

**PERENCANAAN RAINWATER HARVESTING UNTUK PROSES PRODUKSI  
DI PT KERETA API INDONESIA (PERSERO), UPT. BALAI YASA  
YOGYAKARTA**

**RAINWATER HARVESTING DESIGN FOR PRODUCTION PROCESS AT  
PT KERETA API INDONESIA (PERSERO), UPT. BALAI YASA  
YOGYAKARTA**

Multazam Kamaludin  
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta – 55584  
E-mail : [azam.kamaludin@gmail.com](mailto:azam.kamaludin@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Unit Pelaksana Teknis Balai Yasa Yogyakarta memiliki Luas bangunan 43.700 m<sup>2</sup> mempunyai potensi tangkapan air hujan yang besar. Adanya potensi tangkapan air hujan memungkinkan untuk dipanen menggunakan Rainwater Harvesting System. Air hujan yang telah ditampung digunakan untuk proses produksi di UPT. Balai Yasa. Untuk mengetahui potensi curah hujan di sekitar kawasan UPT. Balai Yasa diperlukan data stasiun curah hujan. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel air hujan. Sampel air hujan yang digunakan sebanyak 10 sampel air hujan berasal dari pipa buangan air hujan ditampung menggunakan jerigen saat terjadi hujan di sekitar lokasi. Dari 10 sampel yang diuji parameter seluruh sampel memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017. Analisa hidrologi pada perencanaan ini menggunakan metode Mononobe PUH 5, dengan asumsi durasi hujan 2 jam didapatkan intensitas hujan sebesar 48,92 mm/jam. Perhitungan debit air hujan dengan menggunakan metode rasional Volume air hujan yang dapat ditampung dari gedung-gedung UPT Balai Yasa yaitu sebesar 270198,11 liter atau 270,2 m<sup>3</sup>. Air hujan yang dapat ditampung akan didistribusikan ke pencucian dan kamar mandi karyawan UPT Balai Yasa. Sistem perpipaan RWH yang direncanakan menambah pipa vertikal dihubungkan dengan pipa eksisting satu sama lain lalu dialirkan ke reservoir dan dialirkan ke water tank distribusi.*

**Kata Kunci :** *Sistem Pemanenan Air Hujan, UPT Balai Yasa Yogyakarta, Perencanaan dan Mononobe*

**ABSTRACT**

*Technical Unit Balai Yasa Yogyakarta has a building area of 43,700 m<sup>2</sup> a huge potential to catch rainwater. The Availability of rainwater catchment potential might be harvested using Rainwater Harvesting System. rainwater can be used as clean water source for production process in TIU. Balai Yasa. To find out the rainfall potential around the TIU Balai Yasa is required data on rainfall stations. Rainwater samples was carried to the Water Quality Laboratory. 10 samples of rainwater from rainwater pipes directly using bottle when rain around the location. From 10 samples tested for parameters all samples meet the requirements to be used as clean water were the quality standard stipulated in the Health Minister Regulation No. 32 of 2017. Hydrological analysis on this plan uses the Mononobe PUH 5 method, assuming 2 hour rain duration obtained with a rain intensity of 48.92 mm / hour. Calculation of rainwater discharge using rational method The volume of rainwater that can be accommodated from buildings is 270198.11 liters or 270.2 m<sup>3</sup>. Rainwater that can be collected will be distributed to washing and bathroom of UPT Balai Yasa. The RWH piping system is designed to add vertical pipes connected to the existing pipes with each other then flowed into the reservoir and flowed to the distribution water tank.*

**Keywords:** *Rainwater Harvesting System, UPT Balai Yasa Yogyakarta, Design and Mononobe*

## **1. PENDAHULUAN**

Kota Yogyakarta mempunyai iklim dengan bulan basah 5-6 bulan dan bulan kering 2-3 bulan, Curah hujan tahunan di daerah Yogyakarta bervariasi antara 1000 - 1500 mm per tahun sampai sekitar 1500 - 2000 mm per tahun yang penyebarannya merata di seluruh propinsi kecuali Gunung Kidul dan Kulon Progo. Maka dapat dipastikan curah hujan di Kota Yogyakarta termasuk curah hujan yang cukup tinggi (Bappenas, 2013).

Unit Pelaksana Teknis Balai Yasa Yogyakarta memiliki Luas bangunan 43.700 m<sup>2</sup> dengan luas tanah keseluruhan 128.800 m<sup>2</sup>. Dengan luas bangunan total sebesar 43.700 m<sup>2</sup> UPT. Balai Yasa Yogyakarta mempunyai potensi tangkapan air hujan yang besar. Maka adanya potensi tangkapan air hujan memungkinkan untuk dipanen atau ditampung. Air hujan yang telah ditampung kemudian dapat digunakan sebagai sumber air bersih untuk proses produksi di UPT. Balai Yasa Yogyakarta.

Permasalahan pengelolaan sumber daya air berkaitan dengan UPT. Balai Yasa Yogyakarta saat ini belum memiliki sistem pengelolaan air hujan. UPT Balai Yasa Yogyakarta berkomitmen untuk tetap peduli terhadap lingkungan hidup, maka di setiap kegiatan produksi dan kegiatan lainnya memperhatikan kepedulian terhadap pengaruh negatif yang dapat mempengaruhi lingkungan hidup.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan di PT Kereta Api Indonesia (Persero), UPT. Balai Yasa Jalan Kusbini No. 1 Gondokusuman, Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan metode analisa dan perhitungan, dengan mencari data primer dan sekunder.

Hasil yang diperoleh dari data primer dan sekunder di olah pada proses pengolahan data dengan data pengujian kualitas air hujan, perhitungan intensitas curah hujan, perhitungan debit dan volume air hujan, penentuan jalur perpipaan pemanenan dan distribusi, perhitungan bangunan pelengkap dan aksesoris. Selanjutnya hasil pengolahan dan analisa data di proses kedalam *Detailed Engineering Design* (DED) dan pembuatan *Bill of Quantity* (BOQ) serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang akan digunakan.

