



## Analisis Utilitas Pemanfaatan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*) pada Bangunan Gedung Gereja Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

Marselino Danel<sup>1</sup> Ahmad Yani Abas<sup>2</sup> Sudenroy Mentang<sup>3</sup> Franky Riccardo Tombokan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Prodi Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan teknik Sipil Politeknik Negeri Manado

E-mail : [marcelinodanel24@gmail.com](mailto:marcelinodanel24@gmail.com)

### *Abstrak*

Bangunan ibadah seperti gedung gereja memiliki karakteristik fluktuasi pola konsumsi air yang sangat spesifik, di mana puncak beban pemakaian terjadi pada akhir pekan atau hari raya keagamaan. Wilayah Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, dikenal memiliki potensi curah hujan tahunan yang sangat tinggi, namun limpasan air hujan dari atap gedung gereja belum dikelola secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem utilitas pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) yang terintegrasi pada bangunan gedung gereja guna mengoptimalkan penggunaan air non-potabel dan mendukung konsep infrastruktur hijau berkelanjutan. Metode yang digunakan bersifat deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan perhitungan teknis mengacu pada SNI 6725.1:2015, SNI 8153:2015, dan SNI 8456:2017. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan volume air hujan rata-rata jauh melebihi kebutuhan harian sebesar 1.000 liter/hari dengan dimensi Ground Water Tank (GWT) 2 m × 1 m × 2 m dan Roof Tank berkapasitas minimal 300 liter. Sistem filtrasi bertingkat menggunakan pasir silika, karbon aktif, dan kerikil terbukti efektif memurnikan kualitas fisik air hujan untuk kebutuhan non-potabel. Kesimpulannya, sistem pemanenan air hujan pada gedung gereja sangat layak diterapkan sebagai solusi konservasi air dan pengurangan beban drainase kawasan.

**Kata kunci**— air hujan; filtrasi; *rainwater harvesting*; sistem utilitas; SNI

### 1. PENDAHULUAN

Penyediaan air bersih yang berkelanjutan dan mandiri merupakan salah satu aspek paling kritis sekaligus menantang dalam pengelolaan utilitas bangunan gedung modern. Seiring dengan meningkatnya kesadaran global mengenai isu krisis lingkungan dan keterbatasan sumber daya alam, konsep bangunan hijau kini berfokus pada efisiensi pemanfaatan air. Dalam konteks tata rancang infrastruktur operasional secara keseluruhan, elemen mechanical, electrical, and plumbing (MEP) bertindak sebagai urat nadi yang sangat menentukan kinerja operasional, kenyamanan, serta tingkat keselamatan pengguna gedung. Perencanaan sistem MEP yang matang, termasuk di dalamnya rekayasa jaringan plambing, tidak boleh lagi hanya mengandalkan sumber air konvensional secara pasif, melainkan harus mulai mempertimbangkan efisiensi sumber daya secara menyeluruh dan terintegrasi.

Kebutuhan akan fleksibilitas dan keandalan sistem utilitas plambing ini menjadi jauh lebih mendesak ketika diterapkan pada bangunan dengan karakteristik fungsional yang unik, seperti bangunan ibadah atau gedung gereja. Berbeda secara signifikan dengan bangunan komersial, perkantoran, ataupun kawasan domestik rumah tinggal yang memiliki grafik konsumsi air cenderung stabil atau dapat diprediksi per harinya, gedung gereja menunjukkan fluktuasi pola konsumsi air yang sangat ekstrem dan spesifik. Beban puncak (peak load) pemakaian air pada kompleks rumah ibadah terjadi secara periodik dan terkonsentrasi penuh pada akhir pekan (hari Sabtu dan Minggu) serta masa-masa perayaan hari raya keagamaan besar. Sebaliknya, pada hari-hari kerja biasa (Senin hingga Jumat), tingkat aktivitas di dalam gedung menurun drastis sehingga konsumsi air harian berada pada titik yang sangat rendah. Pola fluktuasi yang timpang ini menuntut diterapkannya suatu strategi manajemen utilitas air yang tidak hanya fleksibel dalam menghadapi lonjakan beban sesaat, namun juga tetap andal, higienis, dan efisien sepanjang waktu.

