

PENERAPAN KONSEP GREEN BUILDING TENTANG KONSERVASI AIR DAN KELAYAKAN INVESTASI PADA GEDUNG KONI PUSAT JAKARTA

Henrikus Dandy Kurniawan¹, Medi Efendi², Ratih Indri Hapsari³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

hendankur@gmail.com¹, medi.efendi@polinema.ac.id², ratih@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Gedung KONI Pusat merupakan gedung perkantoran dengan 12 lantai yang memiliki luas bangunan ±14812 m². Dengan kapasitas bangunan yang begitu besar maka jumlah kebutuhan air dan limbah yang dihasilkan juga akan besar. Pada tahun 2020 lalu hujan lebat juga menyebabkan terjadinya genangan hingga 20-30 cm dari permukaan jalan. Tujuan dari skripsi ini adalah mengetahui besarnya limpasan dan limbah pada gedung KONI Pusat, mendapatkan desain pengolahan air hujan sebagai sumber air alternatif, mendapatkan IPAL untuk gedung KONI Pusat, mendapat desain sumur resapan untuk zero run off dan mengetahui kelayakan investasi dengan penerapan konsep bangunan hijau. Data yang digunakan adalah spesifikasi gedung, site layout, data hujan dan data tanah. Data tersebut didapat dari instansi terkait. Dari hasil perhitungan curah hujan dan penggunaan air, gedung KONI Pusat memiliki limpasan sebesar 137,226 m³/jam. Sedangkan limbah yang dihasilkan adalah 5,456 m³/jam. Desain pengolahan air hujan gedung KONI Pusat menggunakan sistem pemanenan air hujan dengan atap bangunan dengan filter air Hydro STN 12 kapasitas layanan 12 m³/jam. IPAL yang digunakan adalah biofilter anaerob-aerob dari Biofive dengan tipe BFV-450 kapasitas 45 m³. Sumur resapan yang digunakan memiliki radius 1 m dengan kedalaman 5 m sebanyak 35 buah dimana memiliki volume total 137,375 m³. Dengan penerapan konsep bangunan hijau ini investasi yang dilakukan akan kembali setelah 8,5 tahun operasional gedung. Selain itu dengan penggunaan air alternatif dapat menghemat pengeluaran untuk air tiap tahunnya sebesar Rp. 63.979.935,52. Oleh karena itu maka penerapan konsep bangunan hijau layak untuk digunakan.

Kata kunci : panen air hujan; sumur resapan; kelayakan investasi

ABSTRACT

The Central KONI building is an office building with 12 floors with a building area of ±14812 m². With such a large building capacity, the amount of water needed and the waste generated will be large. In 2020, heavy rains also caused overflow of up to 20-30 cm from the road surface. The purpose of this thesis is to determine the amount of runoff and waste in the Central KONI building, to obtain a rainwater treatment design as an alternative water source, to obtain a wastewater treatment plant for the Central KONI building, to obtain a design of infiltration wells for zero run off and to determine the feasibility of investment with the application of the green building concept. The data used are building specifications, site layout, rain data and soil data. The data is obtained from the relevant instance. From the results of the calculation of rainfall and water use, the Central KONI building has a runoff of 137.226 m³/hour. While the waste generated is 5,456 m³/hour. The rainwater treatment design for the Central KONI building use a Hydro STN 12 water filter with a service capacity of 12 m³/hour. The wastewater treatment plant used is an anaerobic-aerobic biofilter from Biofive type BFV-450 with a capacity of 45 m³. The infiltration wells used have a radius of 1 m with a depth of 5 m as many as 35 pieces which have a total volume of 137,375 m³. With the application of the green building concept, the investment made will return after 8.5 years of building operations. In addition, the use of alternative water can save costs for water each year of Rp. 63,979,935.52. Therefore, the application of the green building concept is feasible to use.

Keywords : rain harvesting; infiltration wells; investment feasibility

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global yang semakin hari semakin mengkhawatirkan menuntut kita agar dapat beradaptasi dan berusaha mengurangi dampaknya. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan *green building* ketika akan membangun suatu bangunan. Di samping itu, alih fungsi lahan yang semakin meningkat menyebabkan semakin berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan berkurangnya area resapan air khususnya di daerah perkotaan. Hal ini disebabkan oleh pesatnya peningkatan jumlah penduduk di perkotaan yang mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan ruang dan sumberdaya. Berkurangnya area resapan air akan mempercepat terjadinya aliran permukaan (*run-off*) dan memicu terjadinya banjir.

Gedung KONI Pusat sendiri berfungsi sebagai gedung perkantoran serta memiliki luas lahan ± 2201 m² dan luas bangunan ± 14812 m² sehingga jumlah limpasan air yang terjadi harus diolah agar tidak menimbulkan limpasan ke saluran kota. Dan langkah yang diimplementasikan pada gedung KONI Pusat kawasan GBK ini adalah membuat bangunan menjadi *green building* dengan menerapkan *zero run-off* dan pemanenan air hujan yang memerlukan perencanaan spesifikasi penampung air hujan dan sumur resapan untuk air yang berlebih. Dengan penerapan ini diharapkan dapat menekan jumlah limpasan limbah di kawasan gedung ke saluran perkotaan hingga mendekati nol (*zero*) dan juga memperkecil biaya air PDAM pada gedung.