### **2.1 KRITERIA PERENCANAAN**

Perencanaan instalasi pengelolaan air limbah ini beracuan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Air Hujan Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya dan *Handbook on Rainwater Harvesting Storage Options*.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 11 Tahun 2014, kriteria teknis perencanaan sistem pemanenan air hujan dan Tata cara dalam perencanaan sistem pemanenan air hujan meliputi;

- (1) Dapatkan data curah hujan harian yang dapat mewakili kejadian curah hujan pada persil bangunan gedung yang bersangkutan dengan rentang waktu minimal 10 tahun
- (2) Volume air hujan yang dapat ditangkap dengan sarana pengelolaan air hujan air hujan yang berpotensi melimpas yang disebabkan oleh tertutupnya tanah oleh bangunan dan perkerasan.
- (3) Jumlah dan dimensi sarana pengelolaan air hujan meliputi : Sumur resapan, Pipa penyalur, Bak, lubang biopori.
- (4) Penentuan perletakan, dimensi dan jumlah sumur resapan sangat bergantung kepada kondisi lokasi dan ketersediaan lahan.

## 2.2 PENGOLAHAN DATA

### A. Pengujian Kualitas air hujan

Kualitas air hujan diperlukan untuk air hujan yang akan digunakan proses produksi karena beberapa proses produksi memiliki kualitas air hujan spesifik yang berguna untuk penggunaannya. Ada 9 parameter yang dilakukan pengujian terhadap 10 sampel yang dianggap mewakili daerah yang akan dilayani yaitu pH, Suhu, *Total Dissolved Solid*, *Total Suspended Solid*, *Chemical Oxygen Demand*, *Dissolved Oxygen*, Konduktivitas dan Kekeruhan.

### B. Area Penangkapan (Catchment Area)

Daerah Tangkapan hujan atau area tangkapan hujan adalah daerah tangkapan yang terkena atau teraliri oleh air hujan. Untuk menghitung luasan atap bangunan yang berbentuk limas/perisai/pelana, kita dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kebutuhan luasan atap} = (\text{Panjang} \times \text{Lebar}) / \text{Cos}(z)$$

dimana :  $z$  adalah sudut kemiringan atap (Wahadamaputera, 2014)

### C. Intensitas Hujan

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Apabila data hujan jangka pendek

tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian dapat dihitung menggunakan rumus distribusi mononobe, sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam),

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm),

t = lamanya hujan (jam) (Edisono, 1997)

#### D. Debit Rencana

Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (Metode Rasional). Besarnya debit rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional kalau aliranmnya kurang dari 80 Ha. Adapun rumusan perhitungan debit rencana Metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

di mana: Q = Debit rencana dengan periode ulang T tahun (m<sup>3</sup>/dtk)

C = Koefisien aliran permukaan (0.75 – 0.95)

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (Ha) (Edisono, 1997)

#### E. Perencanaan Pipa

Persamaan Hazen-Williams didasarkan pada kenyataan bahwa angka Reynold nilainya cukup besar dan pipa-pipa umumnya kasar sehingga jenis aliran yang masuk digolongkan sebagai aliran turbulen berkembang penuh. Dalam hal ini koefisien gesekan tidak tergantung kepada angka Reynold. Pada jaringan pipa yang kompleks pemakaian persamaan Hazen williams sangat mempermudah dibandingkan dengan persamaan lain.

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54} \cdot A$$

$$D = \left( \frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot S^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

Q = Debit rencana (m<sup>3</sup>/dtk)

C = Koefisien aliran permukaan dalam pipa

S = Kemiringan pipa

S = Diameter pipa (m)

A = Luas daerah pengaliran (Ha) (Edisono, 1997)

## F. Bangunan Pelengkap

### 1) Reservoir

Volume reservoir pelayanan (*service reservoir*) ditentukan berdasarkan :

- Jumlah volume air maksimum yang harus ditampung pada saat pemakaian air minimum ditambah volume air yang harus disediakan pada saat pengaliran jam puncak karena adanya fluktuasi pemakaian air di wilayah pelayanan dan periode pengisian reservoir;
- Cadangan air untuk pemadam kebakaran kota sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk daerah setempat Dinas Kebakaran;
- Kebutuhan air khusus, yaitu pengurusan reservoir, taman dan peristiwa khusus.

### 2) Water Tank

Tangki air atau *Water Tank* dimaksudkan menampung kebutuhan puncak dan biasanya disediakan kapasitas yang cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut. Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan air puncak dimulai saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukan oleh pompa. Kapasitas efektif dapat dinyatakan dengan rumus.

$$V_E = [(Q_P - Q_{m_{max}}) \times T_P] + (Q_{Pu} \times T_{Pu})$$

Dimana

$V_E$  = Kapasitas Efektif Water Tank ( $m^3$ )

$Q_P$  = Kebutuhan Puncak ( $m^3$ /menit)

$Q_{m_{max}}$  = Kebutuhan Jam Puncak ( $m^3$ /menit)

$Q_{Pu}$  = Kapasitas Pompa Pengisi ( $m^3$ /menit)

$T_P$  = Jangka waktu kebutuhan puncak

$T_{Pu}$  = Jangka waktu kebutuhan pengisi

### 3) Pompa

Ditinjau dari klasifikasi penggerak/mekanik pompa terdapat beberapa macam antara lain pompa reciprocating, pompa tangan, pompa sentrifugal, pompa lift.

