

Analisis Sistem Utilitas pada Proyek Pembangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado

Simon Ijje ^{1✉}, Olivia Moningka ², Dian Puspita Sari ³

(1,2,3) Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

Abstrak: Sistem utilitas merupakan komponen penting yang mendukung fungsi operasional suatu bangunan gedung, termasuk bangunan laboratorium kesehatan masyarakat yang membutuhkan ketersediaan air bersih dan pengelolaan air kotor secara memadai. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan dan kapasitas sistem utilitas air bersih serta air kotor pada proyek pembangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan data primer berupa gambar denah instalasi plambing dan data sekunder berupa jurnal serta pedoman SNI 8153:2015. Perhitungan meliputi kebutuhan air harian, jam puncak, dan menit puncak, dimensi bak penampung bawah (ground water tank), bak penampung atas (roof tank), head dan daya pompa, serta dimensi tangki septik. Hasil penelitian menunjukkan total kebutuhan air bersih sebesar 4.250 liter/hari dengan volume efektif ground water tank 2,517 m³ dan roof tank 1,134 m³. Pompa transfer membutuhkan daya sekitar 124,6 watt, sedangkan booster pump memerlukan tekanan minimum 1,35 kgf/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa sistem utilitas yang direncanakan telah memenuhi kebutuhan operasional gedung.

Abstract: Utility systems are essential components that support the operational functions of buildings, including public health laboratory facilities that require adequate clean water supply and wastewater management. This study aims to analyze the requirements and capacity of the clean water and wastewater utility systems in the construction project of the Manado City Public Health Laboratory. A quantitative approach was employed, using primary data in the form of plumbing installation layout drawings and secondary data consisting of relevant journals and the SNI 8153:2015 standard. The calculations included daily water demand, peak-hour and peak-minute demand, dimensions of the ground water tank and roof tank, pump head and power requirements, as well as septic tank dimensions. The results showed that the total clean water demand was 4,250 liters/day, with an effective ground water tank volume of 2.517 m³ and a roof tank volume of 1.134 m³. The transfer pump required approximately 124.6 watts of power, while the booster pump required a minimum pressure of 1.35 kgf/cm². These results indicate that the planned utility systems adequately meet the operational requirements of the building.

Article history:

Received: 20 August 2026

Revised: 25 September 2026

Accepted: 07 October 2026

Published: 15 October 2026

Kata kunci:

sistem utilitas, plambing, air bersih, air kotor, laboratorium

Keyword:

utility system, plumbing, clean water, wastewater, laboratory

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](#).



How to cite: Ijje, S., Moningka, O., & Sari, D. P. (2026). Analisis Sistem Utilitas pada Proyek Pembangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado. RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik, 4(4), 1588–1600. <https://doi.org/10.70716/reswara.v4i4.829>

PENDAHULUAN

Utilitas bangunan gedung merupakan salah satu kelengkapan fasilitas yang menunjang aktivitas di dalam maupun di luar bangunan (Tanggoro, 2004). Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi telah memungkinkan berbagai bangunan dengan struktur kompleks dibangun dengan sistem yang baik. Pembangunan gedung harus memenuhi aspek keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan, sehingga keberadaan utilitas bangunan menjadi prasyarat mutlak (Pasal 7 ayat 3 UU Nomor 28 Tahun 2002). Pada bangunan pemerintahan seperti kantor, rumah sakit, dan laboratorium, utilitas berfungsi sebagai kelengkapan infrastruktur yang menunjang nilai fungsional

bangunan, meliputi kenyamanan, kesehatan, aksesibilitas, komunikasi, dan mobilitas penghuni di dalam gedung.

Sistem utilitas plambing menjadi komponen utama dalam menjamin fungsi, kenyamanan, dan kesehatan suatu bangunan. Direktorat Bina Teknik Bangunan Gedung dan Penyehatan Lingkungan telah menerbitkan SNI 8153:2015 yang mengatur tata cara perencanaan sistem plambing air minum, air limbah, dan air hujan pada bangunan gedung. Sistem utilitas air pada bangunan gedung terdiri atas sistem distribusi air bersih dan sistem pembuangan air kotor yang harus direncanakan sesuai dengan jumlah penghuni, jenis dan jumlah alat plambing, serta beban unit alat plambing agar kapasitas terpasang sesuai dengan kebutuhan operasional bangunan (Erwanto et al., 2023; Meilani et al., 2017).