2. METODE

Data Spesifikasi Gedung KONI Pusat

- Lokasi : Jalan Gelora GBK
- Fungsi : Kantor
- Luas Bangunan : ± 14812 m²
- Luas Tanah : ± 2201 m²
- Jumlah Lantai : 12 lantai

Data Gambar Site Plan

Data ini didapatkan dari PT. Sangkuriang selaku konsultan dari pembangunan gedung KONI Pusat yang akan digunakan untuk menghitung debit rencana.

Data Curah Hujan Harian

Data curah hujan harian didapatkan dari stasiun curah hujan terdekat di sekitar daerah perencanaan yaitu stasiun Kemayoran Jakarta Pusat, stasiun Maritim Jakarta Utara, dan stasiun Bogor, Jawa Barat dari tahun 2010 sampai 2019. Data ini digunakan untuk analisa hidrologi.

Data Tanah

Data tanah yang meliputi data muka air tanah dan hasil uji lab tanah. Data ini didapatkan dari PT. Sangkuriang selaku konsultan dari pembangunan gedung KONI Pusat. Data tanah digunakan untuk analisa sumur resapan.

Data Penggunaan Air Gedung KONI

Data penggunaan air yang dibutuhkan berupa banyaknya air bersih yang dibutuhkan untuk operasional gedung KONI Pusat dan juga besarnya limbah yang dihasilkan. Data ini didapatkan dari PT. Sangkuriang selaku konsultan dari

pembangunan gedung KONI Pusat. Data ini digunakan perencanaan sumur resapan dan perencanaan IPAL.

Data Jaringan Perpipaan

Data jaringan perpipaan digunakan untuk memahami alur perpipaan pada gedung KONI Pusat sehingga mempermudah dalam perencanaannya. Data ini didapatkan dari PT. Sangkuriang selaku konsultan dari pembangunan gedung KONI Pusat.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi data dilakukan untuk menguji kebenaran data curah hujan. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan stasiun pengamatan dasar dan pembanding,
- b. Menghitung kumulatif data curah hujan tiap tahun pada stasiun pengamatan dasar lalu plot ke kurva massa ganda,
- c. Menghitung rata-rata data curah hujan tahunan pada stasiun pengamatan pembanding, lalu hitung kumulatif data rata-rata kemudian plot ke kurva massa ganda,
- d. Mengecek kurva massa ganda apabila terjadi patahan pada garis linier maka hitung nilai MI dan M2 yang didapat dari perhitungan regresi linear.

$$M = \frac{n \sum xi . yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \quad (1)$$

$$F = \frac{M1}{M2} \quad (2)$$

- e. Mengalikan data yang dikoreksi dengan faktor koreksi lalu membuat grafik kembali hingga tidak terjadi patahan.

Curah Hujan Daerah

Perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode rata-rata aljabar sebagai berikut :

$$R = \frac{R1 + R2 + R3 + \dots + Rn}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Pi}{n} \quad (3)$$

Keterangan :

- R : Tinggi curah hujan (mm)
- R1, ... Rn : Curah hujan yang tertakar pada pos (mm)
- n : Jumlah stasiun pengukur hujan

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Distribusi curah hujan dapat dilakukan dengan metode *Gumbel* atau *Log Pearson III*.

Tabel 1. Nilai Cs dan Ck Berdasarkan Nilai Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	<i>Gumbel</i> Tipe 1	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
2	<i>Log Pearson III</i>	Cs ≠ 0

Sumber : Soemarto, 1999

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) S^3} \quad (4)$$

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S^4} \quad (5)$$

Keterangan :

- Ck : Koefisien Kepuncakan
- Cs : Koefisien Kepencengan
- \bar{X} : Rerata Data Hujan (mm)

- S : Standar Deviasi
- X : Data Hujan (mm)

Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian ini diperlukan untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu. Dalam pengujian ini menggunakan dua metode sebagai berikut :

a. Metode Smirnov-Kolmogorov

$$\Delta P = P_{empiris} - P_{teoritis} \tag{6}$$

b. Metode Chi – Square

$$X^2_{hitung} = \frac{\sum(d_{empiris} - d_{teoritis})^2}{d_{teoritis}} \tag{7}$$

Keterangan :

- X² : Parameter Chi-Square
- d_{empiris} : d berdasarkan kertas distribusi
- d_{teoritis} : d berdasarkan teoritis

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan kederasan hujan per satuan waktu. Berdasarkan Suripin (2004) jika data hujan yang digunakan adalah data harian maka digunakan rumus mononobe :

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{8}$$

Keterangan :

- I : Intensitas Hujan (mm/jam)
- R24 : Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam (mm/hari)
- tc : Waktu Konsentrasi Hujan (jam)

Dalam menentukan waktu konsentrasi hujan (tc) harus terlebih dahulu menghitung waktu air mengalir di area limpasan dengan persamaan sebagai berikut :

$$tc = to + td \tag{9}$$

$$to = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right]^{0,167} \tag{10}$$

$$td = \frac{Ls}{60V} \tag{11}$$

Keterangan :

- to : Waktu Air Hujan Masuk ke Saluran (menit)
- nd : Koefisien Hambatan (*Manning*)
- s : Kemiringan Lahan (%)
- L₀ : Panjang Lintasan Aliran Pada Permukaan Lahan (m)
- tc : Waktu Konsentrasi Hujan (jam)
- td : Waktu Air Dari Hulu Menuju Ke Hilir Saluran (menit)
- Ls : Panjang Lintasan Aliran Dalam Saluran (m)
- V : Kecepatan Aliran Di Dalam Saluran (m/detik)