#### 4) Bak Kontrol

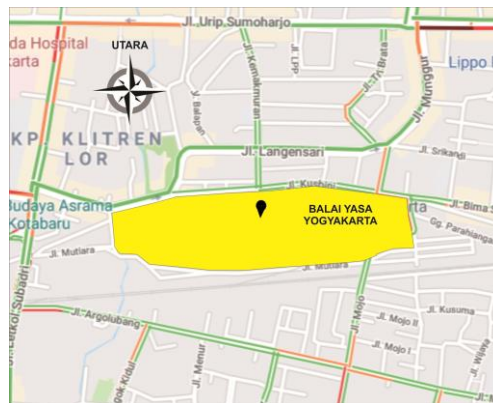
Bak Kontrol merupakan salah satu bangunan penunjang pada jaringan pipa. Bak Kontrol berfungsi untuk menghilangkan tekanan lebih yang terdapat pada aliran pipa, mengendapkan partikel – partikel tersuspensi yang terbawa air hujan dari atap, dan sebagai titik pertemuan *junction* pipa primer dan sekunder.

### 2.3 BILL OF QUANTITY (BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

*Bill of quantity* adalah perhitungan detail dari pekerjaan pembangunan sistem pemanenan air hujan, berupa jumlah bongkaran, pemasangan, maupun galian dan timbunan yang akan dikerjakan. Perhitungan BOQ berdasarkan upah jasa dan material yang berlaku di Kota Yogyakarta, sedangkan RAB adalah rekapitulasi anggaran biaya keseluruhan proses pembangunan sistem pemanenan air hujan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan sistem *Rainwater Harvesting* ini berlokasi di PT Kereta Api Indonesia (Persero), UPT. Balai Yasa Jalan Kusbini No. 1 Gondokusuman, Yogyakarta. Hasil dari pengolahan dan analisa data pengujian kualitas air hujan, perhitungan intensitas curah hujan, perhitungan debit dan volume air hujan, penentuan jalur perpipaan pemanenan dan distribusi, perhitungan bangunan pelengkap dan aksesoris. Secara lebih jelas batas lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.1 :



**Gambar 3.1.** Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : *Google Maps*, 2018)

Kegiatan utama di kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta yaitu perbaikan dan pemeliharaan lokomotif kereta api, di dalam proses perbaikan dan pemeliharaan lokomotif terdapat proses pencucian komponen lokomotif kereta api. Jumlah karyawan UPT Balai Yasa pada tahun 2017 yaitu sebesar 456 karyawan.

Penggunaan air di UPT Balai Yasa terdiri dari 2 kegiatan yaitu kegiatan produksi yang terdiri dari kegiatan pencucian sedangkan kegiatan non produksi yaitu penggunaan untuk kegiatan yang menunjang kebutuhan sehari-hari untuk masjid, kamar mandi, taman, *water closet*. Sumber pemakaian air berasal dari sumur tanah dalam. Pemakaian air untuk area pencucian di kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta memiliki 7 area pencucian yang terpisah dan dengan komponen yang berbeda – beda tiap area pencuciannya. pencucian di UPT Balai Yasa Yogyakarta bergantung pada jumlah lokomotif yang mengalami perbaikan, dan perbaikan lokomotif kereta tersebut juga tidak terjadwal atau dapat terjadi sewaktu-waktu. dalam 1 tahun perbaikan lokomotif di UPT Balai Yasa Yogyakarta mencapai 170 lokomotif.

### 3.1 KUALITAS AIR HUJAN

Hasil Pengujian laboratorium pada uji kualitas air hujan yang mencakup parameter fisik-kimia yang berjumlah 9 parameter adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Kualitas Air Hujan Pada Outlet Talang Air Hujan UPT Balai Yasa

No	Parameter	Satuan	Sampel										Permenk 32 Tahun 2017
			Kontrol	Bagian Produksi Utara	Bagian Produksi Timur	Bagian Produksi Selatan	Kantor Barat	Kantor Timur	Pencucian	Painting Shop Utara	Final Test	Painting Shop selatan	
1	Ph		7,4	7,3	7	7,1	7,5	7	7,2	7,9	7,4	7	6,5-8,5
2	Suhu	C	24,5	25,1	24,9	25,8	25,2	25,1	24,9	25	25,1	25,2	± 3
3	Warna		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
4	Turbidity	NTU	0,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
5	TSS	mg/l	0,052	0,13	0,148	0,198	0,098	0,2	0,132	0,238	0,12	0,014	-
6	TDS	PPM	12,5	10,1	8,4	8,6	15,8	10,6	11,4	18,7	5,9	6,9	1000
7	Konduktivitas	uS	11,5	15,1	12,7	12,9	23,7	15,9	17,1	28,1	8,7	10,3	-
8	DO	mg/l	4,7	4,4	5,3	5,3	4,6	4,5	6	5,4	3,3	4,4	≥ 4
9	COD	mg/l	20,9	47,4	17,1	38,6	24,9	18,7	20,0	29,4	12,9	21,0	-

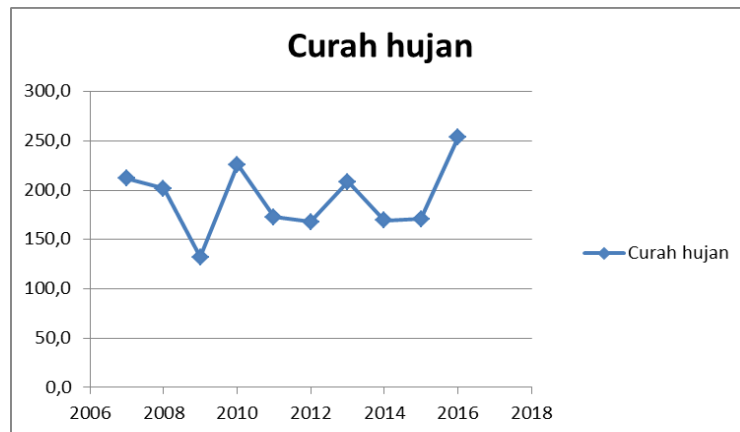
No	Pa
1	
2	
3	V
4	Tu
5	
6	
7	Kon
8	
9	

Sumber: Hasil Pengujian Air Hujan, 2018

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa 10 sampel yang diuji memiliki 1 sampel dan 1 parameter yang melebihi ambang batas. bahwa 10 sampel yang diuji memenuhi ambang batas dan memenuhi syarat untuk dijadikan air bersih yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah No 32 Tahun 2017 dengan 6 parameter sebagai ketentuan.