Kabupaten Minahasa di Provinsi Sulawesi Utara secara geografis memiliki potensi hidrometeorologi yang sangat masif berupa curah hujan tahunan yang tergolong tinggi. Kendati demikian, kekayaan sumber daya air alami ini masih sering dipandang sebelah mata. Selama ini, limpasan air hujan yang jatuh menghantam permukaan atap gedung gereja yang umumnya memiliki luasan catchment area cukup besar, belum dikelola ataupun dimanfaatkan secara optimal. Air hujan tersebut dibiarkan begitu saja mengalir bebas menjadi air limpasan permukaan. Kerugian akibat pembiaran runoff ini bersifat ganda dan destruktif: di satu sisi, pengelola gedung kehilangan peluang emas untuk memanfaatkan sumber air alternatif gratis, sedangkan di sisi lain, volume limpasan air yang besar tersebut langsung membebani jaringan drainase kawasan secara berlebihan, sehingga secara akumulatif meningkatkan risiko genangan air serta banjir lokal di sekitar area tapak bangunan. Oleh karena itu, sosialisasi, edukasi, serta implementasi nyata mengenai integrasi utilitas MEP pada bangunan umum sangat diperlukan demi mewujudkan tata kelola lingkungan binaan yang ramah lingkungan..

Teknologi pemanenan air hujan atau rainwater harvesting (RWH) hadir sebagai sebuah solusi teknis, ekonomis, sekaligus ekologis yang sangat relevan untuk diintegrasikan secara sirkular ke dalam sistem utilitas bangunan gedung gereja di Minahasa. Prinsip dasar dari konsep ini bekerja dengan cara menangkap air hujan langsung dari area atap (catchment area), menyalurkannya melalui instalasi talang dan pipa vertikal, menyaringnya, lalu menyimpannya ke dalam tangki reservoir struktural. Air yang berhasil ditampung kemudian didistribusikan kembali untuk memenuhi kebutuhan air non-potabel (non-potable water demand), yang meliputi proses flushing urinoir dan kloset toilet, penyiraman tanaman di area lansekap, hingga kebutuhan pembersihan halaman luar gedung. Melalui substitusi kebutuhan air non-potabel menggunakan cadangan air hujan ini, ketergantungan pengelola terhadap pasokan air tanah dangkal maupun pasokan air bersih berbayar dari perusahaan daerah air minum (PDAM) dapat ditekan secara signifikan.

Agar sistem pemanenan air hujan ini mampu beroperasi secara aman, higienis, efisien, dan memiliki ketahanan struktural yang lama, seluruh aspek perencanaan teknis, penentuan dimensi, hingga tata letak sirkulasi sirkuit plambing wajib merujuk secara ketat pada regulasi dan standar teknis nasional yang berlaku di Indonesia. Kepatuhan terhadap standar seperti halnya kepatuhan terhadap Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) pada aspek elektrikal gedung merupakan instrumen mutlak untuk menjamin keselamatan publik serta keandalan operasional jangka panjang. Dalam konteks rekayasa sistem plambing air hujan ini, terdapat tiga pilar standar utama

yang menjadi parameter acuan, **SNI 6725.1:2015**, digunakan sebagai dasar analisis teoretis dalam menghitung penentuan kapasitas tangki berdasarkan proyeksi riil kebutuhan air bersih harian per individu. **SNI 8153:2015**, yang mengatur tentang tata cara perancangan sistem plambing pada bangunan gedung guna memastikan tekanan air statis dan higienitas sirkulasi pipa terjaga. **SNI 8456:2017**, yang memuat spesifikasi teknis baku mengenai konstruksi sumur resapan serta penampungan air hujan (PAH) khusus untuk pemanfaatan air non-potabel.