Sebagai fasilitas pelayanan kesehatan, Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado memerlukan perencanaan sistem air bersih dan air kotor yang tepat agar dapat mendukung aktivitas pemeriksaan, pengujian, dan pelayanan masyarakat secara optimal tanpa mengabaikan aspek kesehatan lingkungan (Novarizal et al., 2022; Pinangkaan et al., 2025; Rahayu et al., 2020).

Kajian mengenai sistem utilitas pada bangunan gedung di Kota Manado sejauh ini banyak difokuskan pada bangunan hotel dan perkantoran (Ruring et al., 2025), sedangkan kajian khusus pada bangunan laboratorium kesehatan masyarakat masih terbatas, meskipun karakteristik kebutuhan air bersih dan pengelolaan air kotor pada fasilitas kesehatan berbeda dengan bangunan komersial pada umumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan kapasitas sistem utilitas air bersih dan air kotor pada bangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado, meliputi perhitungan kebutuhan air, dimensi bak penampung, kapasitas pompa, serta dimensi sistem pembuangan air kotor, sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

Kajian mengenai sistem utilitas pada bangunan gedung di Kota Manado sejauh ini banyak difokuskan pada bangunan hotel dan perkantoran (Ruring et al., 2025), sedangkan kajian khusus pada bangunan laboratorium kesehatan masyarakat masih terbatas, meskipun karakteristik kebutuhan air bersih dan pengelolaan air kotor pada fasilitas kesehatan berbeda dengan bangunan komersial pada umumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan kapasitas sistem utilitas air bersih dan air kotor pada bangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado, meliputi perhitungan kebutuhan air, dimensi bak penampung, kapasitas pompa, serta dimensi sistem pembuangan air kotor, sesuai dengan standar teknis yang berlaku. berdasarkan keputusan menteri Kesehatan republic Indonesia nomor 1405MENKS/SK/XI/2002, bahwa air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan Kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih suatu bangunan, kebutuhan air bersih tergantung dari fungsi kegunaan bangunan, jumlah peralatan sanitasi dan jumlah penghuninya (Almeida et al., 2023; Gurung et al., 2016), kebutuhan air bersih dapat dihitung dengan tiga cara yaitu, berdasarkan jumlah penghuni, berdasarkan jenis dan jumlah alat plumbung dan berdasarkan beban unit alat plumbung (Raubaba & Hematang, 2017). Rumus rumus yang digunakan perhitungan kebutuhan air bersih didalam Gedung sebagai berikut;

Pemakaian Air Dalam Satu Hari

$$Q_d = \text{jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air per orang per hari}$$

kebutuhan air rata rata pemakaian per hari

$$Qh = \frac{Qd}{t}$$

Dimana :

Qh = pemakaian air rata - rata (1/ jam)

Qd = pemakaian air rata- rata (1/hari)

t = pemakaian air rata - rata (jam/hari)

Pemakaian Air Pada Jam Puncak

$$Qh - maks = C1.Qh$$

Dimana :

$Qh - maks$ = pemakaian air (l/jam)

C_1 = konstan 1,5 untuk bangunan rumah tinggal ,1,75 untuk bangunan perkantoran 2,0 untuk bangunan hotel/apartement

Qh = pemakaian rata- rata (l/jam)

Pemakaian Air Pada Menit Puncak

$$Qh - maks = C2.Qh$$

Dimana :

$Qh - maks$ = pemakaian air (l/jam)

C_1 = konstan 3,0 untuk bangunan rumah tinggal ,3,5 untuk bangunan perkantoran 4,0 untuk bangunan hotel/apartement

Qh = pemakaian rata- rata (l/jam)

Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan untuk menentukan volume tangki bawah, tangki atas, pompa dan sebagainya (Shelemo, 2023), Adapun untuk menentukan perhitungan dimensi bak air bawah (ground water tank) berdasarkan rumus menurut (Noerbambang & morimura, 2005) yaitu:

Penentuan Besarnya Kapasitas Pipa Dinas

$$Qs = \frac{1}{3} . Qh$$

Dimana ;