### 3.2 DATA CURAH HUJAN

Data curah hujan dibutuhkan dalam perencanaan sistem pemanenan air hujan agar dapat mengetahui besaran debit curah hujan yang dapat ditampung. Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan adalah data dari stasiun terdekat dari lokasi yang menjadi studi penelitian, dalam hal ini adalah data curah hujan dari stasiun BMKG kota Yogyakarta.



Gambar 3.2 Grafik Curah Hujan Tahunan ( 2007 – 2016)

Sumber : BMKG Yogyakarta

#### A. Analisa Hujan Rencana

Analisa hidrologi dalam perencanaan pemanenan air hujan atau *rainwater harvesting (RWH)* diperlukan sebagai analisa dalam menentukan besarnya debit rencana pada suatu perencanaan bangunan air lebih tepatnya sistem pemanenan air hujan. Pada perencanaan ini, analisa frekuensi memerlukan data curah hujan yaitu curah hujan maksimum. Dalam menghitung curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Gumbel.

Tabel 3.2 Curah Hujan Harian Maksimum

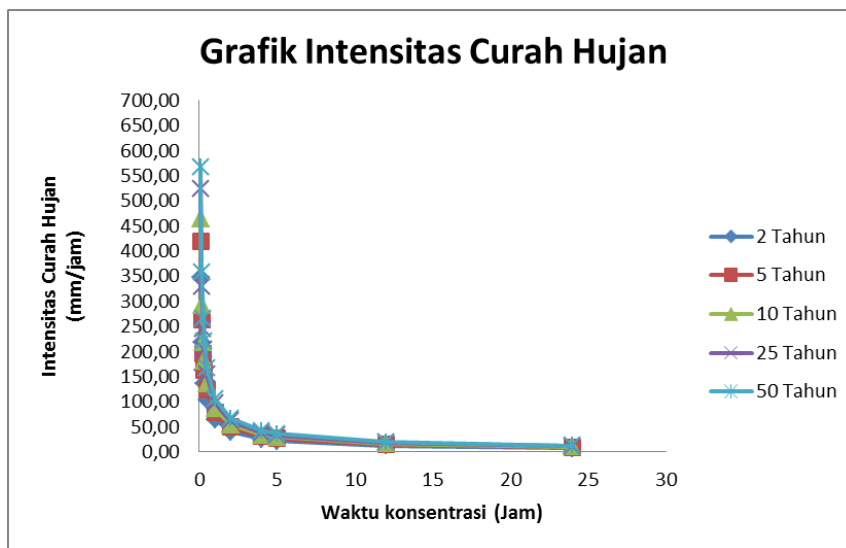
No	Tahun	Rerata Hujan Tahunan (mm)	(R-r)	(R-r) <sup>2</sup>
	2007	212,1	20,6	423



2	2008	201,8	10,3	106
3	2009	132,0	-59,5	3540
4	2010	225,8	34,3	1179
5	2011	172,9	-18,6	345
6	2012	167,8	-23,7	561
7	2013	208,5	17,0	290
8	2014	169,5	-22,0	483
9	2015	170,6	-20,9	437
10	2016	253,9	62,5	3900
<b>Jumlah</b>		1914,8		11264
<b>Rata-rata</b>		191,5		1126

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

## B. Intensitas Hujan



**Gambar 3.3** Intensitas Curah hujan Metode Mononobe

Sumber: Data Primer, 2018

Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.1 diatas nilai intensitas hujan untuk berbagai durasi hujan menggunakan metode Mononobe. Semakin lama durasi hujan maka nilai intensitas hujan akan semakin kecil, ini mengindikasikan bahwa semakin pendek jangka waktu curah hujan makin besar intensitasnya karena hujan tidak selalu kontinu. Pada perencanaan ini menggunakan metode Mononobe PUH 5, dengan asumsi durasi hujan 2 jam didapatkan intensitas hujan sebesar 48,92 mm/jam.

### 3.3 VOLUME AIR HUJAN

UPT Balai Yasa Yogyakarta memiliki luas total area tangkapan sebesar 3,488 Ha, untuk memudahkan sistem pemanenan air hujan dan menghemat biaya konstruksi maka sistem pemanenan air hujan dibagi menjadi 3 segmen. Yaitu segmen 1 yang melayani Kantor, Segmen 2 dan 3 terdapat bagian produksi dimana seluruh kegiatan utama perbaikan lokomotif terdapat pada bagian produksi, dikarenakan bagian produksi memiliki luasan yang mencapai 2,3 Ha maka bagian produksi dibagi menjadi 2 yang terdapat pada segmen 2 dan segmen 3. Berikut ini adalah pembagian segmentasi berdasarkan area pelayanan di kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta.

*Tabel 3.3 Volume Air Hujan Pada gedung segmen 1 UPT Balai Yasa*

No	Nama Gedung	Panjang (p) m	Lebar (l) m	kemiringan (cos (30))	Luas Atap (A) m <sup>2</sup>	Luas Atap (A) ha	Intensitas curah hujan (I) mm/jam	Koefisien atap (C)	Debit (Q) m <sup>3</sup> /detik	Volume tampungan (V) m <sup>3</sup>	Volume (liter)
1	Gedung Sumberdaya	25	19	0,86	552,33	0,0552	48,92	0,95	0,0071	4,28	4278
2	Kantor	32	25	0,86	930,23	0,0930	48,92	0,95	0,0120	7,21	7206
3	Gudang Pabrik	102	15	0,86	1779,07	0,1779	48,92	0,95	0,0230	13,78	13781
4	Kantor Operasi	174	10	0,86	2023,26	0,2023	48,92	0,95	0,0261	15,67	15673
Total									0,0682	40,9	40938,2