Debit Rancangan

Rumus menghitung debit rancangan sebagai berikut :

$$Q = 0,002778 C x I x A \tag{12}$$

Keterangan :

- Q : Debit Banjir Rancangan (m³/dt)
- C : Koefisien Pengaliran
- I : Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
- A : Luas Daerah Pengaliran (ha)

Panen Air Hujan

Metode panen air hujan yang digunakan adalah pemanenan air hujan dengan atap bangunan (*roof top rain water harvesting*). Metode ini hanya menggunakan sumber air hujan yang tertampung dari atap gedung. Berikut rumus perhitungan debit pemanenan air hujan pada gedung sebagai berikut :

$$Q_{atap} = Q_{genteng\ beton} + Q_{dak\ beton} \tag{13}$$

$$Q_{panen} = Q_{atap} \times 80\% \tag{14}$$

Debit pemanenan air hujan yang didapatkan akan diolah sedemikian rupa agar dapat digunakan selayaknya air PDAM.

Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah yang digunakan adalah dengan metode IPAL *biofilter anaerob-aerob*. Kombinasi *biofilter anaerob-aerob* dapat menghilangkan BOD, COD, SS, dan fosfor dengan baik. Kelebihan lain dari IPAL *anaerob-aerob* adalah sistemnya sederhana, operasional yang mudah dan tidak membutuhkan energi atau bahan kimia juga membutuhkan lahan yang sedikit.

Sumur Resapan

Perencanaan sumur resapan diharapkan menjadi salah satu pencegah terjadinya banjir akibat air limpasan yang membebani saluran kota. Dengan memaksimalkan kinerja sumur resapan yang dimiliki, maka air limpasan yang dihasilkan dapat habis terserap kedalam tanah (*zero runoff*).

Dalam merencanakan sumur resapan diperlukan koefisien permeabilitas (K) yang diambil dari data koefisien konsolidasi pada uji lab tanah sebagai berikut :

Tabel 2. Koefisien Permeabilitas (K)

No	Lubang	Kedalaman (m)	Koefisien Konsolidasi (cm/dt)	Koefisien Permeabilitas (m/jam)
1	BH-01	2.5-3.0	0.00137	0.04932
2	BH-01	5.5-6.0	0.00151	0.05436
3	BH-01	9.5-10.0	0.00159	0.05724
4	BH-02	2.5-3.0	0.00139	0.05004
5	BH-02	5.5-6.0	0.00153	0.05508
6	BH-02	9.5-10.0	0.00197	0.07092
7	BH-03	2.5-3.0	0.00138	0.04968
8	BH-03	5.5-6.0	0.00159	0.05724
9	BH-03	9.5-10.0	0.00178	0.06408
10	BH-04	2.5-3.0	0.00162	0.05832
11	BH-04	5.5-6.0	0.00179	0.06444
12	BH-04	9.5-10.0	0.00178	0.06408
13	BH-05	2.5-3.0	0.00159	0.05724
14	BH-05	5.5-6.0	0.00176	0.06336
15	BH-05	9.5-10.0	0.00185	0.06666
Rata-rata			0.00163	0.0588

Sumber : Data Uji Lab Tanah

Untuk menentukan kedalaman sumur resapan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{\omega \pi r K} \tag{15}$$

Keterangan :

- H : Kedalaman Sumur (m)
- r : Radius Sumur (m)

K : Koefisien Permeabilitas Tanah (m/jam)
 ω : Koefisien Jenis Sumur
 Harga $\omega = 2$, untuk sumur kosong berdinding kedap air atau sumur tanpa dinding dengan batu pengisi
 Harga $\omega = 5$, untuk sumur kosong berdinding porus.

Untuk menentukan volume total sumur resapan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = (\pi \times r^2 \times t) \times \text{total unit} \quad (16)$$

Keterangan :

t : Tinggi Sumur (m)

r : Radius Sumur (m)

Untuk menghitung besarnya presentase *overflow* pada sumur resapan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Overflow} = V_{\text{input}} - V_{\text{output}} \quad (17)$$

Keterangan :

V_{input} : Debit Banjir (m³/jam)

V_{output} : Volume Total Sumur Resapan (m³)

Jika perhitungan *overflow* melebihi dari prinsip *zero runoff* maka diperlukan sumur resapan tambahan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Tambahan} = \frac{\text{Overflow}}{V_1 \text{ sumur}} \quad (18)$$

