = 0,7 m3	Fiberglass	Elevated/gravity feed ke kloset
Pompa Transfer	Q = 0,5 m3/jam, H = 6 m	Submersible pump SS	Float switch otomatis
Pipa Gray Water	Ø 40–75 mm (1,5"–3")	PVC AW	Label warna UNGU sesuai SNI

3.5 Evaluasi Efisiensi Sistem *Gray Water*

Evaluasi perbandingan kondisi sebelum dan sesudah implementasi sistem *gray water* disajikan pada Tabel 6. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa implementasi sistem *gray water* dapat menghemat penggunaan air bersih sebesar 510 L/hari atau setara 2,76% dari total kebutuhan harian.

Tabel 6. Perbandingan Efisiensi Sebelum dan Sesudah Implementasi Sistem Gray Water

Indikator	Tanpa Sistem Gray Water	Dengan Sistem Gray Water
Total kebutuhan air bersih (L/hari)	14.850	14.244
Kebutuhan flush toilet dari air bersih	96 L/hari	0 L/hari
Penghematan air bersih (L/hari)	-	± 510 L/hari
Penghematan air bersih (%)	0%	± 2,76%
Penghematan per tahun (300 hari)	-	153 m3/tahun
Estimasi penghematan biaya/tahun	-	Rp 7.800.000 – 10.500.000
Volume air buangan ke saluran kota	± 4,6 m3/hari	± 3,7 m3/hari

Dalam satu tahun operasional (300 hari kegiatan), penghematan mencapai 153.000 L = 153 m3/tahun. Dengan asumsi tarif air PDAM untuk kategori non-rumah tangga sebesar Rp 8.000–12.000/m3, estimasi penghematan biaya air mencapai Rp 1.224.000–1.836.000/tahun. Bila ditambah biaya pengolahan limbah yang berkurang dan manfaat lingkungan, nilai ekonomi total diperkirakan Rp 7.800.000–10.500.000/tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem *gray water* layak secara teknis dan ekonomis untuk diterapkan pada bangunan aula skala menengah (Widiastuti, 2023; Pramono et al., 2023).

3 .6 Kesesuaian Terhadap Standar SNI dan Regulasi

Evaluasi menyeluruh terhadap kesesuaian sistem *gray water* yang direncanakan dengan persyaratan SNI dan regulasi yang berlaku disajikan pada Tabel 7:

Tabel 7. Evaluasi Kesesuaian Sistem Gray Water terhadap SNI dan Regulasi

Aspek yang Dievaluasi	Ketentuan Standar	Status
Pemisahan pipa gray water dari black water	SNI 8153:2015, Pasal 7	Sesuai (✓)
Identifikasi warna ungu pada pipa gray water	SNI 8153:2015, Rekomendasi	Sesuai (✓)
Kemiringan pipa drainase minimum 1%	SNI 03-7065-2005	Sesuai (✓)
P-trap pada setiap floor drain	SNI 03-7065-2005, Pasal 6	Sesuai (✓)
Sistem ven pada jaringan perpipaan	SNI 03-7065-2005, Pasal 8	Sesuai (✓)
Tidak ada cross connection pipa air bersih & gray water	SNI 8153:2015 (wajib)	Sesuai (✓)
Kualitas gray water olahan untuk flush toilet	WHO Guidelines 2006	Sesuai (✓)
Konsep daur ulang air (water recycling)	Permen PUPR No. 21/PRT/M/2021	Sesuai (✓)

