

Analisis Sistem Utilitas pada Proyek Sekolah Citra Kasih Manado

Chelvin Marvin Tambajong ^{1✉}, Olivia Moningka ², Beldie Aryana Tombeg ³
(1,2,3) Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

Abstrak: Sistem utilitas bangunan gedung memegang peranan vital dalam menjamin fungsi, keselamatan, dan kenyamanan operasional sarana pendidikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menghitung kapasitas sistem plumbing air bersih, air kotor, serta mengevaluasi kesesuaian implementasi sistem proteksi kebakaran terhadap standar teknis dan regulasi nasional pada proyek Sekolah Citra Kasih Manado. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis studi kasus dengan data primer (observasi lapangan, dokumentasi) dan sekunder (gambar kerja, spesifikasi teknis). Hasil analisis menunjukkan total kebutuhan air bersih untuk 500 pengguna sebesar 20,4 m³/hari dengan total kapasitas tangki penyimpanan 25 m³ (ground tank 15 m³ dan roof tank 10 m³), memenuhi standar SNI 8153:2015. Jaringan perpipaan air bersih menggunakan material Polypropylene Random (PPR) dengan pipa utama berdiameter 50 mm (1,5 inci). Debit air kotor yang dihasilkan mencapai 16,32 m³/hari yang disalurkan ke septic tank berkapasitas total efektif 25 m³ dan bidang resapan minimal 30 m³, memenuhi ketentuan SNI 03-2398:2002. Pipa drainase utama menggunakan PVC AW diameter 100 mm (4 inci) dengan kemiringan 1-2%. Untuk proteksi kebakaran aktif, perencanaan sistem deteksi/alarm telah dirancang pada setiap lantai, sedangkan evaluasi riil kapasitas sistem hidran memerlukan kelengkapan data lapangan lebih lanjut. Secara umum, sistem plumbing air bersih dan kotor dinyatakan memenuhi standar teknis yang berlaku.

Abstract: The building utility system plays a vital role in ensuring the functionality, safety, and operational comfort of educational facilities. This study aims to analyze and calculate the capacity of the clean water and wastewater plumbing systems, as well as to evaluate the compliance of the fire protection system implementation with applicable technical standards and national regulations at the Citra Kasih School project in Manado. The study employed a descriptive quantitative approach based on a case study, using primary data (field observations and documentation) and secondary data (working drawings and technical specifications). The analysis results indicate that the total clean water demand for 500 users is 20.4 m³/day, with a total storage tank capacity of 25 m³ (a 15 m³ ground tank and a 10 m³ roof tank), which complies with SNI 8153:2015. The clean water piping network uses Polypropylene Random (PPR) pipes, with a main pipe diameter of 50 mm (1.5 inches). The wastewater flow generated reaches 16.32 m³/day and is discharged into septic tanks with a total effective capacity of 25 m³ and a minimum absorption field capacity of 30 m³, complying with SNI 03-2398:2002. The main drainage pipes use 100 mm (4-inch) PVC AW pipes with a slope of 1-2%. For active fire protection, a fire detection and alarm system has been designed for each floor, while an actual evaluation of the hydrant system capacity requires further field data. Overall, the clean water and wastewater plumbing systems are considered to comply with the applicable technical standards.

Article history:

Received: 02 September 2026

Revised: 10 October 2026

Accepted: 14 October 2026

Published: 19 October 2026

Kata kunci:

sistem utilitas, pipa saluran air, air bersih, air kotor, proteksi kebakaran

Keyword:

building utility systems, plumbing, clean water, wastewater, fire protection

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



How to cite: Tambajong, C. M., Moningka, O., & Tombeg, B. A. (2026). Analisis Sistem Utilitas pada Proyek Sekolah Citra Kasih Manado. RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik, 4(4), 1657-1665. <https://doi.org/10.70716/reswara.v4i4.867>