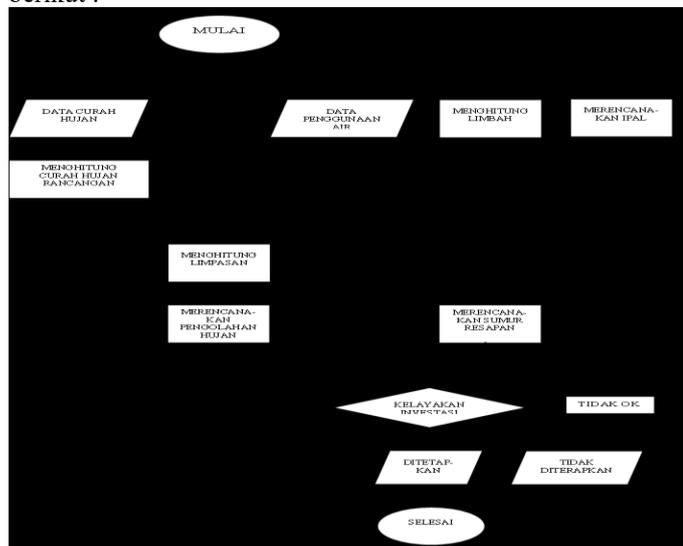
Kelayakan Investasi

Hal yang perlu diperhatikan dalam kelayakan investasi adalah pemanfaatan air hujan sebagai sumber air alternatif dengan menggunakan sumber air utama sebagai pembanding. Metode yang digunakan dalam kelayakan investasi ini menggunakan metode *Payback Period* agar dapat diketahui lamanya waktu yang diperlukan sampai keuntungan investasi dapat menutupi biaya investasi. Lama pengembalian investasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Annual}_{\text{Benefit}} = \text{Tarif}_{\text{air}} \times \text{Kemampuan}_{\text{pelayanan}} \quad (19)$$

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual}_{\text{Benefit}}} \times \text{Periode Waktu} \quad (20)$$

Diagram alir perencanaan *Water Conservation* sebagai berikut :



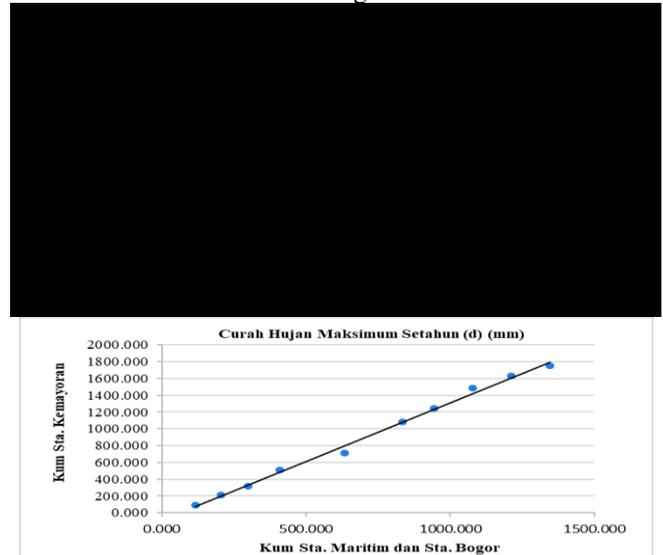
Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan *Water Conservation*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi

Uji konsistensi Stasiun Kemayoran terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Bogor menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2014 sampai 2019.

Tabel 3. Uji Konsistensi Stasiun Kemayoran terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Bogor Setelah Dikoreksi

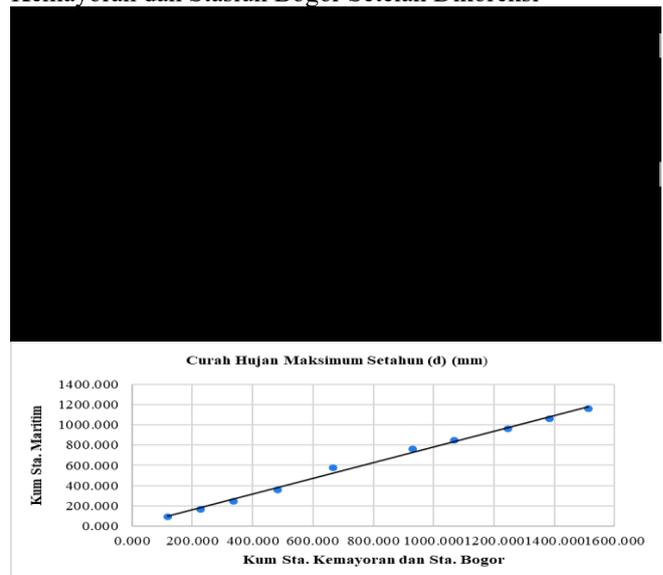


Gambar 2. Grafik Massa Ganda Stasiun Kemayoran terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Bogor Setelah Dikoreksi

Karena grafik sudah lurus dan nilai R₂ telah mencapai nilai 1,000 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Uji konsistensi Stasiun Maritim terhadap Stasiun Kemayoran dan Stasiun Bogor menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2014 sampai 2019.

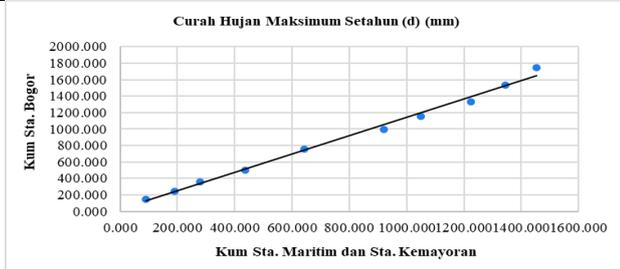
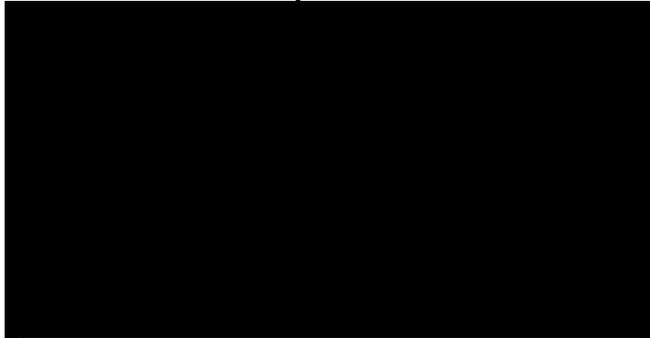
Tabel 4 Uji Konsistensi Stasiun Maritim Terhadap Stasiun Kemayoran dan Stasiun Bogor Setelah Dikoreksi