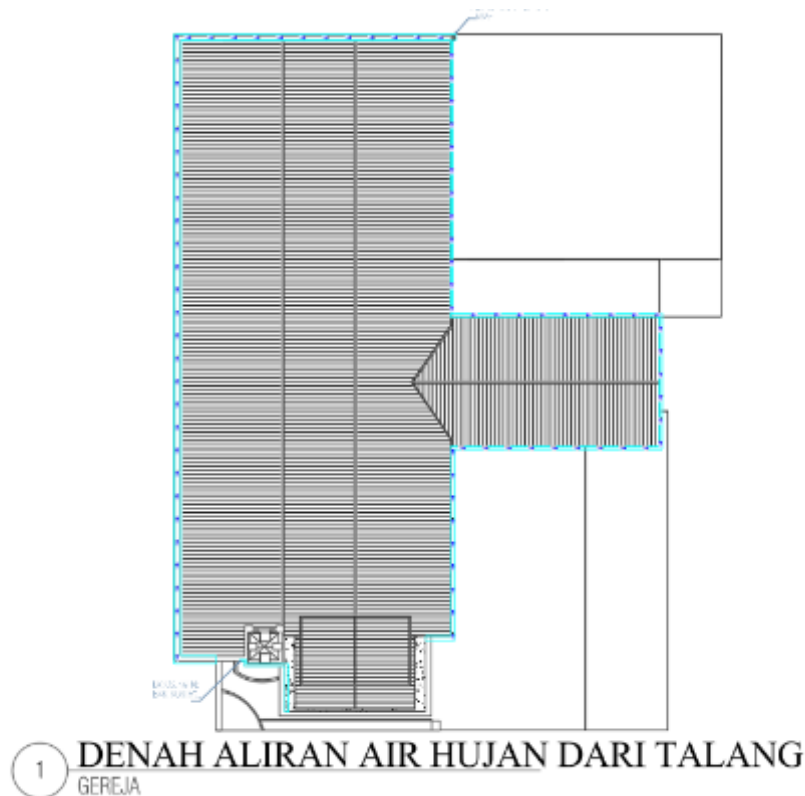
Melalui pendekatan deskriptif-kuantitatif yang terukur, penelitian ini secara khusus bertujuan untuk: (1) menyusun skema alur utilitas pemanenan air hujan yang aplikatif, efisien, dan sirkular pada tipologi gedung gereja; (2) menjelaskan mekanisme filtrasi multi-media bertingkat yang efektif memenuhi standar kebersihan fisik air non-potabel ; serta (3) menghitung dimensi teknis tangki penampung bawah (Ground Water Tank) dan tangki atas (Roof Tank) secara presisi berbasis analisis neraca air tahunan guna mewujudkan konsep infrastruktur hijau yang berkelanjutan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif untuk mengevaluasi, menghitung, dan merancang sistem utilitas pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) yang optimal pada bangunan gedung gereja di Kabupaten Minahasa. Alur metodologi pelaksanaan penelitian dirancang secara sistematis melalui 4 (empat) tahapan utama, mulai dari observasi lapangan hingga visualisasi rancangan sistem plambing.

### 2.1 Pengumpulan Data Teknis

Parameter dasar yang digunakan meliputi: luas atap efektif ( $A$ ) = 107.610 mm<sup>2</sup>; kategori lokasi Kota Sedang; standar kebutuhan air bersih 125 L/orang/hari (SNI 6725.1:2015); dan koefisien pengaliran atap ( $C$ ) = 0,9 untuk material atap logam/genteng rapat (SNI 8456:2017).



**Gambar 1.** Denah Aliran Air Hujan Dari Talang

## 2.2 Tahap Penentuan Parameter Perencanaan

- Kategori Lokasi: Kota Sedang.
- Standar Kebutuhan Air Bersih: Ditetapkan sebesar 125 Liter/orang/hari berdasarkan SNI 6725.1:2015.
- Koefisien Pengaliran Atap ( $C$ ): Ditetapkan nilai  $C = 0,9$  yang merujuk pada ketentuan SNI 8456:2017 untuk material atap logam atau genteng rapat, karena sifat permukaannya yang kedap air dan meminimalkan kehilangan air akibat absorpsi.