Qh = pemakaian air rata - rata (m /jam)

Qs = kapasitas pipa dinas (m/jam)

Dihitung Besarnya Volume Bak Air Bawah

$$volume\ GWT = [Qd - (Qs \times t)] \times T$$

Dimana :

Qd = pemakaian air rata - rata (m/ jam)

Qs = kapasitas pipa dinas (m/jam)

t = pemakaian air 1 hari (jam/ hari)

T = waktu penampung (hari)

Nilai konsumsi air yang di peroleh dengan metode ini biasanya di gunakan untuk menentukan volume tangki tangki atas, pompa, dll, perhitungan dimensi perdasarkan pasokan air dar PDAM terutama didasarkan pada variansi kebutuhan pemompan dari waktu ke waktu. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung tangki atas menurut (Noerbambang & morimura, 2005) .

METODE PENELITIAN

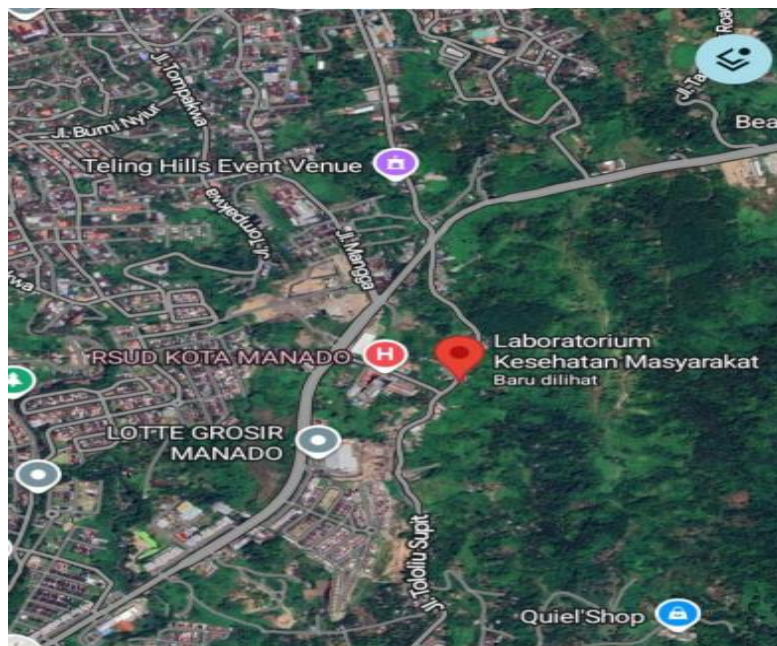
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif yang mengandalkan data gambar denah untuk mengetahui besarnya kebutuhan sistem utilitas air bersih dan air kotor.

Data dan Pengumpulan Data

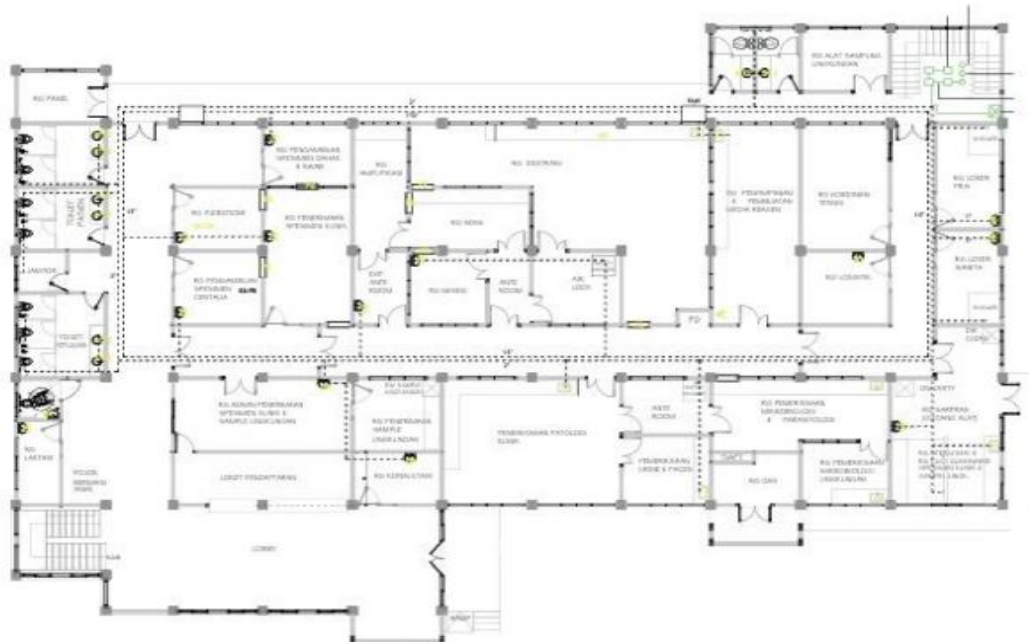
Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa gambar denah rencana instalasi plambing air bersih dan air kotor yang diperoleh melalui observasi lapangan dan dokumentasi proyek, sedangkan data sekunder berupa jurnal penelitian terdahulu dan pedoman standar.