Gambar 3. Grafik Massa Ganda Stasiun Kemayoran Terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Bogor Setelah Dikoreksi

Karena grafik sudah lurus dan nilai R_2 telah mencapai nilai 1,000 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Uji konsistensi Stasiun Bogor terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Kemayoran menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2013 sampai 2019. **Tabel 5** Uji Konsistensi Stasiun Bogor terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Kemayoran Setelah Dikoreksi

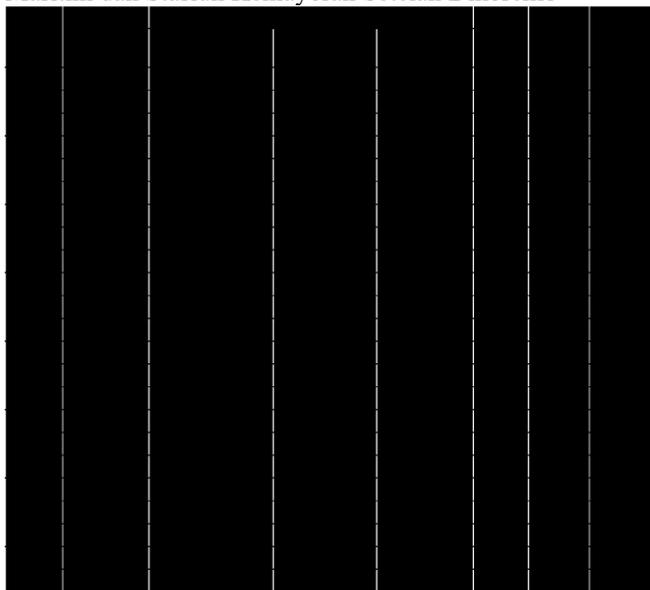


Gambar 4. Grafik Massa Ganda Stasiun Bogor Terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Kemayoran Setelah Dikoreksi. Karena grafik sudah lurus dan nilai R_2 telah mencapai nilai 1,000 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Curah Hujan Daerah

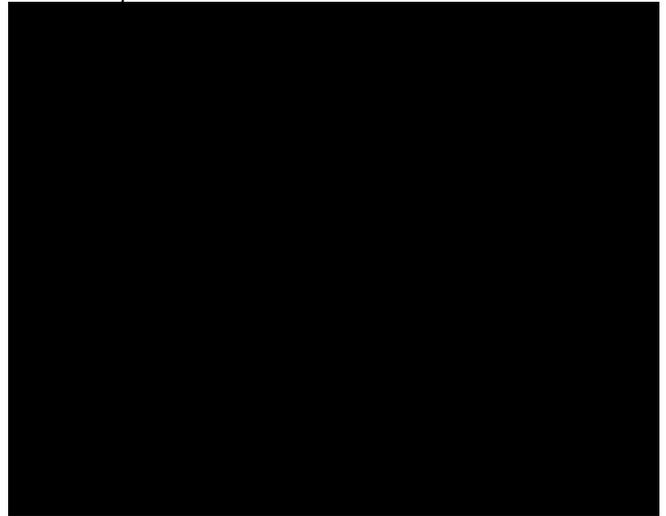
Data yang digunakan didapatkan dari data hujan maksimum dari ketiga stasiun yang digunakan. Untuk data hujan pada tahun yang tidak konsisten, data yang digunakan adalah data hasil dikoreksi dalam uji konsistensi.

Tabel 6 Uji Konsistensi Stasiun Bogor terhadap Stasiun Maritim dan Stasiun Kemayoran Setelah Dikoreksi

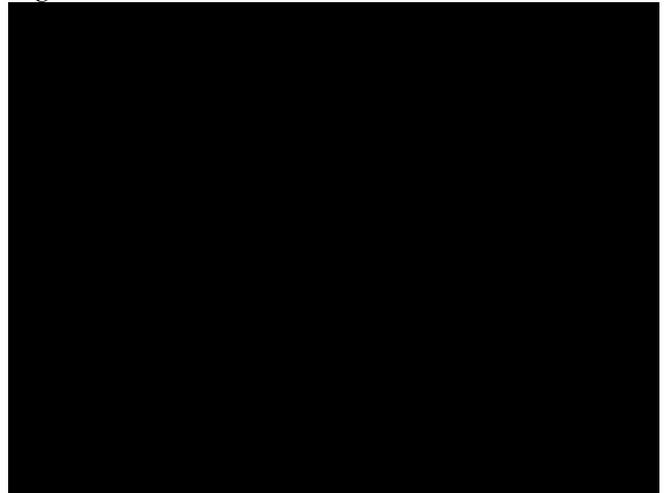


Distribusi Curah Hujan Rancangan

Tabel 7. Distribusi Curah Hujan Rancangan Dengan Metode *Gumbel Tipe I*



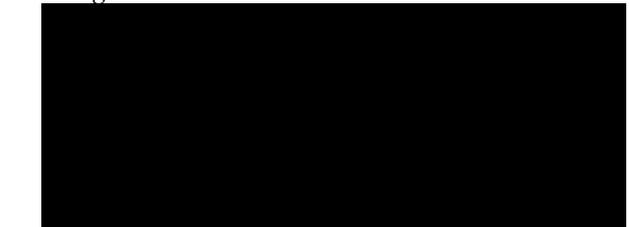
Tabel 8. Distribusi Curah Hujan Rancangan Dengan Metode *Log Pearson III*



Setelah mendapatkan koefisien kepengangan dari metode log ini dilanjutkan dengan mencari nilai konstanta sesuai kala ulang. Dan dari hasil perhitungan, didapat curah hujan dengan kala ulang 10 tahun sebesar 181,258 mm/hari.

Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 9. Uji Kesesuaian Distribusi Metode *Smirnov-Kolmogorov*





Berdasarkan hitungan didapatkan Dmax sebesar 0,295. Sesuai dengan persyaratan yang mengharuskan Dmax lebih kecil dari Dkritis, maka uji *Smirnov Kolmogorov* telah terpenuhi.

Tabel 10. Uji Kesesuaian Distribusi Metode *Chi – Square*

NO	BATAS KELAS	JUMLAH DATA		
		EXPECTED	OBSERVED	
		FREQUENCY (Ej)	FREQUENCY (Oj)	
1	0 - 74,985	2.5	3	0.10
2	74,985 - 104,715	2.5	2	0.10
3	104,715 - 138,034	2.5	2	0.10
4	138,034 - ~	2.5	3	0.10
Jumlah		10	10	0.4

Berdasarkan hitungan didapatkan X^2_{hitung} sebesar 0,4 sedangkan X^2_{kritis} dengan derajat kepercayaan 0,05 adalah 3,841. Sesuai dengan persyaratan yang mengharuskan X^2_{hitung} lebih kecil dari X^2_{kritis} , maka uji *Chi-Square* telah terpenuhi.

Intensitas Curah Hujan

Berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi hujan menggunakan durasi hujan per hari, periode ulang 10 tahun.

$$R_{24} = 181,258 \text{ mm/hari}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{181,258}{24} \times \left(\frac{24}{5/60}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 329,367 \text{ mm/jam}$$

$$= 329,367/1000 = 0,329 \text{ m/jam}$$

Nilai t_c sebesar 5 menit diperoleh dari pernyataan Bell yang menyatakan bahwa durasi hujan $5 \leq t \leq 120$ menit. Diambil nilai yang terkecil yaitu 5 menit karena semakin kecil nilai t maka intensitas semakin tinggi. Dengan memakai kemungkinan yang tinggi dapat mengoptimalkan dalam perencanaan tampungan.

Debit Rancangan

Tabel 11. Debit Banjir Rancangan

Area	Luas (A)	Koefisien Pengaliran (C)	Intensitas Hujan Maksimum (I)	Debit (Q)
	m2	-	m/jam	m3/jam
Genteng Beton	425	0.8	0.329	31.132
Dak Beton	418	0.8	0.329	30.619
	Atap			61.751
A-Beton	209	0.8	0.329	15.310
A-Rumput	235	0.1	0.329	2.152
B	164	0.8	0.329	12.013
C-Beton	107	0.8	0.329	7.838
C-Rumput	356	0.1	0.329	3.260
D	402	0.8	0.329	29.447
	Dasar			70.019

Selain dari hujan, debit yang dihasilkan pada gedung KONI Pusat juga berasal dari limbah yang dihasilkan oleh pengguna gedung. Debit limbah yang dihasilkan berdasarkan SK-SNI Air Minum, 2000 diasumsikan adalah 80% dari total kebutuhan air pada gedung. Dengan total kebutuhan air pada gedung KONI Pusat adalah 6,821 m³/jam, maka debit limbah yang dihasilkan adalah 5,456 m³/jam.

Dari debit banjir rancangan dan debit limbah yang telah dihitung, maka dapat diketahui debit total dari gedung KONI Pusat. Debit total dari gedung KONI Pusat ini adalah 137,226 m³/jam.

Panen Air Hujan

Perhitungan debit pemanenan air hujan pada gedung KONI Pusat sebagai berikut :

$$Q_{atap} = Q_{genteng \text{ beton}} + Q_{dak \text{ beton}}$$

$$= 31,132 + 30,619 = 61,751 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{panen} = Q_{atap} \times 80\%$$

$$= 61,751 \times 80\% = 49,401 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Setelah mendapat besarnya debit pemanenan air hujan maka selanjutnya air yang didapat dari hujan itu diolah sedemikian rupa agar dapat digunakan selayaknya air PDAM. Proses pemurnian disini menggunakan *wiremesh* sebagai pemisah kotoran besar yang dipasang pada pipa pengumpul air hujan dan pemurni air dari *Hydro* sebagai pemurni utama. Tipe filter air yang digunakan adalah *Hydro STN 12* dengan kapasitas layanan 12 m³/jam sesuai dengan kebutuhan air pada gedung KONI Pusat.