## 2.3 Tahap Perhitungan Analitis (Neraca Air dan Dimensi)

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan tiga rumus utama hidrolika dan utilitas bangunan:

- a) Kebutuhan Air Hujan Harian ( $Q_d$ ) Perhitungan untuk mengetahui total volume air non-potabel yang harus disuplai oleh sistem setiap harinya, mengacu pada SNI 6725.1:2015:  

$$Q_d = \Sigma (\text{Populasi} \times \text{Standar Kebutuhan})$$
- b) Volume Limpasan Air Hujan Bulanan ( $V_{\text{hujan}}$ )  
 Perhitungan potensi tangkapan air hujan dari atap gedung berdasarkan luas tangkapan dan curah hujan bulanan, mengacu pada SNI 8456:2017:

$$V_{\text{hujan}} : A \times R \times C$$

Keterangan :  $A$  = Luas atap efektif ( $\text{mm}^2$ )

$R$  = Tinggi curah hujan bulanan (mm)  
 $C$  = Koefisien Pengaliran (0,9)

c) **Dimensi dan Kapasitas Fisik Tangki (V tangki)**

Perhitungan volume penampungan struktural baik untuk *Ground Water Tank* (GWT) maupun *Roof Tank*:

$$V \text{ tangki} = P \times L \times T$$

Keterangan :  $P$  = Panjang (m)

$L$  = Lebar (m)

$T$  = Tinggi (m)

Analisis neraca air (*water balance*) dilakukan dengan membandingkan nilai  $V$  hujan (pasokan) terhadap  $Q_d$  (kebutuhan) secara akumulatif untuk mendeteksi kondisi *surplus* atau *defisit* air sepanjang tahun

Berdasarkan data populasi pengelola inti gedung gereja sebanyak 8 orang, kebutuhan air harian dihitung sebagai berikut:  $Q_d = 8 \text{ orang} \times 125 \text{ L/orang/hari} = 1.000 \text{ Liter/hari}$  ( $1 \text{ m}^3/\text{hari}$ ). Target kebutuhan bulanan adalah  $9,3 \text{ m}^3/\text{bulan}$ . Neraca air hujan bulanan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Neraca Air Hujan Bulanan januari hingga mei 2026, dan Akumulasi Isi Tangki GWT**

Bulan	Volume Air Hujan (m <sup>3</sup> )	Target Kebutuhan (m <sup>3</sup> )	Surplus/Defisit (m <sup>3</sup> )	Akumulasi GWT (m <sup>3</sup> )
Januari	20,76	9,30	+11,46	11,46
Februari	13,08	9,30	+3,78	15,24
Maret	13,08	9,30	+3,78	19,02
April	17,74	9,30	+8,44	27,47
Mei	23,32	9,30	+14,02	41,50

**Catatan:** Sepanjang Januari–Mei terjadi surplus air hujan yang konstan. Volume akumulasi teoritis melampaui kapasitas tangki fisik, sehingga *overflow* wajib disalurkan ke sumur resapan sekunder sesuai SNI 8456:2017.

**2.4 Tahap Perancangan Sistem Plumbing dan Filtrasi**

Perancangan tata letak pipa, instrumentasi, dan sirkulasi air mengaplikasikan metode *Indirect Upfeed System* dengan bantuan pompa transfer sentrifugal otomatis. Seluruh skema distribusi ini dirancang dengan mematuhi ketentuan tata cara perancangan sistem plumbing pada bangunan gedung sesuai SNI 8153:2015. Mengingat air hujan membawa polutan atmosferik dan kotoran dari permukaan atap, unit filtrasi dirancang menggunakan media bertingkat dengan mekanisme pembersihan berkala (*backwash*).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Skema Aliran Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem utilitas pemanenan air hujan pada gedung gereja dirancang secara sirkular dengan alur sebagaimana Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Skema Aliran Sistem Pemanenan Air Hujan**

Jalur Aliran Air Hujan
<b>Catchment Area (Atap Gedung)</b> → Unit Filtrasi Multi-Media → Ground Water Tank (GWT) → Pompa Transfer Sentrifugal → Roof Tank → Titik Distribusi Non-Potabel (Flushing, Penyiraman, Pembersihan)