Lokasi dan Objek Penelitian

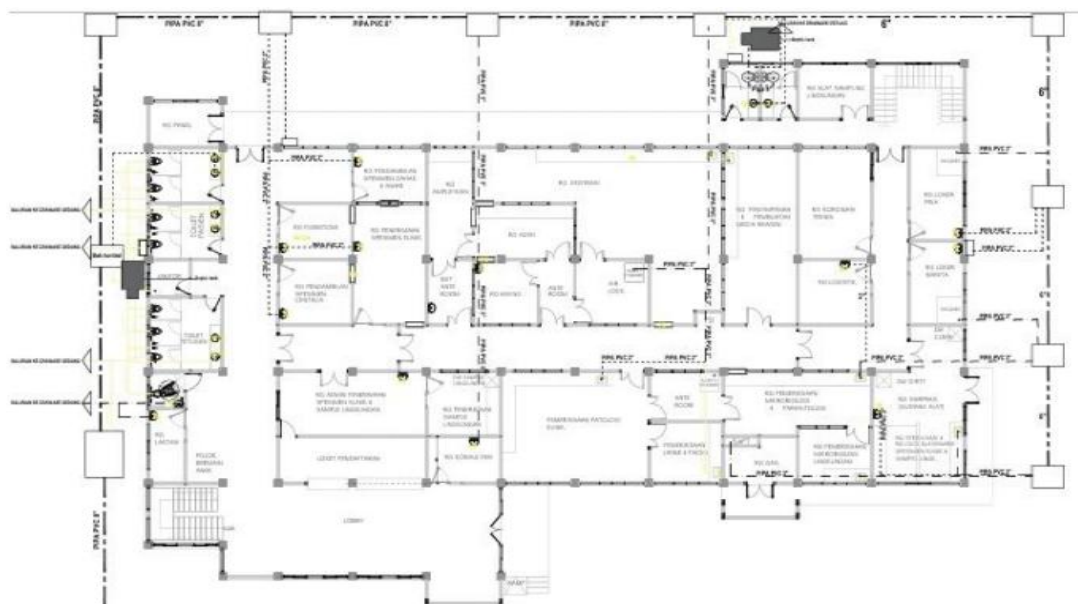
Lokasi penelitian berada pada proyek pembangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado di Jalan Tololiu Supit, Kelurahan Tingkulu, Kecamatan Wanea, Kota Manado, pada bangunan dua lantai.



Gambar 1. Lokasi Proyek



Gambar 2. Denah Rencana Air Bersih Lantai 1 Proyek



Gambar 3. Denah Rencana Air Kotor Lantai 1 Proyek

Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis data dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Pengumpulan data denah dan jumlah pengguna gedung.
2. Perhitungan kebutuhan air bersih harian, jam puncak dan menit puncak.
3. Penentuan dimensi ground water tank dan roof tank.
4. Perhitungan head dan daya pompa transfer maupun booster pump; dan
5. Penentuan dimensi sistem pembuangan air kotor dan tangki septik.