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2018*

*Tabel 3.4 Volume Air Hujan Pada gedung segmen 2 UPT Balai Yasa Yogyakarta*

No	Nama Gedung	Panjang (p) m	Lebar (l) m	kemiringan (cos (30))	Luas Atap (A) m <sup>2</sup>	Luas Atap (A) ha	Intensitas curah hujan (I) mm/jam	Koefisien atap (C)	Debit (Q) m <sup>3</sup> /detik	Volume tampungan (V) m <sup>3</sup>	Volume (liter)
1	Bagian Final Test	50	36	0,86	2093,02	0,2093	48,92	0,95	0,0270	16,21	16213
2	Bagian Pengecoran Logam	40	25	0,86	1162,79	0,1163	48,92	0,95	0,0150	9,01	9007
3	Bagian Painting Shop	34	15	0,86	593,02	0,0593	48,92	0,95	0,0077	4,59	4594
4	Bagian Pencucian Lokomotif Barat	25	10	0,86	290,70	0,0291	48,92	0,95	0,0038	2,25	2252
5	Bagian Rangka & Gudang Umum A	96	20	0,86	2232,56	0,2233	48,92	0,95	0,0288	17,29	17294
6	Bagian Bubut Roda A	64	20	0,86	1488,37	0,1488	48,92	0,95	0,0192	11,53	11529
7	Bagian Mesin Diesel A	64	20	0,86	1488,37	0,1488	48,92	0,95	0,0192	11,53	11529
8	Bagian Auxiliary dan Tenaga Listrik A	64	20	0,86	1488,37	0,1488	48,92	0,95	0,0192	11,53	11529
9	Bagian Underfloor A	17	20	0,86	395,35	0,0395	48,92	0,95	0,0051	3,06	3062
Total									0,1450	87,0	87010,6

**Tabel 3.5** Volume Air Hujan Pada gedung segmen 3 UPT Balai Yasa Yogyakarta

No	Nama Gedung	Panjang (p) m	Lebar (l) m	kemiringan (cos (30))	Luas Atap (A) m	Luas Atap (A) ha	Intensitas curah hujan (I) mm/jam	Koefisien atap (C)	Debit (Q) m/detik	Volume tampungan (V) m3	Volume (liter)
1	Bagian Rangka & Gudang Umum B	212	20	0,86	4930,23	0,4930	48,92	0,95	0,0447	26,84	26842
2	Bagian Bubut Roda B	131	20	0,86	3046,51	0,3047	48,92	0,95	0,0393	23,60	23599
3	Bagian Mesin Diesel B	149	20	0,86	3465,12	0,3465	48,92	0,95	0,0447	26,84	26842
4	Bagian Auxiliary dan Tenaga Listrik B	149	20	0,86	3465,12	0,3465	48,92	0,95	0,0447	26,84	26842
5	Bagian Underfloor B	84	20	0,86	1953,49	0,1953	48,92	0,95	0,0252	15,13	15132
6	Bagian Pencucian Lokomotif Timur I	20	13	0,86	302,33	0,0260	48,92	0,95	0,0034	2,01	2014
7	Bagian Pencucian Lokomotif Timur II	20	13	0,86	302,33	0,0260	48,92	0,95	0,0034	2,01	2014
Total									0,2055	123,3	123284,8

Volume air hujan yang dapat ditampung pada gedung UPT balai yasa yaitu sebesar 270,2 m<sup>3</sup> dengan luas cathment area sebesar 3,488 Ha (Tabel 5.4) namun volume air hujan yang dimanfaatkan sebesar 251,2 m<sup>3</sup> dengan *cathment area* 3,373 Ha saja (Tabel 5.5 – 5.7), hal ini dikarenakan dengan jangkauan pelayanan dan profil muka tanah yang berbeda serta ketersediaan lahan untuk membangun *reservoir*, volume air hujan yang dimanfaatkan menyesuaikan dengan kebutuhan air pencucian.

### 3.4 PERENCANAAN JARINGAN PIPA

#### A. Perencanaan Pipa Rainwater Harvesting

Sistem jaringan pipa air hujan pada sistem jaringan pipa segmen 1 didapatkan diameter pipa sebesar 0,2 m (8”), 0,25 m (10”) pada jaringan sekunder dan 0,3 m (12”) sistem jaringan pipa primer. Pada jaringan segmen 2 diameter jaringan pipa sekunder didapatkan sebesar 0,2 m (8”), 0,25 m (10”) dan 0,3 m (12”) sistem jaringan pipa primer. Pada jaringan segmen 2 diameter jaringan pipa sekunder didapatkan sebesar 0,15 m (6”), 0,2 m (8”), 0,25 m (10”) dan 0,3 m (12”) sistem jaringan pipa primer. Pada sistem jaringan pipa primer untuk segmen 2 dan segmen 3 didapatkan diameter pipa sebesar 16” dan 20”, sedangkan untuk pipa PVC terbesar yang dijual dipasaran yaitu sebesar 12”, maka untuk mengatasi hal tersebut pada jaringan pipa primer segmen 1, segmen 2 dan segmen 3 direncanakan menggunakan 2 pipa primer yang dipasang paralel guna mengatasi diameter pipa diatas 12”.

#### B. Perencanaan Pipa Distribusi

Sistem jaringan pipa distribusi pada segmen 1 didapatkan diameter pipa sebesar 0,05 m (2"). Pada segmen 2 didapatkan diameter sebesar 0.05 m (2") dan 0.075 m (2"). Pada segmen 3 menggunakan pipa dengan diameter 0.05 m (2"). Jenis pipa yang digunakan pada sistem distribusi yaitu dengan menggunakan pipa jenis galvanis, karena daya tahan yang tinggi dan cukup untuk mengalirkan pipa bertekanan.