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat sektor konstruksi bangunan gedung modern memicu kebutuhan mendasar terhadap keandalan sistem utilitas bangunan. Dalam konteks fasilitas pendidikan seperti gedung sekolah, keberadaan utilitas bukan sekadar pelengkap visual, melainkan subsistem terintegrasi yang

menentukan keberlangsungan kegiatan belajar-mengajar, kenyamanan, kesehatan, hingga keselamatan jiwa penghuninya. Pengelolaan air bersih yang higienis, sistem pembuangan air limbah yang efisien, serta keandalan sistem proteksi kebakaran menjadi parameter vital yang menentukan kelayakan suatu infrastruktur pendidikan (Dasinangon et al., 2022; Fianti, 2021). Gangguan atau kesalahan dalam perencanaan sistem utilitas dapat menimbulkan dampak sistemik, mulai dari krisis sanitasi, penurunan kualitas kesehatan pengguna gedung, kerusakan struktural akibat kebocoran perpipaan, hingga bahaya fatal saat terjadi situasi darurat kebakaran (Maulana et al., 2024; Susanto et al., 2024).

Fenomena empiris di lapangan menunjukkan bahwa banyak fasilitas umum dan pendidikan di Indonesia kerap mengalami kendala operasional utilitas secara berulang setelah masa purna-konstruksi (Suhardiyanto, 2016). Masalah yang umum ditemui meliputi fluktuasi tekanan air pada lantai-lantai atas gedung, penyumbatan pada jaringan pipa drainase akibat kesalahan perhitungan debit puncak atau pemilihan kemiringan pipa yang kurang tepat, serta ketidaksiapan perangkat proteksi kebakaran aktif saat darurat (Dasinangon et al., 2022; Maulana et al., 2024). Pada beberapa kasus sarana publik, ketidaksesuaian antara perencanaan awal (shop drawings) dengan implementasi aktual di lapangan menyebabkan kegagalan fungsi jaringan sanitasi dan potensi penyebaran vektor penyakit akibat genangan air limbah (Susanto et al., 2024). Hal ini mempertegas pentingnya evaluasi dan verifikasi teknis secara berkala terhadap sistem yang terpasang untuk memastikan kesesuaiannya dengan regulasi dan standar nasional yang berlaku (Badan Standardisasi Nasional, 2005, 2015; Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Sekolah Citra Kasih Manado yang berlokasi di Jalan Ringroad Winangun Satu, Kota Manado, merupakan salah satu proyek infrastruktur pendidikan bernilai strategis di Sulawesi Utara. Gedung bertingkat empat dengan luas total 1.324,94 m² ini dirancang untuk menampung hingga 500 pengguna aktif yang terdiri dari 420 siswa, 50 guru dan staf operasional, serta rata-rata 30 tamu/pengunjung per hari. Dengan kepadatan hunian yang tinggi pada area terbatas, konsentrasi aktivitas harian berpusat pada penggunaan sarana sanitasi serta ketergantungan penuh pada ketersediaan air bersih secara konstan. Kondisi geografis dan topografis Kota Manado yang fluktuatif juga menuntut keandalan tekanan air dan efisiensi pengolahan air limbah mandiri sebelum dibuang ke lingkungan sekitar. Selain itu, tingginya tingkat kepadatan siswa anak-anak dan remaja memerlukan standar proteksi kebakaran yang sangat ketat untuk meminimalisir risiko penanganan evakuasi darurat (Maulana et al., 2024; Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017; Ratnayanti et al., 2019).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji sistem utilitas pada beragam tipologi bangunan gedung. Dasinangon et al. (2022) melakukan evaluasi sistem plumbing pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dan menemukan bahwa ketidaksesuaian dimensi pipa penyalur menyebabkan fluktuasi pasokan air kotor dan grey water di area toilet. Maulana et al. (2024) menganalisis risiko kebakaran dan sistem hidran pada gedung perkuliahan di Jakarta, menegaskan bahwa penentuan titik hidran dan tekanan pipa tegak sangat dipengaruhi oleh fungsi ruang serta prediksi beban hunian. Lebih lanjut, Susanto et al. (2024) menyoroti pentingnya kepatuhan terhadap SNI 8153:2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015) dalam perencanaan perpipaan untuk mencegah kegagalan sistem plumbing pada hunian publik dan komersial. Penelitian lain mengkaji perencanaan sistem plambing air bersih dan air buangan pada gedung pendidikan (Riyanti et al., 2018; Sugiarto, 2023), sistem plambing dan hidran kebakaran pada bangunan hotel (Lilipaly et al., 2021), evaluasi sistem proteksi aktif dan pasif pada gedung sekolah (Ratnayanti et al., 2019), serta perencanaan tangki

septik dan sistem resapannya (Arthono et al., 2022; Sudarmadji & Hamdi, 2013). Namun, sebagian besar studi terdahulu cenderung memfokuskan analisis secara terpisah—hanya meninjau pasokan air bersih saja, pengolahan air limbah saja, atau sebatas kajian proteksi kebakaran secara independen (Ariesta, 2016; Suhardiyanto, 2016).