Setiap komponen dalam skema tersebut memiliki fungsi teknis yang saling mendukung. Air hujan yang jatuh ke permukaan atap dikumpulkan oleh talang horizontal menuju pipa tegak vertikal (*downpipe*). Sebelum memasuki tangki bawah, air melewati unit filtrasi multi-media untuk memisahkan debris, daun kering, dan debu. Ground Water Tank (GWT) berfungsi sebagai reservoir utama yang dilengkapi pipa *overflow* menuju sumur resapan sesuai SNI 8456:2017. Pompa sentrifugal beroperasi secara otomatis berdasarkan sinyal *floating switch* dan mendistribusikan air ke *Roof Tank* yang memanfaatkan gaya gravitasi untuk mendistribusikan air ke titik-titik saniter non-potabel.

#### 3.2 Sistem Filtrasi Air Hujan

Mengingat air hujan yang jatuh berpotensi membawa polutan atmosferik serta kotoran, debu, daun kering, dan debris dari permukaan atap gedung gereja, sistem utilitas ini dilengkapi dengan unit filtrasi multi-media. Unit ini diletakkan di antara pipa tegak vertikal (*downpipe*) dan *Ground Water Tank* (GWT) sebagai reservoir utama.

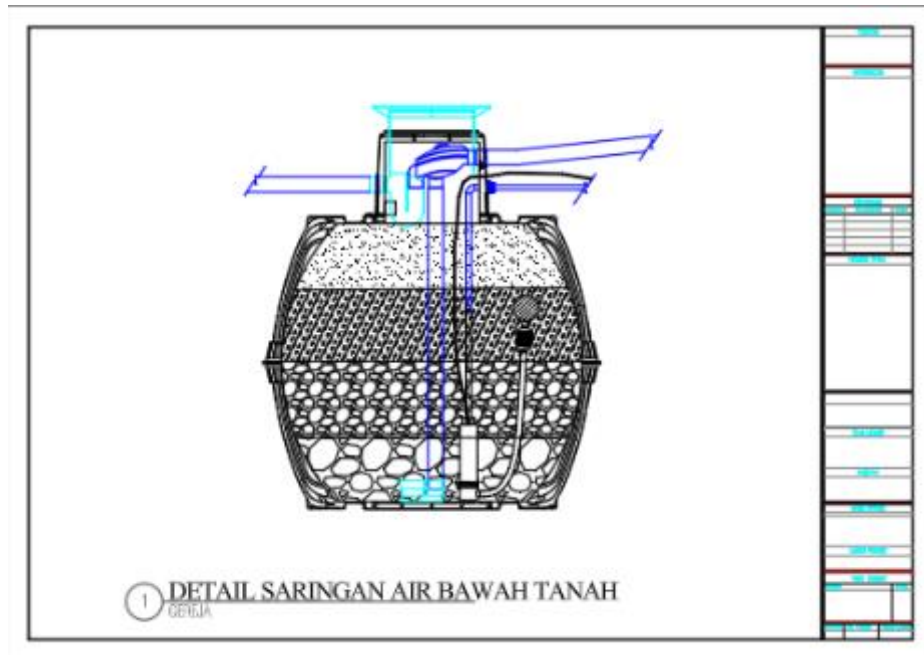
Untuk menjaga performa penyaringan agar tetap optimal, unit filtrasi ini dirancang menggunakan media bertingkat yang mendukung mekanisme pembersihan berkala melalui sistem *backwash* (cuci balik).

#### 3.3 Struktur Lapisan Media Penyaring

Susunan media penyaring dirancang secara vertikal bertingkat dengan ketebalan dan fungsi teknis yang spesifik mengacu pada pedoman SNI 8456:2017. Struktur lapisan filter dari atas ke bawah, Struktur lapisan media penyaring disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Lapisan Media Penyaring dan Fungsinya (Acuan SNI 8456:2017)**

No	Lapisan Media	Tebal (cm)	Fungsi Teknis
1	Pasir Silika / Pasir Bersih	20	Menyaring partikel suspensi makro, lumpur, dan kekeruhan fisik air.
2	Karbon Aktif (Arang)	15	Menyerap bau, warna, zat organik ringan, serta menetralkan polutan gas bebas.
3	Kerikil Kecil (Ø 5–10 mm)	10	Menahan lapisan pasir di atasnya agar tidak hanyut dan menyaring partikel sedang.
4	Kerikil Besar / Batu Pecah	15	Landasan struktur filter (support bed) dan memperlancar aliran keluaran (outlet).