### 3.5 BANGUNAN PELENGKAP

#### A. Reservoir

*Reservoir* yang direncanakan untuk sistem pemanenan air hujan di kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta berjumlah 3 *reservoir* dengan peletakan di masing-masing segmen. Kapasitas *reservoir* harus mampu menampung air hujan yang direncanakan. Penghitungan kapasitas *reservoir* dalam perencanaan ini yaitu menggunakan debit dan volume air hujan yang didapatkan.

Debit dan *volume* air hujan di setiap segmen berbeda diakibatkan karena luas area tangkapan. Pada segmen 1 didapatkan volume total sebesar 41 m<sup>3</sup>, Pada segmen 2 volume tangkapan air hujan sebesar 87 m<sup>3</sup>, dan segmen 3 sebesar 124 m<sup>3</sup>. Penghitungan *volume reservoir* yang direncanakan menggunakan *reservoir* berbentuk tabung dengan bahan dasar *fiberglass*. Direncanakan Diameter *reservoir* sebesar 3 m. Sehingga hasil dimensi dari *volume* yang didapatkan sebagai berikut:

**Tabel 3.6** Dimensi Reservoir Sistem Pemanenan Air Hujan Per Segmen

No	Nama Bangunan	Debit total (m3/detik)	Volume Total (m3)	Diameter (m)	Jari jari (m)	Panjang (m)	Jumlah Reservoir	Panjang tiap reservoir (m)
1	Segmen 1	0,0682	40,9	3	1,5	5,8	1	5,8
2	Segmen 2	0,145	87	3	1,5	12,3	2	6,2
3	Segmen 3	0,2055	123,3	3	1,5	17,5	2	8,7

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dimensi *reservoir* direncanakan memiliki diameter sebesar 3 m. *Volume* tampungan *reservoir* tiap segmen menggunakan satu buah *reservoir* pada segmen 1 serta dua buah *reservoir* pada segmen 2 dan segmen 3. Dimensi pada segmen 1 yaitu memiliki panjang 6 m, segmen 2 memiliki panjang 6,2 m di tiap *resevoirnya*, dan segmen 3 memiliki panjang 9 m pada tiap *resevoirnya*.

#### B. Water Tank

Dimensi *water tank* dihitung berdasarkan *volume* air yang dibutuhkan pada setiap area pelayanan distribusi. Hasil penghitungan pada segmen 1 memerlukan 3 buah *water tank* berukuran 5,67 m<sup>3</sup>, segmen 2 didapatkan *water tank* berukuran 5,67 m<sup>3</sup> dan 1,26 m<sup>3</sup>, kemudian pada segmen 3

didapatkan *water tank* berukuran 1,26 m<sup>3</sup>. dengan menyesuaikan ukuran *water tank* yang tersedia dipasaran maka digunakan *water tank* berukuran 3000 liter dan 6000 liter.

### **C. Pompa Distribusi**

Pompa sentrifugal dipilih dengan mempertimbangkan keuntungan-keuntungan yang didapat sedangkan kerugian diprediksi tidak terjadi (kemungkinan kecil). Pompa yang digunakan berjumlah 2 buah memiliki daya pompa sebesar 192,3 watt dengan efisiensi pompa sebesar 75%.

### **D. Bak Kontrol**

Bak Kontrol merupakan salah satu bangunan penunjang pada jaringan pipa. Bak Kontrol berfungsi untuk menghilangkan tekanan lebih yang terdapat pada aliran pipa, mengendapkan partikel – partikel tersuspensi yang terbawa air hujan dari atap, dan sebagai titik pertemuan *junction* pipa primer dan sekunder.

## **3.6 EFISIENSI SISTEM RAINWATER HARVESTING**

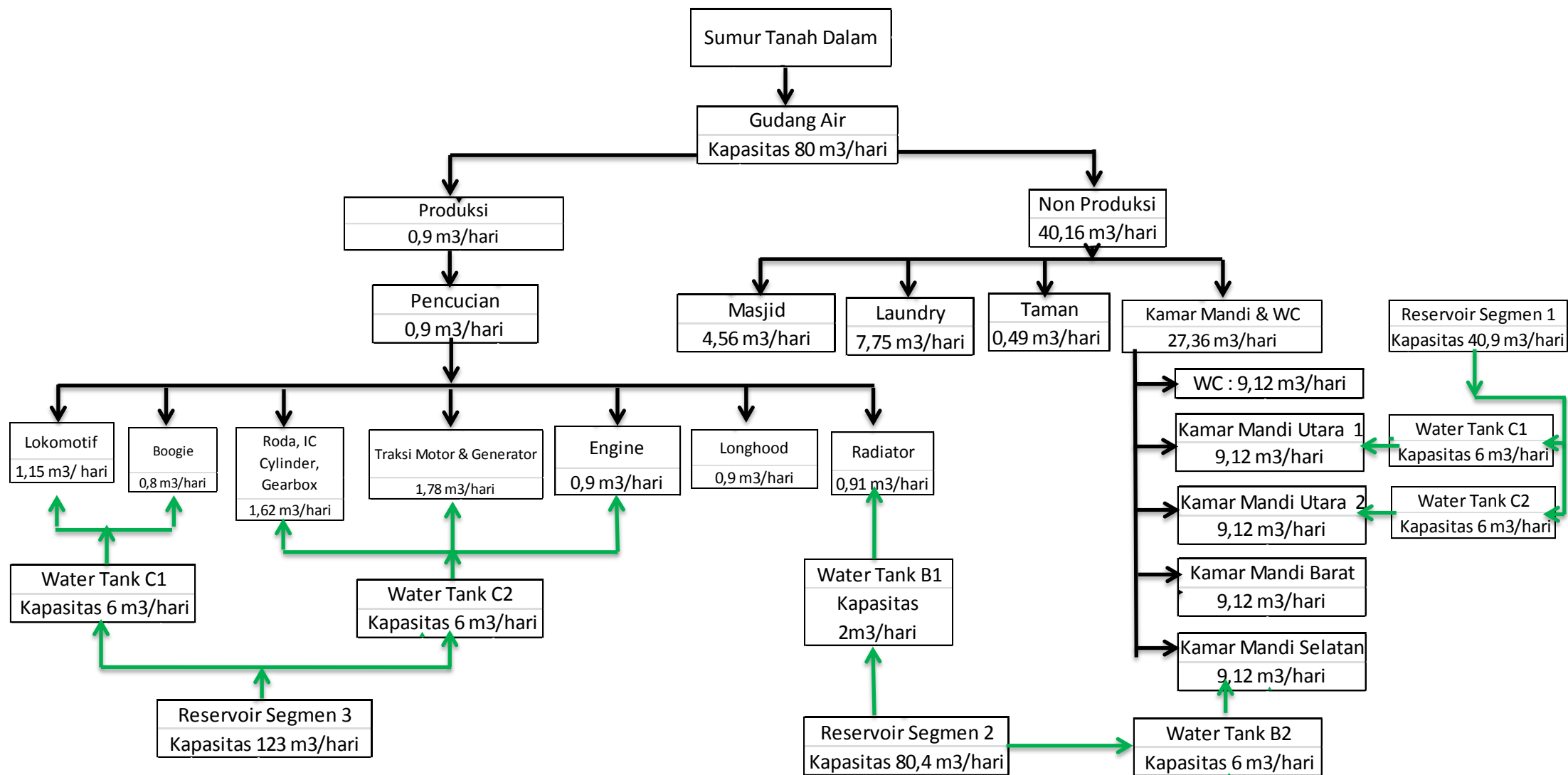
### **A. Neraca Air *Rainwater Harvesting***