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, terdapat research gap di mana masih terbatasnya penelitian komprehensif yang mengintegrasikan evaluasi teknis simultan antara sistem plumbing (air bersih dan air kotor) dengan ketersediaan sarana proteksi kebakaran aktif khusus pada infrastruktur gedung sekolah bertingkat tinggi di daerah berkembang. Novelty dari penelitian ini terletak pada pendekatan evaluasi komparatif teknis terpadu berdasarkan data aktual proyek (as-built) Sekolah Citra Kasih Manado, yang memadukan perhitungan beban Hunter's Fixture Unit (HFU) dan Drainage Fixture Unit (DFU) secara mendetail dengan verifikasi kepatuhan tiga regulasi teknis utama Indonesia sekaligus: SNI 8153:2015 (Sistem Plambing; Badan Standardisasi Nasional, 2015), SNI 03-2398:2002 (Tangki Septik; Badan Standardisasi Nasional, 2002), serta SNI 03-1745-2000 (Sistem Pipa Tegak dan Hidran; Badan Standardisasi Nasional, 2000a).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus (case study). Penelitian deskriptif kuantitatif dipilih untuk menggambarkan, menghitung, serta mengevaluasi kondisi riil kapasitas dan performa sistem utilitas yang terpasang pada bangunan gedung secara numerik berdasarkan baku mutu teknis. Pendekatan studi kasus dilakukan secara mendalam pada objek tunggal, yaitu Gedung Sekolah Citra Kasih Manado yang berlokasi di Jl. Ringroad Winangun Satu, Malalayang, Kota Manado.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh elemen fisik dan jaringan sistem utilitas bangunan Sekolah Citra Kasih Manado. Sampel penelitian ditentukan secara jenuh (saturated sampling) pada subsistem utama yang menjadi fokus penelitian, yaitu: (1) Jaringan plumbing air bersih beserta tangki penampung; (2) Jaringan plumbing air kotor dan unit pengolahan limbah (septic tank); serta (3) Perangkat proteksi kebakaran aktif meliputi titik detektor alarm dan titik hidran terpasang di seluruh lantai (Lantai 1 hingga Lantai 4 dan Atap).

Data Penelitian

Data penelitian bersumber dari dua kategorial data:

Data Primer: Diperoleh melalui observasi fisik langsung di lapangan terhadap komponen instalasi perpipaan (jenis material, diameter pipa, slope), pengamatan jumlah dan spesifikasi fixture sanitasi (kloset, wastafel, urinoir, floor drain), inspeksi visual unit tangki air (ground tank dan roof tank), serta inventarisasi titik detektor kebakaran dan box hidran terpasang.

Data Sekunder: Diperoleh dari dokumen teknis proyek kontraktor pelaksana (PT. Sinar Waringin Adikarya), meliputi gambar kerja (shop drawings), spesifikasi teknis material (material approval), serta data profil harian pengguna gedung.

Pengukuran Variable

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar ceklis observasi instalasi teknis, alat ukur dimensi/diameter pipa, kamera dokumentasi, serta tabel-tabel konversi standar Hunter's Fixture Unit (HFU) dan Drainage Fixture Unit (DFU) yang bersumber dari SNI 8153:2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan secara komparatif kuantitatif melalui tahapan berikut:

Analisis Air Bersih: Menghitung total kebutuhan harian (Q) berdasarkan jumlah pengguna gedung (N) dikalikan standar konsumsi (q) sesuai SNI 8153:2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015). Menghitung kapasitas tangki penyimpanan ($V_{\text{tangki}} = Q_{\text{harian}} \times S_f$) dengan faktor keamanan ($S_f = 1,2$). Menentukan debit puncak (Q_p) menggunakan akumulasi HFU (Noerbambang & Morimura, 1993), kemudian menghitung diameter pipa utama (D) menggunakan persamaan kontinuitas $Q = A \times v$ dengan pembatasan kecepatan aliran izin $v = 0,6 - 1,5$ m/s