Proses perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan-persamaan berikut:

$$Qd = p \times q \quad (1)$$

Keterangan:

Qd = Kebutuhan Air per Hari, (L/hari)
 p = Jumlah Pemakai, (orng)
 q = Pemakaian Air Rata-Rata
 (orang/hari)

$$Qh = \frac{Qd}{t} \quad (2)$$

Keterangan:

Qh = Pemakaian Air Rata-Rata Selama
 Jam Operasi (L/jam)
 t = Rata-Rata Pemakaian Air Dalam 1
 Hari (jam/hari)

$$Qh - maks = C_1 \times Qh \quad (3)$$

Keterangan:

$Qh - maks$ = Pemakaian Air pada Jam
 Puncak (L/jam)
 C_1 = Konstanta Pengali
 1,5 = rumah tinggal
 1,75 = perkantoran
 2,0 = hotel/apartemen

$$Qm - maks = C_2 \times Qh \quad (4)$$

Keterangan:

$Qm - maks$ = Pemakaian Air pada
 Menit Puncak (L/menit)
 C_2 = Konstanta Pengali
 3,0 = rumah tinggal
 3,5 = perkantoran
 4,0 = hotel/apartemen

$$VGWT = [Qd - (Qs \times t)] \times T \quad (5)$$

Keterangan:

V_{GWT} = Volume Ground Water Tank
 (m³)
 Q_s = Kapasitas Pipa Dinas
 (m³/jam)
 $\frac{2}{3} Q_h$
 T = Waktu Penampung (1 hari)

$$VE = [(Qp - Qh - maks) \times Tp] - (Qpu \times Tpu) \quad (6)$$

Keterangan:

- V_E = Volume Efektif Roof Tank (m^3)
 Q_p = $Q_m - maks$ (L/menit)
 T_p = Jangka Waktu Kebutuhan (menit)
 Q_{pu} = Kapasitas Pompa Pengisi (m^3 /menit)
 T_{pu} = Jangka Waktu Pengisian (menit)

$$Q = \frac{\text{Volume Roof Tank}}{\text{Waktu Pemompaan}} \quad (7)$$

Keterangan:

- Q = Debit Pengaliran (m^3 /menit)

$$V = \frac{Q}{A} \quad (8)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan Pengaliran (m/detik)
 A = Luas Penampang Pipa (m^2)

$$H = hf + h_z \quad (9)$$

Keterangan:

- h_f = Kerugian Gesek Sepanjang Pipa (m)

$$f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

- h_z = Head Statis (m)
 H = Head Total Pompa (m)
 L = Panjang Pipa Asumsi (m)
 D = Diameter Pipa Pengalir (cm)

$$V = \frac{Q (m^3)}{\frac{1}{4} \pi D^2 \sqrt{\left(\frac{4Q}{v\pi}\right)^2}}$$

- F = Nilai Umum untuk Pipa Halus

$$PBP = (Pre + Pmin) \times 1,5 \quad (10)$$

Keterangan:

- P_{BP} = Tekanan Pada (kgf/m)
 P_{re} = Tekanan Distribusi Air Bersih (kgf/cm²)

P_{min} = Tekanan Minimal yang
Dipersyaratkan (kgf/cm²)

$$V = n \times v \quad (11)$$

Keterangan:

V = Volume Air Kotor (m³)

N = P

V = Asumsi Produksi Air Kotor per
Orang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Bersih dan Kotor

Mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan jumlah pengguna dan standar pemakaian air sebesar 50 liter/orang/hari.

Gedung ini direncanakan melayani tiga kelompok pengguna, yaitu pegawai, pengunjung, dan pasien, dimana total kebutuhan air bersih gedung adalah 4.250 liter/hari, sedangkan kebutuhan air kotor diasumsikan sebesar 80% dari kebutuhan air bersih sesuai SNI 03-7065-2005 tentang tata cara perencanaan sistem plambing. Untuk perhitungan kebutuhan air (Q_d) yang bersih dihitung menggunakan Persamaan (1), sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Kebutuhan Air Gedung Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado

Pemakai	Jumlah	Air Bersih (L/hari)	Air Kotor (L/hari)	Cadangan Kapasitas (%)	Kebutuhan Air			
					Rencana (L/jam)	Rata- rata (L/jam)	Jam Puncak (L/jam)	Menit Puncak (L/menit)
Pegawai	50	2500	2000					
Pengunjung	15	750	600	70	2975	371.88	650.78	21.69
Pasien	20	1000	800					
Total	85	4250	3400					

Dengan mempertimbangkan faktor cadangan kapasitas sebesar 70%, kebutuhan air rencana menjadi 2,975 m³/hari. Untuk kebutuhan air rata-rata (Q_h) dihitung dengan Persamaan (2) sehingga diperoleh 0,371875 m³/jam atau 371,875 liter/jam.