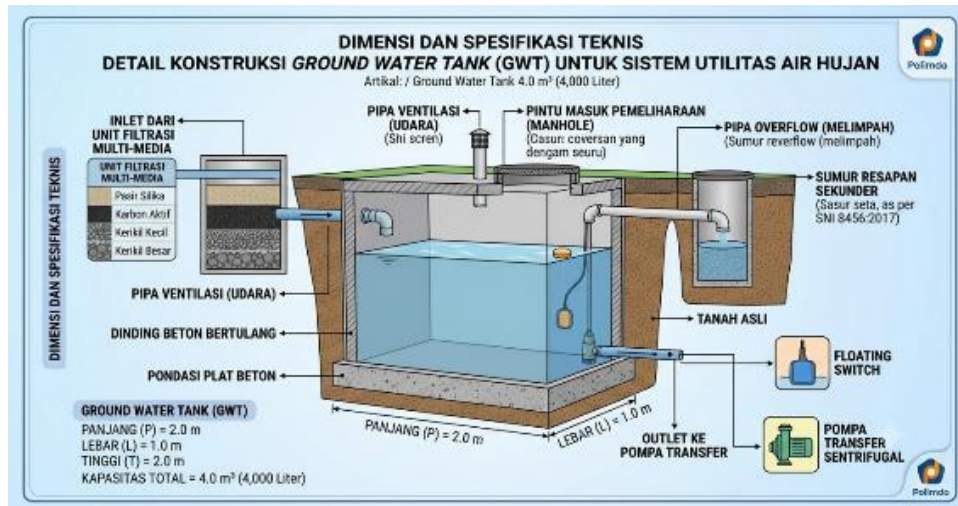
**Gambar 2** Detail Saringan Air Bawah Tanah

### 3.4 Dimensi Tangki GWT dan Roof Tank

Untuk memotong volatilitas hujan dan menjamin ketahanan cadangan air minimal 3–4 hari selama kemarau pendek, kapasitas dan dimensi tangki ditentukan sebagai berikut:

#### 1. Ground Water Tank (GWT)

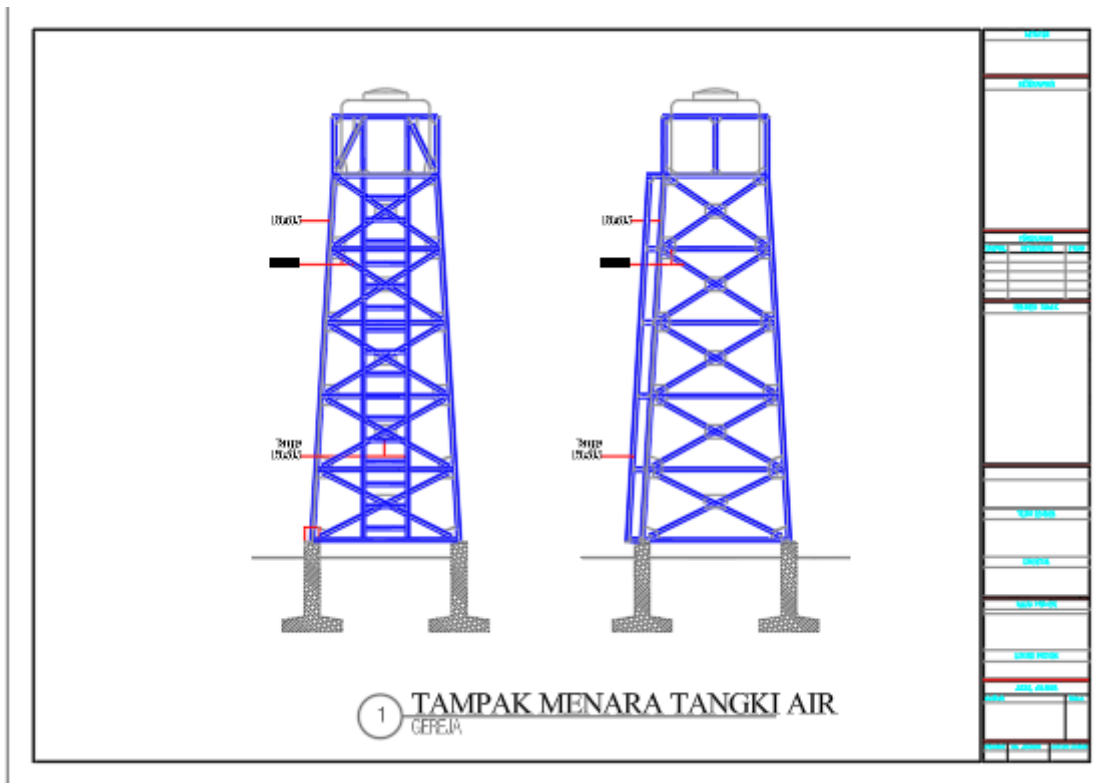
- Spesifikasi Dimensi: Berdasarkan data fisik struktur bangunan, dimensi tangki bawah ditetapkan dengan ukuran Panjang (P) = 2 m, Lebar (L) = 1 m, dan Tinggi (T) = 2 m.
- Kapasitas Volume: Melalui rumus dasar hidrolika  $V = P \times L \times T$ , total volume kapasitas fisik GWT yang dihasilkan adalah sebesar  $4^3$  atau setara dengan 4.000 Liter.
- Fungsi Teknis: Kapasitas sebesar 4.000 Liter ini dirancang secara khusus untuk memotong volatilitas curah hujan musiman di kawasan tersebut. Tangki ini berfungsi sebagai reservoir utama yang mampu menjamin ketersediaan cadangan air minimal selama 3 hingga 4 hari ketika terjadi kemarau pendek, serta telah memenuhi syarat volume tampung minimum harian untuk pengelola gedung.



Gambar 3 detail dan spesifikasi (GWT)

### Roof Tank (Tangki Atas)

- **Dasar Regulasi:** Penentuan kapasitas tangki atas ini mengacu pada standar nasional SNI 8153:2015 tentang sistem plambing pada bangunan gedung.
- **Persentase Kapasitas:** Sesuai acuan tersebut, volume *Roof Tank* ditetapkan sebesar **10% hingga 15% dari total kebutuhan air harian** ( $Q_d = 1.000$  liter /hari). Pembatasan persentase ini sangat penting untuk membatasi dan menjaga keamanan beban struktural pada atap dak beton gedung gereja agar tidak menerima beban berlebih.
- **Rekomendasi Teknis:** Sistem ini merekomendasikan penggunaan tangki berbahan *Polyethylene* (PE) dengan kapasitas minimal **300 Liter**. Selain aman secara struktural, kapasitas ini dinilai optimal untuk menjaga kestabilan tekanan statis pada jaringan pipa distribusi gravitasi menuju lantai di bawahnya.