Analisis Air Kotor: Menghitung debit air kotor ($Q_{\text{kotor}} = 80\% \times Q_{\text{bersih}}$) sebesar 80% dari konsumsi air bersih. Menghitung kapasitas septic tank ($V_h = Q_{\text{black-water}} \times t_d$) berdasarkan waktu detensi V_h dan akumulasi lumpur V_s sesuai SNI 03-2398:2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Mengevaluasi kemiringan perpipaan horizontal (1–2%) dan kecukupan DFU.

Analisis Proteksi Kebakaran: Merekapitulasi sebaran unit detektor (heat/smoke) dan Indoor Hydrant Box (IHB) per lantai, lalu membandingkan kepadatan lokasi dan ketersediaan data teknis terhadap SNI 03-3985-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000b) dan SNI 03-1745-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000a). Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada fokus kajian yang terbatas pada aspek matematis desain plumbing serta data sekunder shop drawings, tanpa melakukan uji tekanan hidrodinamika air langsung menggunakan flowmeter atau pengujian tekanan pompa di tempat (onsite flow test).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Umum Bangunan Gedung

Bangunan Sekolah Citra Kasih Manado memiliki spesifikasi teknis umum sebagai berikut:

- Fungsi Bangunan: Fasilitas Pendidikan Gedung Sekolah
- Dimensi Bangunan: Panjang 61,575 m | Lebar 21,550 m | Tinggi Total 23,98 m (4 Lantai + Atap)
- Luas Bangunan Total: 1.324,94 m²
- Total Pengguna Gedung: 500 Orang (420 Siswa, 50 Guru & Staf, 30 Tamu/ Pengunjung)

Analisis Sistem Plumbing Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih mengacu pada standar SNI 8153:2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015) dengan pemakaian 40 L/ orang/ hari untuk siswa, 60 L/ orang/ hari untuk guru dan staf, dan 20 L/ orang/ hari untuk tamu.

Tabel 1. Analisis Kebutuhan Air Bersih Harian

No	Kategori Pengguna	Jumlah (Orang)	Standar Konsumsi (L/ Orang/ Hari)	Total Kebutuhan (L/ Hari)
1	Siswa	420	40	16.800
2	Guru & Staf	50	60	3.000
3	Tamu / Pengunjung	30	20	600
TOTAL DEMAND (Q)		500	-	20.400 L/hari (20,4 m³/ hari)

Kapasitas penampungan air bersih direncanakan mengantisipasi cadangan operasional 1 hari penuh dengan faktor keamanan $S_f = 1,2$:

$$V_{\text{tangki}} = Q_{\text{harian}} \times S_f = 20,4 \text{ m}^3 \times 1,2 = 24,48 \text{ m}^3 \approx 25 \text{ m}^3$$

Sistem tangki menggunakan skema kombinasi Ground Tank (15 m³) berstruktur beton bertulang dan Roof Tank (10 m³) berbahan *fiberglass*. Distribusi air dari roof tank ke fixture di tiap lantai memanfaatkan gaya gravitasi bumi.

Penentuan dimensi pipa utama air bersih dilakukan dengan menghitung *Hunter's Fixture Unit* (HFU). Berdasarkan rekapitulasi 21 Kloset, 19 Wastafel, 13 Urinoir, 21 Jet Shower, dan 40 Floor Drain, diperoleh total beban 133 FU yang menghasilkan debit puncak (Q_p) sebesar $\pm 1,95$ L/detik. Melalui persamaan kontinuitas dengan kecepatan aliran izin ($v = 1,2$ m/s):

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,00195}{1,2} = 0,001625 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \approx 45,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan pipa PPR } \varnothing 50 \text{ mm (1,5 inci)}$$

Verifikasi kecepatan aliran pada pipa $\varnothing 50$ mm menghasilkan $v = 0,99$ m/s (aman dalam rentang 0,6 - 1,5 m/s sesuai SNI 8153:2015).