Kebutuhan air pada jam puncak dihitung dengan Persamaan (3), dengan konstanta $C_1 = 1,75$ untuk bangunan perkantoran, sehingga: didapat 650,78 liter/jam atau 0,651 m³/jam.

Kebutuhan air pada menit puncak dihitung dengan Persamaan (4), dengan konstanta $C_2 = 3,5$, sehingga didapat 21,69 liter/menit.

Perencanaan *Ground Water Tank* (GWT)

Volume efektif bak air bawah (*ground water tank*) ditentukan menggunakan Persamaan (5). Dari perhitungan kapasitas pipa dinas (Q_s) didapat:

$$\frac{2}{3} \times 0,37975 = 0,25167 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume efektif *ground water tank* kemudian dihitung:

$$VGWT = [2,9750 - (0,25167 \times 8)] \times 1$$

$$VGWT = 2,517 \text{ m}^3$$

Berdasarkan hasil tersebut, dimensi fisik bak air bawah yang digunakan adalah 1,3 m x 1,3 m x 1,8 m dengan volume total 3,042 m³, sehingga kapasitas tangki mampu menampung kebutuhan air bersih gedung dengan margin cadangan yang memadai.

Perencanaan *Roof Tank*

Volume efektif bak air atas (*roof tank*) dihitung dengan Persamaan (7), dengan:

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_m - maks \\ &= 0,022152 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$Q_h - maks = 0,0113 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_p = 60 \text{ menit}$$

$$Q_{pu} = Q_h - maks$$

$$T_{pu} = 20 \text{ menit}$$

$$VE = [(0,0222 - 0,0113) \times 60] - (0,0113 \times 20)$$

$$VE = 0,010852 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan tersebut menghasilkan volume efektif *roof tank* sebesar 0,885 m³. Dimensi fisik *roof tank* yang digunakan pada perencanaan ini adalah 0,9 m x 0,9 m x 1,4 m dengan volume total 1,134 m³, ditempatkan pada posisi tertinggi bangunan agar air dapat mengalir secara gravitasi menuju titik-titik pemakaian.

Perhitungan *Head* dan Daya Pompa

Debit pengaliran pompa transfer dihitung dengan Persamaan (8), sehingga:

$$Q = \frac{0,8852}{20} = 0,04426 \text{ m}^3/\text{menit}.$$

Kecepatan aliran dihitung dengan Persamaan (9), menghasilkan kecepatan aliran aktual sebesar 0,066 m/detik.

Head total pompa dihitung dengan Persamaan (10), sehingga:

$$h_z = 8,1 \text{ m}$$

$$h_f = 0,51 \text{ m}$$

$$H = 8,1 + 0,51 = 8,61 \text{ m}.$$

Daya pompa dihitung dengan Persamaan (6), dengan:

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0,001475 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Sehingga:

$$P = 1.000 \times 9,81 \times 0,001475 \times 8,61$$

$$P = 124,6 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil tersebut, dipilih pompa water pump yang dari Ground water tank transfer dengan spesifikasi 200 watt untuk memberikan margin keamanan operasional.

Tekanan minimum booster pump dihitung dengan Persamaan (11), dengan:

$$P_{re} = 0,1996 \text{ kgf/cm}^2$$

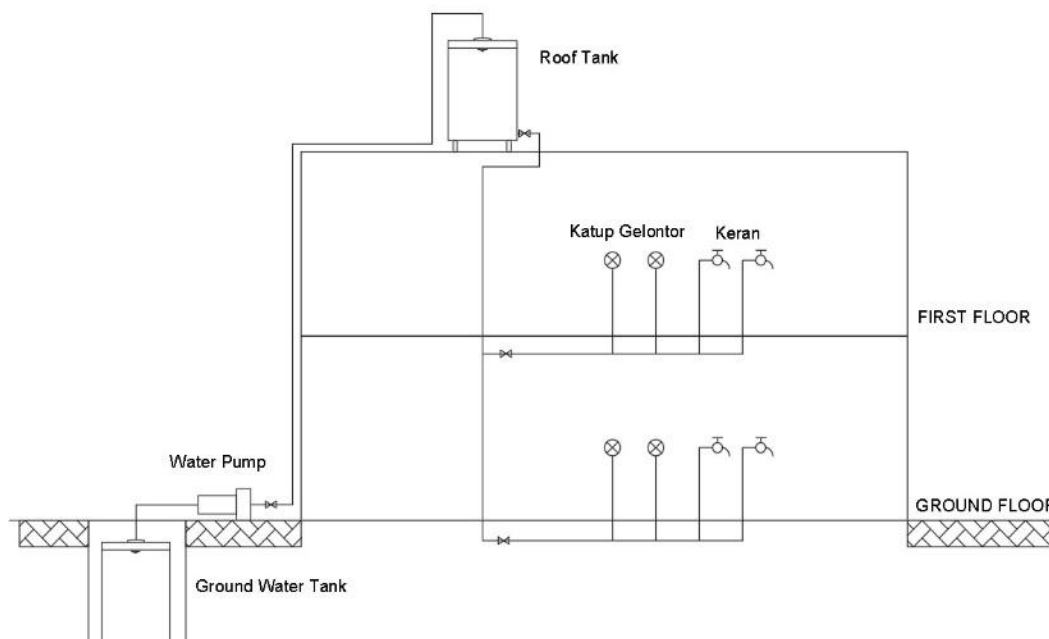
$$P_{min} = 0,7 \text{ kgf/cm}^2$$

Sehingga:

$$PBP = (0,1996 + 0,7) \times 1,5$$

$$PBP = 1,35 \text{ kgf/cm}^2$$

dengan laju aliran sebesar 3,59 liter/detik agar distribusi air pada lantai 1 dan 2 tetap stabil.



Gambar. 4 jalur distribusi air

Perencanaan Sistem Air Kotor dan Tangki Septik

Sistem pembuangan air kotor dari kamar mandi, sower, wastafel pada gedung direncanakan menggunakan pipa PVC berdiameter 110 mm (4 dan 2 inci) yang mengalirkan air buangan menuju tangki septic. Volume air kotor dihitung dengan Persamaan (12), sehingga:

$$V = 85 \times 0,057 = 4,845 \text{ m}^3.$$

Dimensi tangki septik ditentukan dengan mengasumsikan kedalaman efektif 1,8 m dan lebar 2,3 m, sehingga panjang tangki yang diperlukan untuk menampung volume tersebut diperoleh sebesar 4,6 m, menghasilkan ukuran ruang tangki septik 1,8 m x 2,3 m x 4,6 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, sistem utilitas air bersih dan air kotor pada proyek pembangunan Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Manado telah direncanakan sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Total kebutuhan air bersih gedung sebesar 4.250 liter/hari dengan kebutuhan air kotor sebesar 3.400 liter/hari mampu dipenuhi melalui ground water tank berkapasitas efektif 2,517 m³ dan roof tank berkapasitas efektif 0,885 m³. Sistem distribusi air bersih membutuhkan pompa transfer berdaya 124,6 watt serta booster pump dengan tekanan minimum 1,35 kgf/cm² untuk menjamin tekanan air yang stabil pada seluruh lantai.

Sistem pembuangan air kotor menggunakan pipa berdiameter 110 mm menuju tangki septik dengan kapasitas yang disesuaikan terhadap jumlah pengguna gedung. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan sistem utilitas gedung laboratorium kesehatan perlu memperhatikan jumlah dan pola aktivitas pengguna, standar SNI yang berlaku, serta ketersediaan ruang untuk penempatan bak penampung dan tangki septik.