Filter air dari *Hydro* ini dipilih karena selain dapat membuat air menjadi kualitas layak minum, pengoperasian filter ini juga tidak memerlukan energi dari listrik maupun bahan bakar tetapi cukup dengan tekanan air yang ada. Pada gedung KONI Pusat dikarenakan air terlebih dahulu ditampung pada *ground water tank* pada *basement* lantai 1 maka untuk suplai air ke filter air *Hydro* dibantu dengan pompa filter kapasitas 12 LPM. Untuk air dalam tampungan melebihi kapasitas maka akan dibuang ke dalam *sump pit* dan akan dipompa menuju sumur resapan.

Pengolahan Limbah

Metode yang digunakan dalam pengolahan limbah gedung KONI Pusat adalah IPAL *biofilter anaerob-aerob*. Tujuan dalam kombinasi metode *biofilter anaerob-aerob* adalah agar dapat menghilangkan BOD, COD, SS, dan fospor dengan baik.

Besarnya air limbah pada gedung KONI Pusat adalah 43649,616 L/hari. Untuk dapat melayani besarnya limpasan digunakan IPAL *biofilter anaerob-aerob* fabrikasi dari Biofive dengan tipe BFV-450 kapasitas 45 m3. Pengolahan air limbah dengan IPAL dari Biofive terdiri dari beberapa bagian, yakni bak pengendapan awal, *biofilter anaerob (anoxic)*, *biofilter aerob*, pengendapan akhir serta klorinasi (disinfectan).

Hasil yang dikeluarkan oleh IPAL dari Biofive telah memenuhi syarat SNI unit pemisah limbah padat, unit aerasi, unit penguraian biologis dan unit ultra filtrasi.

Sumur Resapan

Perhitungan kebutuhan kedalaman sumur resapan dengan jenis sumur kosong dengan dinding porus berdasarkan SNI 8456:2017 sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{\omega \pi r K} = \frac{137,226}{5 \times \pi \times 1 \times 0,0588} = 148,648 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas dapat dibuat menjadi beberapa kemungkinan rencana sumur resapan yang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 12. Alternatif Sumur Resapan

	Simbol	Satuan	Model			
			1	2	3	4
Debit	Q	m ³ /jam	137.23	137.23	137.23	137.23
Harga ω	ω		5.00	5.00	5.00	5.00
Radius sumur	r	m	1.00	1.00	1.50	0.80
Koefisien permeabilitas	K	m/jam	0.06	0.06	0.06	0.06
H	H	m	148.65	148.65	99.10	185.81
Tinggi Sumur		m	5.00	4.00	5.00	5.00
Total		buah	29.73	37.16	19.82	37.16
Total Pembulatan		buah	30.00	38.00	20.00	38.00
Cek			150.00	152.00	100.00	190.00
			OK	OK	OK	OK
Volume Per Unit	Q	m ³	3.93	3.14	8.83	2.51
Volume Total	Q	m ³	117.75	119.32	176.63	95.46

Dari alternatif sumur resapan pada **Tabel 12.** yang dipilih adalah sumur resapan model 1 dengan pertimbangan daerah hijau yang sempit dan ukuran buis beton yang mudah dicari di lapangan yaitu 30 buah sumur resapan dengan radius 1 meter. Berikut adalah volume total sumur resapan rencana.

$$V = (\pi \times r^2 \times t) \times \text{total unit}$$

$$= (\pi \times 0,5^2 \times 5) \times 30 = 117,75 \text{ m}^3$$

Total area penampang dari gedung KONI Pusat adalah 1725 m². Berdasarkan persyaratan volume pada Peraturan Gubernur DKI no 20 Tahun 2013 diperlukan minimal 72 m³ total volume sumur resapan untuk memenuhi persyaratan. Dengan volume total sumur resapan rencana adalah 117,75 m³ maka telah memenuhi persyaratan minimal untuk sumur resapan.

Untuk memenuhi prinsip *zero runoff* diperlukan *overflow* sumur resapan lebih kecil dari 3% limpasan yang terjadi pada area Gedung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Overflow} = V_{input} - V_{output}$$

$$= 137,226 - 117,75 = 19,476 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= \left(\frac{19,476}{137,226}\right) \times 100\% = 14,2\%$$

Dari perhitungan *overflow* yang terjadi telah melebihi prinsip dari *zero runoff* dengan hasil persentase sebesar 14,2%. Sehingga untuk memenuhi prinsip *zero runoff* maka diperlukan sumur resapan tambahan agar dapat mengurangi banyaknya *overflow* yang terjadi. Berikut adalah perhitungan sumur resapan tambahan beserta *overflow* yang terjadi :

$$\text{Tambahan} = \frac{\text{Overflow}}{V_{1 \text{ sumur}}}$$

$$= \frac{19,476}{3,925} = 4,9 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Overflow} = V_{input} - V_{output}$$

$$= 137,226 - 137,375 = -0,149 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= \left(\frac{-0,35}{140,95}\right) \times 100\% = -0,25\%$$

Tabel 13. Perhitungan *Zero Runoff* Setelah Dilakukan Penambahan Sumur Resapan

Volume Input	Volume Output	Overflow	Persentase	Keterangan
137.226	117.75	19.476	14.2	Tidak OK
<i>Zero Runoff</i> max overflow = 3%				
Kebutuhan sumur tambahan				
5				
Sesudah Penambahan				
Volume Input	Volume Output	Overflow	Persentase	Keterangan
137.226	137.375	-0.149	-0.11	OK
<i>Zero Runoff</i> max overflow = 3%				
Total Sumur				35