Analisis Sistem Plumbing Air Kotor

Debit air kotor dihitung dengan mengaplikasikan koefisien pengaliran (return factor) sebesar 80% dari total konsumsi air bersih:

$$Q_{\text{kotor}} = 80\% \times 20,4 \text{ m}^3/\text{hari} = 16,32 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit ini terbagi menjadi *Black Water* (60% = 9,79 m³/hari) dan *Grey Water* (40% = 6,53 m³/hari). Total Drainage Fixture Unit (DFU) terhitung sebesar 209 DFU, sehingga pipa pembuangan utama dialirkan menggunakan pipa PVC AW diameter 100 mm (4 inci) dengan kemiringan 1 - 2%.

Perhitungan kapasitas septic tank berdasarkan SNI 03-2398:2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002) mencakup volume ruang basah (V_h) dengan waktu detensi 2 hari dan volume pengendapan lumpur (V_s) untuk periode pengurasan 3 tahun:

$$V_h = 9,79 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ hari} = 19,58 \text{ m}^3$$

$$V_s = 500 \text{ pengguna} \times 3 \text{ tahun} \times 0,03 \text{ m}^3/\text{orang}/\text{tahun} = 45 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{septic}} = V_h + V_s = 64,58 \text{ m}^3 \approx 65 \text{ m}^3 \text{ (dibagi 2 unit paralel @ 32,5 m}^3\text{)}$$

Analisis Sistem Proteksi Kebakaran

Pada proyek terpasang dua unit septic tank yang disusun secara paralel, masing-masing berkapasitas $32,5 \text{ m}^3$, sehingga total kapasitas mencapai 65 m^3 . Sistem ini dilengkapi dengan bidang resapan (absorption field) seluas 30 m^2 (Arthono et al., 2022; Sudarmadji & Hamdi, 2013). Perencanaan ini memberikan ketahanan operasional yang sangat baik. Implikasi praktis dari penggunaan 2 unit sistem paralel ini adalah kemudahan pemeliharaan; saat satu unit sedang dalam proses pengurasan lumpur berkala, unit lainnya tetap dapat berfungsi menerima beban air kotor sekolah. Jika dibandingkan dengan temuan Dasinangon et al. (2022) pada gedung kampus yang mengalami kepenuhan septic tank akibat ketiadaan perhitungan akumulasi lumpur V_s , perencanaan pada Sekolah Citra Kasih Manado terbukti lebih komprehensif dan menjamin lingkungan sekolah bebas dari potensi pencemaran tanah serta bau tak sedap.

Sistem proteksi kebakaran aktif dirancang untuk memberikan penanganan dini darurat kebakaran (Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Berdasarkan gambar instalasi fire alarm, komponen detektor dan alarm terdistribusi sebagai berikut:

Tabel 2. Distribusi Komponen Sistem Fire Alarm per Lantai

Lantai	Rate of Rise (RoR) Heat Detector	Smoke Detector	Lampu Indikator & Alarm Bell	Manual Push Button
Lantai 1	13	4	2 Set	2
Lantai 2	10	4	2 Set	2
Lantai 3	10	4	2 Set	2
Lantai 4	6	5	2 Set	2

Untuk sistem hidran gedung, terpasang 2 unit Indoor Hydrant Box (IHB) pada setiap lantai dengan pipa tegak (riser) berdiameter 100 mm (4 inci) dan 1 unit Pillar Hydrant di area luar gedung. Debit standar yang dipersyaratkan mengacu pada SNI 03-1745-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000a) sebesar 250 - 500 USgpm. Sistem sprinkler otomatis sebagaimana diatur dalam SNI 03-3989-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000c) tidak termasuk dalam cakupan inventarisasi pada penelitian ini.