Neraca pemakaian air di kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta mengalami penurunan penggunaan air sumur setelah adanya penerapan sistem *Rainwater Harvesting*. Hal ini karena penggantian pemakaian air hujan sebagai sumber air untuk kegiatan produksi dan non produksi. Pemakaian air hujan diterapkan pada kegiatan produksi lebih tepatnya kegiatan pencucian. Kegiatan pencucian yang menggunakan air hujan antara lain pencucian lokomotif, *boogie*, Roda, *IC Cylinder*, *Gearbox*, Traksi Motor, *Generator*, *Engine* dan *Radiator*. Sedangkan pada kegiatan non produksi yang menggunakan air hujan antara lain kamar mandi Utara 1, kamar mandi utara 2 dan Kamar mandi selatan. Tidak semua kegiatan produksi terhubung dengan penggunaan sistem *Rainwater Harvesting*, Karena jarak dan akses distribusi air hujan yang jauh dan sulit dijangkau seperti pencucian *Longhood*, *Water Closet*, Taman, dan Kamar Mandi Barat.

### **B. Efektifitas *Rainwater Harvesting***

Penerapan sistem *Rainwater Harvesting* pada bangunan gedung UPT Balai Yasa Yogyakarta cukup efektif dalam mengurangi penggunaan air sumur. Dikarenakan dapat menutupi 49,8% kebutuhan air UPT Balai Yasa Yogyakarta secara keseluruhan. Penerapan sistem *Rainwater Harvesting* lebih efektif pada bagian produksi karena 90% efektif untuk menutupi kebutuhan air pencucian. Akan tetapi sistem *Rainwater Harvesting* hanya dapat digunakan pada saat terjadi hujan (musim hujan) di bulan (November – April) , dan tidak efektif apabila digunakan saat musim

kemarau dikarenakan tidak terjadi hujan dibulan ( Mei – Oktober). Sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air UPT Balai Yasa Yogyakarta saat musim kemarau.



*Gambar 3.4 Neraca pemakaian air RWH UPT Balai Yasa Yogyakarta*

*Sumber: Hasil Olah data, 2018*

### C. Keuntungan Sistem *Rainwater Harvesting*

Efisiensi dilihat dari segi biaya diperhitungkan melalui menghitung total keuntungan dan penghematan biaya setelah adanya sistem *Rainwater Harvesting* ini dengan penghematan yang terjadi. Secara ekonomi sistem *Rainwater Harvesting* yang direncanakan merupakan sebuah investasi sehingga perlu diketahui apakah investasi tersebut tepat dengan memperkirakan nilai investasi tersebut kembali. Untuk memperkirakan keuntungan setelah adanya sistem *Rainwater Harvesting* dapat diasumsikan kebutuhan pemakaian air eksisting UPT Balai Yasa Yogyakarta menggunakan air PDAM sebagai berikut :

- Biaya kebutuhan air PDAM UPT Balai Yasa Sebelum RWH  
 Kebutuhan Air UPT Balai Yasa Yogyakarta = 72,2 m<sup>3</sup>/hari  
 Biaya PDAM Kota Yogyakarta untuk Industri = Rp. 11.500,-  
 Sehingga,  
 Biaya Kebutuhan PDAM = 72,2 m<sup>3</sup>/hari x Rp. 11.500  
 Biaya Kebutuhan PDAM = Rp. 830.300,- /hari
- Biaya kebutuhan air PDAM UPT Balai Yasa Setelah RWH  
 Kebutuhan Air UPT Balai Yasa Yogyakarta = 36,19 m<sup>3</sup>/hari  
 Biaya PDAM Kota Yogyakarta untuk Industri = Rp. 11.500,-  
 Sehingga,  
 Biaya Kebutuhan PDAM = 36,19 m<sup>3</sup>/hari x Rp. 11.500  
 Biaya Kebutuhan PDAM = Rp. 416.185,- /hari
- Keuntungan setelah RWH  
 Keuntungan = Biaya sebelum RWH – Biaya Setelah RWH  
 Keuntungan = Rp 830.300 - Rp 416.185  
 Keuntungan = Rp. 414.115,- /hari

Keuntungan yang didapatkan setelah adanya penerapan sistem *Rainwater Harvesting* di UPT Balai Yasa yaitu sebesar Rp. 414.115,- /hari didapatkan dari penghematan penggunaan air PDAM.