Kelayakan Investasi

Kebutuhan air gedung KONI Pusat tiap bulannya adalah 1636,86 m³. Sesuai dengan tarif air PDAM Daerah, maka perhitungan tarif bulannya mencapai Rp. 15.994.983,88

Untuk Rancangan Anggaran Biaya objek investasi meliputi pemanenan air hujan, instalasi pengolahan air limbah dan sumur resapan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 14. Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Jumlah Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I Sistem Panen Air Hujan				
a.	Filter Air Hydro STN 12	1.00 bh	181,685,700.00	181,685,700.00
Jumlah				181,685,700.00
II Instalasi Pengolahan Air Limbah				
a.	IPAL Biofive BFV-450	1.00 bh	190,000,000.00	190,000,000.00
b.	Galian Tanah	59.80 m ³	108,739.40	6,502,616.12
Jumlah				196,502,616.12
III Sumur Resapan				
a.	Buis Beton 100x50	350.00 bh	340,000.00	119,000,000.00
b.	Tutup sumur	35.00 bh	400,000.00	14,000,000.00
c.	Pipa AW Ø 150	16.00 m	195,234.00	3,123,744.00
d.	Sambungan Tee D-DT	70.00 bh	125,000.00	8,750,000.00
e.	Galian Tanah	197.82 m ³	108,739.40	21,510,828.11
Jumlah				166,384,572.11
Total Biaya				544,572,888.23

Untuk perhitungan lama pengembalian investasi yang dilakukan dihitung sebagai berikut :

$$\text{Annual}_{Benefit} = \text{Tarif}_{air} \times \text{Kemampuan}_{pelayanan}$$

$$= 15994983,88 \times \frac{1}{3} = \text{Rp. } 5.331.661,293$$

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual}_{Benefit}} \times \text{Periode Waktu}$$

$$= \frac{544.572.888,23}{5.331.661,293} \times 1$$

$$= 102,139 \text{ bulan} \approx 8,5 \text{ tahun}$$

Dengan metode *Payback Period* didapatkan 8,5 tahun sebagai lamanya balik modal. Investasi yang dilakukan pada gedung KONI Pusat dapat menggantikan sepertiga penggunaan air PDAM tahunan. Maka besarnya penghematan tarif air pertahunnya sebesar Rp. 63.97.9935,52 dengan masa pengembalian biaya investasi yang lebih cepat dari lamanya tahun rencana penggunaan gedung KONI Pusat, maka layak dilakukan investasi ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan di seperti tertulis di bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan mengenai Penerapan Konsep Green Building Tentang Konservasi Air Dan Kelayakan Investasi Pada Gedung KONI Pusat Jakarta sebagaimana berikut:

1. Dari perhitungan curah hujan dan juga penggunaan air, gedung KONI Pusat memiliki limpasan air sebesar 137,226 m³/jam. Sedangkan untuk besarnya limbah yang dihasilkan adalah 5,456 m³/jam.
2. Desain pengolahan air hujan gedung KONI Pusat menggunakan sistem pemanenan air hujan dengan atap bangunan (roof top rain water harvesting). Air hujan yang dipanen ditampung kedalam ground water tank gedung KONI Pusat. Setelah itu dilakukan filtrasi dengan filter air Hydro STN 12 dengan kapasitas layanan 12 m³/jam. Kemudian air yang telah difilter disimpan kedalam clean water tank sebelum akhirnya digunakan.
3. Besarnya air limbah pada gedung KONI Pusat adalah 43.649,616 L/hari. Untuk melayani besarnya limpasan digunakan IPAL biofilter anaerob-aerob fabrikasi dari Biofive dengan tipe BFV-450 kapasitas 45 m³.
4. Dari hasil perencanaan 4 alternatif sumur resapan pada gedung KONI Pusat, dipilih menggunakan alternatif 1 dengan radius sumur 1 m, kedalaman sumur 5 m sebanyak 30 buah dimana volume total sumur 117,75 m³. Karena mempertimbangkan lahan yang tersedia dan juga volume sumur yang cukup dan memenuhi peraturan. Dan untuk mencapai zero runoff perlu dilakukan penambahan sumur sebanyak 5 buah. Sehingga sumur resapan yang diperlukan adalah sumur dengan radius 1 m, kedalaman 5 m sebanyak 35 buah dengan volume tampungan total sebesar 137,375 m³.
5. Dengan penerapan konsep green building pada gedung KONI Pusat, biaya investasi yang dilakukan akan kembali setelah 8,5 tahun operasional gedung. Setelah melewati waktu balik modal investasi pemanenan air hujan pada gedung KONI Pusat dapat menggantikan sepertiga penggunaan air PDAM tahunan. Besarnya penghematan tarif air pertahunnya sebesar Rp. 63.979.935,52. Oleh karena lamanya balik modal lebih cepat dari tahun rencana penggunaan gedung maka penerapan konsep green building ini layak untuk diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar Nasional Indonesia 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing. 2005. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Standar Nasional Indonesia 2415:2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. 2005. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Standar Nasional Indonesia 8456-2017 tentang Sumur dan Parit Resapan Air Hujan. 2017. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Limbah Domestik. 2005. Jakarta. Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- [5] Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob. 2011. Jakarta. Kementerian Kesehatan RI.
- [6] Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional.
- [7] Giatman, 2017, Ekonomi Teknik, Rajagrafindo Persada, Jakarta.
- [8] Suripin, 2004, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Andi Press, Yogyakarta.