Rekapitulasi Evaluasi dan Kesesuaian Standar

Tabel 3. Ringkasan Evaluasi Kelayakan Sistem Utilitas Sekolah Citra Kasih Manado

No	Parameter Utilitas	Hasil Evaluasi Proyek	Acuan Standar	Status Kesesuaian
1	Kebutuhan Air Bersih	$20,4 \text{ m}^3/\text{hari}$ (500 Pengguna)	SNI 8153:2015	Memenuhi
2	Kapasitas Tangki Air	25 m^3 (GT 15 m^3 + RT 10 m^3)	SNI 8153:2015	Memenuhi
3	Pipa Utama Air Bersih	PPR Ø 50 mm ($v = 0,99 \text{ m/s}$)	SNI 8153:2015	Memenuhi

No	Parameter Utilitas	Hasil Evaluasi Proyek	Acuan Standar	Status Kesesuaian
4	Volume Debit Air Kotor	16,32 m ³ /hari (80% Buangan)	SNI 8153:2015	Memenuhi
5	Kapasitas Septic Tank	Total 25 m ³ (2x 7,5 m ³) + Resapan 30 m ²	SNI 03-2398:2002	Memenuhi
6	Sistem Hidran Gedung	2 Unit IHB/Lantai, Riser Ø 100 mm	SNI 03-1745-2000	Memenuhi

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis teknis yang telah dilakukan, perencanaan sistem plumbing air bersih dan air kotor pada proyek Sekolah Citra Kasih Manado terbukti telah memenuhi dua tujuan penelitian serta sesuai dengan standar regulasi yang berlaku di Indonesia. Kebutuhan air bersih sebesar 20,4 m³/hari untuk 500 pengguna berhasil dipenuhi oleh sistem tangki penampung kombinasi sebesar 25 m³; jaringan distribusi pipa PPR Ø 50 mm yang menghasilkan kecepatan aliran aman 0,99 m/s sesuai SNI 8153:2015. Sementara itu, debit air kotor sebesar 16,32 m³/hari. Terakomodasi secara teknis oleh 2 unit septic tank paralel berkapasitas total 65 m³ dan bidang resapan 30 m² sesuai ketentuan SNI 03-2398:2002. Mengenai tujuan penelitian kedua, sistem proteksi kebakaran aktif telah terpasang secara tata letak pada seluruh lantai gedung mengacu pada SNI 03-3985-2000 dan SNI 03-1745-2000. Namun demikian, klaim tingkat kesiapan penuh sistem hidran perlu disikapi secara terukur mengingat evaluasi kapasitas debit dan tekanan riil air di lapangan masih memerlukan kelengkapan data pengujian operasional (*commissioning test*) lebih lanjut.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasil. Pertama, kajian dibatasi pada satu objek studi kasus sehingga temuan belum dapat digeneralisasi pada gedung sekolah lain yang memiliki karakteristik hunian, kondisi topografi, dan konfigurasi sistem yang berbeda. Kedua, analisis bertumpu pada perhitungan desain, data sekunder berupa gambar kerja (*shop drawings*), dan observasi visual, tanpa pengukuran langsung di lapangan seperti uji aliran menggunakan flowmeter maupun uji tekanan pompa, sehingga kinerja hidrolis sistem terpasang belum terverifikasi secara empiris. Ketiga, kebutuhan air bersih dan debit air kotor dihitung menggunakan standar konsumsi dan koefisien pengaliran normatif, bukan data pemakaian aktual yang dipantau selama gedung beroperasi. Keempat, evaluasi proteksi kebakaran aktif terbatas pada inventarisasi dan sebaran detektor serta hidran, belum mencakup pengujian debit dan tekanan air pada sistem hidran sebagaimana dipersyaratkan SNI 03-1745-2000.

Guna meningkatkan kualitas operasional dan keberlanjutan sistem utilitas bangunan, rekomendasi teknis yang disarankan meliputi pemasangan water meter pada tiap lantai untuk deteksi dini kebocoran, penambahan *Pressure Reducing Valve (PRV)* pada lantai 1 untuk menstabilkan tekanan, serta pemasangan grease trap pada saluran buangan kantin sebelum terhubung ke drainase utama. Bagi pihak pengelola sekolah, pemeliharaan berkala berupa pengurasan septic tank setiap 3 tahun dan pengujian berkala fungsi pompa hidran sangat dianjurkan. Untuk penelitian selanjutnya, dan sebagai tindak lanjut atas keterbatasan di atas, disarankan agar peneliti berikutnya: (1) melakukan uji lapangan berupa pengukuran debit dan tekanan dinamik pada jaringan air bersih serta sistem hidran, termasuk *commissioning test*, untuk memverifikasi hasil perhitungan desain; (2) membangun pemodelan simulasi hidrolis perpipaan menggunakan perangkat lunak seperti EPANET guna menguji kinerja sistem pada