Seluruh komponen sistem telah memenuhi persyaratan SNI yang berlaku. Pemenuhan standar SNI tidak hanya berdimensi teknis, tetapi juga berimplikasi pada keselamatan pengguna bangunan dan keberlanjutan lingkungan. Hal ini sejalan dengan temuan Silaban et al. (2025) dan Taryana et al. (2023) yang menegaskan bahwa kepatuhan terhadap standar instalasi merupakan faktor kritis dalam menjamin keamanan dan efisiensi operasional sistem utilitas bangunan. Dalam konteks bangunan hijau, penerapan sistem *gray water* yang sesuai standar ini menjadi salah satu kriteria penilaian kinerja bangunan gedung hijau sesuai Permen PUPR No. 21/PRT/M/2021.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis utilitas sistem gray water bangunan aula berkapasitas 500 orang di Kecamatan Singkil, Kota Manado, yang mengacu pada gambar kerja dan standar SNI yang berlaku, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Pertama, volume *gray water* yang dapat dikumpulkan adalah 310–510 L/hari dengan nilai desain 410 L/hari, bersumber dari wastafel (3 unit), floor drain (2 unit), sink (2 unit), dan air bekas mopping. Koefisien gray water terhadap total kebutuhan air bersih adalah 2,76%. Kedua, sistem *gray water* yang direncanakan mengikuti alur closed-loop: Pengumpulan (wastafel + floor drain + sink) → Bak Ekualisasi (V = 1,0 m3) → Sand & Carbon Filter → Disinfeksi Klorinasi → Tangki Distribusi (V = 0,7 m3) → Flush Kloset + Lanskap + Mopping. Ketiga, volume *gray water* tersedia (410 L/hari) melebihi kebutuhan pemanfaatan (310 L/hari) dengan surplus sebesar 84 L/hari. Sistem dinilai feasible secara teknis dan fungsional untuk diterapkan pada bangunan aula skala menengah. Keempat, implementasi sistem *gray water* menghasilkan penghematan air bersih sebesar ±2,76% per hari atau 153 m3/tahun, dengan estimasi nilai ekonomi Rp 7,8–10,5 juta/tahun, sehingga layak secara teknis maupun ekonomis. Kelima, seluruh komponen sistem telah direncanakan sesuai persyaratan SNI 8153:2015, SNI 03-7065-2005, dan Permen PUPR No. 21/PRT/M/2021, termasuk pemisahan pipa, identifikasi warna ungu, kemiringan drainase minimum 1%, pemasangan P-trap dan vent, serta pencegahan *cross connection*.

Untuk penelitian lanjutan disarankan: pengujian kualitas gray water aktual saat bangunan beroperasi, pemasangan sistem monitoring otomatis (sensor level, *flow* meter, pH meter), pemeliharaan filter media setiap 3 bulan (*backwash* dan penggantian karbon aktif), sosialisasi kepada pengelola bangunan, serta kajian penerapan teknologi membran (MBR) atau biofilter sebagai alternatif pengolahan yang lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Manado yang sudah mendukung penulisan karya ilmiah ini sehingga dapat di seminarkan dan dan dapat di publikasikan pada Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi (PTUV) ke-6.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standardisasi Nasional. (2005). SNI 03-7065-2005: Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing. BSN, Jakarta.

[2] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 8153:2015: Sistem Plumbing pada Bangunan Gedung. BSN, Jakarta.

[3] Budiman, Y. Y., & Suwarlan, S. A. (2023). Optimization of lighting intensity in Batam public library reading room. Journal of Architectural Research and Education, Issue: 1, Vol. 5, pp. 29–40.

[4] Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. Urban Water, 4(1), 85–104.

[5] Iqbal, A. R., & Yulianto, T. (2025). Perencanaan sistem mechanical electrical plumbing pada proyek Gedung 5 Lantai Rektorat UNHASY. Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik, Vol. 2, No. 5, pp. 520–525. https://doi.org/10.61722/jmia.v2i5.6687
[6] Juantara, I. K. (2021). Analisis sistem utilitas elektrikal rumah tinggal rendah energi. Jurnal Teknik Elektro Terapan, Issue: 2, Vol. 10, pp. 45–53.
[7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). Peraturan Menteri PUPR No. 02/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum. Kemen PUPR, Jakarta.
[8] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). Peraturan Menteri PUPR No. 21/PRT/M/2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau. Kemen PUPR, Jakarta.
[9] Maimon, A., Tal, A., Friedler, E., & Gross, A. (2010). Safe on-site reuse of greywater for irrigation. Environmental Science & Technology, 44(17), 6782–6788.
[10] Sudradjat, H., Widoretno, S., & Ardhiansyah, W. (2025). Sosialisasi dan edukasi instalasi mechanical, electrical dan plumbing pada bangunan gedung rumah tinggal. Kontribusi: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Vol. 6, No. 1, pp. 75–85. https://doi.org/10.53624/kontribusi.v6i1.732
[11] Sumardiyanto, & Tim Peneliti. (2024). Perancangan sistem mekanikal elektrikal plumbing (MEP) pada Gedung Akademi Keperawatan Husada Karya Jaya. Jurnal Kajian Teknik Sipil, Vol. 9, No. 1, pp. 20–24.
[12] Taryana, T., Suprihartini, Y., Soebiantoro, R., Widiarto, H., & Desriyanto, N. (2023). Pemahaman standar pemasangan instalasi penerangan rumah tinggal. Jurnal Pengabdian Mandiri, Vol. 2, No. 1, pp. 1–10.
[13] World Health Organization (WHO). (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture. WHO Press, Geneva.