**Gambar 4** Tampak Menara Tangki Air

Metode Indirect Upfeed System. Air hujan yang telah melalui proses filtrasi multi-media akan ditampung terlebih dahulu di dalam GWT (4.000 Liter) yang berada di bawah. Ketika air dibutuhkan, pompa transfer sentrifugal otomatis akan menaikkan air ke *Roof Tank* (300 Liter). Metode Indirect Upfeed System. Air hujan yang telah melalui proses filtrasi multi-media akan ditampung terlebih dahulu di dalam GWT (4.000 Liter) yang berada di bawah. Ketika air dibutuhkan, pompa transfer sentrifugal otomatis akan menaikkan air ke *Roof Tank* (300 Liter).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem utilitas pemanenan air hujan pada gedung gereja berhasil dirancang secara sirkular menggunakan metode Indirect Upfeed System, dimulai dari catchment area (atap) → unit filtrasi → Ground Water Tank (GWT) → pompa otomatis → Roof Tank → distribusi gravitasi ke titik-titik non-potabel, sesuai ketentuan SNI 8153:2015.
2. Sistem penyaringan bertingkat menggunakan pasir silika (20 cm), karbon aktif (15 cm), kerikil kecil (10 cm), dan kerikil besar (15 cm) terbukti efektif memurnikan karakteristik fisik air hujan sehingga layak untuk kebutuhan utilitas non-potabel sesuai panduan SNI 8456:2017.
3. Perhitungan kapasitas menghasilkan kebutuhan air harian sebesar 1.000 Liter/hari (SNI 6725.1:2015). Dimensi GWT ditetapkan  $2\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2\text{ m}$  (kapasitas  $4\text{ m}^3$ ) dan Roof Tank minimal 300 Liter. Neraca air bulanan menunjukkan surplus yang konsisten, menegaskan kelayakan teknis sistem ini diterapkan pada gedung gereja di wilayah beriklim hujan tinggi seperti Kabupaten Minahasa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

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

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2001). *SNI 03-6575-2001: Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Kementerian ESDM, Jakarta.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 6725.1:2015 – Perhitungan Penentuan Kapasitas Tangki Berdasarkan Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga Per Orang/Hari*. BSN, Jakarta.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 8153:2015 – Sistem Plumbing pada Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8456:2017 – Spesifikasi Sumur Resapan dan Penampungan Air Hujan (PAH) untuk Air Non-Potabel*. BSN, Jakarta.
- [6] Baihaqi, M. A., Abdillah, H., Asrori, T., Muhammad, A., Suharsono, J., & Candra, S. D. (2024). Penghematan energi dengan lampu LED: Solusi penerangan berkelanjutan bagi masyarakat Desa Wonoasih Probolinggo. *INSAN CENDEKIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 122–129.
- [7] Dandi, Fathahillah, & Rahman, E. S. (2022). Evaluasi kelaikan instalasi listrik rumah tangga di Desa Pallantikang Kecamatan Rumbia Kabupaten Jeneponto. *Jurnal MEDIA ELEKTRIK*, 20(1), 1–8.
- [8] Dokumen Gambar Kerja Proyek. (2026). *Denah Elektrikal Lampu, Saklar, dan Detail Legenda Vila Tipe 1*. Proyek Arsitektur/Konstruksi, Jakarta.
- [9] Fauzan, Z. M. (2021). Evaluasi dan perancangan ulang instalasi listrik penerangan sesuai standar PUIL 2011. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 6(2), 1–10.
- [10] Iqbal, A. R., & Yulianto, T. (2025). Perencanaan sistem mechanical electrical plumbing pada proyek Gedung 5 Lantai Rektorat UNHASY. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(5), 520–525. <https://doi.org/10.61722/jmia.v2i5.6687>
- [11] Pramono, L., Linawati, L., & Hartati, R. S. (2023). Analisis efisiensi energi antara lampu LED dan lampu konvensional (studi kasus: pada Hotel Cap Karoso). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro (MITE)*, 22(2), 229–236. <https://doi.org/10.24843/mite.2023.v22i02.p10>
- [12] Silaban, H., Zefanya, L., Sianipar, R. W. K., Sinaga, D. J., & Sinuraya, A. (2025). Implementasi instalasi listrik rumah tangga yang sesuai standar PUIL untuk meningkatkan keselamatan masyarakat. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 3(6), 691–699. <https://doi.org/10.61722/jipm.v3i6.1720>
- [13] Sudradjat, H., Widoretno, S., & Ardiansyah, W. (2025). Sosialisasi dan edukasi instalasi mechanical, electrical dan plumbing pada bangunan gedung rumah tinggal. *Kontribusi: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 75–85. <https://doi.org/10.53624/kontribusi.v6i1.732>
- [14] Widiastuti, S. (2023). Analisa efisiensi biaya di rumah susun pada pemakaian lampu LED. *Elektrise: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(01), 95–106. <https://doi.org/10.47709/elektrise.v13i01.3059>