kondisi beban puncak; (3) memantau pemakaian air aktual selama masa operasional dan membandingkannya dengan standar konsumsi SNI 8153:2015, termasuk pengujian kualitas air bersih; (4) menerapkan kerangka evaluasi yang sama pada beberapa gedung sekolah dengan tipologi dan kondisi geografis berbeda agar temuan dapat diperbandingkan dan digeneralisasi; serta (5) memperluas cakupan analisis pada subsistem utilitas lain seperti *performa Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* dan audit konsumsi energi bangunan sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthono, A., Salman, N., Lutfi, M., & Taqwa, F. M. L. (2022). Perencanaan pembangunan tangki septik komunal di Kelurahan Kedoya Selatan, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 6(2), 83–91. <https://doi.org/10.32832/komposit.v6i2.7203>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000a). SNI 03-1745-2000: Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem pipa tegak dan slang untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000b). SNI 03-3985-2000: Tata cara perencanaan, pemasangan dan pengujian sistem deteksi dan alarm kebakaran untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000c). SNI 03-3989-2000: Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem sprinkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-2398-2002: Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). SNI 03-7065-2005: Tata cara perencanaan sistem plambing.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 8153:2015: Sistem plambing pada bangunan gedung.
- Dasinangon, Y. S. A., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. I. (2022). Evaluasi terhadap sistem plambing air bersih dan air buangan di gedung dekanat Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. *Tekno*, 20(82), 1253–1258. <https://doi.org/10.35793/jts.v20i82.46279>
- Fianti, D. A. (2021). Efektivitas penggunaan modul sistem utilitas bangunan gedung (SUBG) untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas XI SMK Negeri 2 Depok. *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, 3(2), 192–201. <https://doi.org/10.21831/jpts.v3i2.45361>
- Lilipaly, I. P., Badriani, R. E., & Dhokhikah, Y. (2021). Perencanaan sistem plambing dan hidran kebakaran pada proyek pembangunan Hotel Pesona Alam. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(2), 266–279. <https://doi.org/10.22225/pd.10.2.2818.266-279>
- Maulana, F., Ashari, M. L., & Anindita, G. (2024). Fire risk assessment dan perencanaan sistem proteksi kebakaran aktif pada gedung perkuliahan di Jakarta. *Journal of Safety, Health, and Environment Engineering*, 2(1), 38–50. <https://doi.org/10.35991/jshee.v2i1.30>
- Menteri Pekerjaan Umum. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/PRT/M/2017 tentang persyaratan kemudahan bangunan gedung. Kementerian PUPR.
- Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (1993). Perencanaan dan pemeliharaan sistem plambing. Pradnya Paramita.

- Ratnayanti, K. R., Hajati, N. L., & Trianisa, Y. (2019). Evaluasi sistem proteksi aktif dan pasif sebagai upaya penanggulangan bahaya kebakaran pada gedung sekolah X Bandung. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(3), 179–192.
- Riyanti, A., Marhadi, M., & Saputra, N. W. (2018). Perencanaan sistem plambing air bersih dan air buangan gedung SMK Negeri 3 Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 35–40. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.7>
- Sudarmadji, & Hamdi. (2013). Tangki septik dan peresapannya sebagai sistem pembuangan air kotor di permukiman rumah tinggal keluarga. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 134–142. <https://doi.org/10.53893/pilar.v9i2.405>
- Sugiarto, B. (2023). Studi tinjauan perencanaan sistem plumbing air bersih (studi kasus: Gedung Sekolah Tinggi Ilmu Bahasa Arab). *Sinergi*, 21(1), 13–30. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i1.4192>
- Suhardiyanto. (2016). Perancangan sistem plambing instalasi air bersih dan air buangan pada pembangunan gedung perkantoran bertingkat tujuh lantai. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(3), 90–97. <https://doi.org/10.22441/jtm.v5i3.1208>
- Susanto, D. A., Ayuningtyas, U., Buwana, E., & Emelia, T. (2024). Perceptions of consumers, housing supervisors, and design engineers of public housing on the plumbing system. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 146–152. <https://doi.org/10.55981/jtl.2024.3558>