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan kajian lebih lanjut mengenai efisiensi energi pompa, potensi penerapan alat plambing hemat air, serta evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah pada bangunan laboratorium kesehatan sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, M. C., Vieira, P., & Silva, J. (2023). A digital integrated methodology for semi-automated analysis of water efficiency in buildings. *Buildings*, 13(12), Article 2911. <https://doi.org/10.3390/buildings13122911>
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *SNI 03-7065-2005 tentang tata cara perencanaan sistem plambing*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 8153:2015 tentang sistem plambing pada bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2025). *SNI 8153:2025 tentang sistem plambing pada bangunan gedung (revisi SNI 8153:2015)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Erwanto, Z., Ghifari, A. R., & Ulfyati, Y. (2023). Evaluasi sistem plambing instalasi air bersih dan air kotor berdasarkan beban unit alat saniter di gedung pelayanan BPKB Polres Sumenep. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i1.432>
- Fane, S., Reardon, C., & White, S. (2020). *Water efficiency labelling and standards scheme: Impact assessment*. Water Research Foundation.
- Gurung, T. R., Stewart, R. A., Beal, C. D., & Sharma, A. K. (2016). Smart meter enabled water end-use demand data: Platform for residential water conservation and efficiency analysis. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1230–1240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.098>
- International Association of Plumbing and Mechanical Officials. (2012). *Uniform plumbing code*. IAPMO.

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2002). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja perkantoran dan industri*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2015 tentang tata cara dan persyaratan teknis pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun dari fasilitas pelayanan kesehatan*. Kementerian LHK RI.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.5/Menlhk/Setjen/Kum.1/2/2018 tentang standar dan sertifikasi kompetensi penanggung jawab operasional pengolahan air limbah dan penanggung jawab pengendali pencemaran air*. Kementerian LHK RI.
- Komala, P. S., Nur, A., Ridwan, & Rinanda, B. L. (2025). Analisis alat plumbing hemat air di gedung perkantoran (studi kasus: Gedung Rektorat Universitas Andalas). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 11(1). <https://doi.org/10.20527/jukung.v11i1.22194>
- Meilani, S., Astuti, A. D., & Ratnaningsih. (2017). Design of plumbing system at Tunjungan Plaza Apartment, Surabaya. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 1(1), 55–72. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v1i1.2406>
- Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (2005). *Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing*. PT Pradnya Paramita.
- Novarizal, F. V., Pharmawati, K., & Nurprabowo, A. (2022). Perencanaan sistem plambing air bersih dan air limbah di Rumah Sakit X Bandung. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1), 95–104.
- Pinangkaan, P. D., Legrans, R. R. I., & Thambas, A. H. (2025). Analisis kinerja sistem plambing air bersih dan limbah pada gedung Rumah Sakit Sentra Medika Minahasa Utara. *TEKNO*, 23(92), 1489–1495.
- Poerbo, H. (1992). *Utilitas bangunan*. Djambatan.
- Rahayu, A. K., Pratama, Y., & Nurprabowo, A. (2020). Perencanaan sistem instalasi plambing air bersih dengan penerapan alat plambing hemat air di Rumah Sakit Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 914–920. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1918>
- Raubaba, H. S., & Hematang, Y. I. P. (2017). Analisis kebutuhan air bersih Gedung Fakultas Teknik Universitas Musamus. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 3(2), 54–64. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v3i2.78>
- Republik Indonesia. (2002). *Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 134.
- Ruring, K., Legrans, R. R. I., & Tungka, A. E. (2025). Analisis sistem plambing air bersih dan air buangan pada gedung Hotel Amaris Manado. *TEKNO*, 23(92), 1063–1071.
- Shelemo, A. A. (2023). Analisis perencanaan sistem jaringan pipa (plumbing) dan sistem reservoir air bersih pada bangunan gedung. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 14(2), 250–259. <https://doi.org/10.22225/pd.14.2.10980.250-259>
- Siregar, Z. H., Nasution, A. F., Mawardi, Puspita, R., Refiza, Nasution, A. S., Fazri, M., & Lubis, S. S. (2025). Optimalisasi sistem plumbing hemat air di Rusun Brimob Sampali Medan: Edukasi teknologi dan manajemen limbah cair. *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, 5(1), 329–340. <https://doi.org/10.54123/deputi.v5i1.399>
- Sunarno. (2005). *Mekanikal elektrik*. CV Andi Offset.

Tanggoro, D. (2006). *Utilitas bangunan*. Universitas Indonesia Press.

United States Environmental Protection Agency. (1992). *Energy Policy Act of 1992: Water efficiency standards for plumbing fixtures*. U.S. EPA.

World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). WHO Press.