### 3.7 BILL OF QUANTITY & RENCANA ANGGARAN BIAYA

Pada perencanaan sistem pemanenan air hujan membutuhkan material peralatan yang digunakan untuk membangun sistem jaringan pemanenan air hujan. Dalam perencanaan dibutuhkan Rencana Anggaran Biaya. Pada tabel perencanaan hanya terdapat rekapan untuk anggaran biaya, untuk melihat detail *Bill Of Quantity (BOQ)* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat



pada lampiran BOQ dan RAB. Dalam merencanakan jaringan sistem pemanenan air hujan di UPT Balai Yasa Yogyakarta membutuhkan anggaran biaya sejumlah Rp 5.321.154.000,- atau terbilang lima milyar tiga ratus dua puluh satu juta seratus lima puluh empat ribu rupiah.

Biaya awal yang digunakan untuk menerapkan sistem *rainwater harvestng* merupakan sebuah bentuk investasi apabila dilihat dari segi ekonomi. Karena itu perlu diketahui dari segi investasi apakah nilai investasi sesuai dengan keuntungan yang akan didapatkan. Desain awal sistem *rainwater harvestng* di UPT Balai Yasa Yogyakarta membutuhkan biaya investasi awal sebesar Rp. 5.321.154.000,-. Dan penghematan yang didapatkan yaitu sebesar Rp. 414.115,- /hari. nilai awal pembuatan sistem *Rainwater Harvesting* dikawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta sama dengan penghematan selama 71 tahun 5 bulan. Keuntungan akan didapatkan setelah 71 tahun 5 bulan. Dari perhitungan tersebut waktu yang diperlukan untuk lama biaya investasi kembali cukup lama.

#### 4. KESIMPULAN

- A. Nilai intensitas hujan menggunakan metode Mononobe PUH 5, dengan asumsi durasi hujan 2 jam didapatkan intensitas hujan sebesar 48,92 mm/jam.
- B. Kualitas air hujan dari 10 sampel yang diuji parameter yang melebihi ambang batas dan tidak memenuhi syarat untuk dijadikan air bersih adalah parameter kimia organik yaitu COD (Chemical Oxygen Demand) pada sampel *Painting Shop* bagian utara sebesar 29,4 mg/l melebihi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 kelas air II maksimum sebesar 25 mg/l.
- C. Air hujan pada kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta memiliki potensi cukup besar untuk memenuhi kebutuhan air bersih sebagai air pencucian. air hujan yang dapat ditampung pada kawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta dengan mengaplikasikan sistem *Rainwater Harvesting* adalah sebesar 252 m<sup>3</sup>.
- D. Sistem perpipaan RWH hanya menambah pipa vertikal dihubungkan dengan pipa eksisting satu sama lain lalu dialirkan ke reservoir dan dialirkan ke water tank distribusi.
- E. Kebutuhan air UPT Balai Yasa secara keseluruhan dapat tertutupi sebesar 49 % setelah adanya penerapan sistem *Rainwater Harvesting*.
- F. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan sistem RWH adalah sebesar Rp. 5.321.154.000,-
- G. Nilai awal pembuatan sistem *Rainwater Harvesting* dikawasan UPT Balai Yasa Yogyakarta sama dengan penghematan selama 71 tahun 5 bulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daulay, Nurhamimah., dan Terunajaya. 2010. **Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Di Rumah Tangga.** *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* 11 (2) : 29-39
- Edisono, Sutarto. 1997. **Drainase Perkotaan.** Penerbit Gunadarma. Jakarta
- Fayez A, Abdulla., AW Al-Shareef. 2009. **Roof Rainwater Harvesting Systems For Household Water Supply in Jordan.** *Desalination* 243 : 195-207
- Hamdani. 2014. **Perencanaan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Sambaliung Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau.** *Jurnal Teknik* 39 (1) : 62-66
- Helmreich, B. and H.Horn. 2009. **Opportunities In Rainwater Harvesting.** *Desalination* 248 : 118-124.
- Kahinda Jean-marc Mwenge, Akpofure E. Taigbenu and Jean R.Boroto. 2007. **Domestic Rainwater Harvesting to Improve Water Supply In Rural South Africa.** *Physics and Chemistry of the Earth* 32: 1050-1057.
- Latif, Abdul. 2012. **Pemanfaatan Air Hujan Melalui Teknologi Water Bank Untuk Memenuhi Ketersediaan Air Bersih Disalah Satu Desa Kabupaten Bandung Barat.** Bandung.
- Li, Zhe., Fergal Boyle and Anthony Reynolds. 2010. **Rainwater Harvesting and Greywater Treatment System for Domestic Application In Ireland.** *Desalination* 260 : 1-8.
- Mahmud, Achmad. 2011. **Hidrologi Teknik.** Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Maharjono, Sri., Siti Qomariyah dan Koosdaryani. 2017. **Analisis Dimensi Tanki PAH guna Pemanfaatan Air Hujan sebagai Sumber Air Cadangan untuk Bangunan Rusunawa (Studi Kasus: Rusunawa Semanggi, Surakarta).** *Jurnal Teknik Sipil* 1 (1) : 258 - 264
- Peavy, H. S.M., Rome D.R., and Tchobanoglous G. 1985. **Environmental Engineering.** McGraw-Hill. Singapura.
- Sazaki, E., Alexopoulos, A. and Leotsinidis, M. 2007. **Rainwater Harvesting, Quality Assessment And Utilization In Kefalonia Island, Greece.** *Water Research* 41:2039-2047. In: Kahinda Jean-marc.
- Susana, Tri Yayuk. 2012. **Analisa Pemanfaatan Potensi Air Hujan Dengan Menggunakan Cistern Sebagai Alternatif Sumber Air Pertamanan Pada Gedung Perkantoran Bank Indonesia.** Universitas Indonesia. Jakarta.