



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN SISTEM PEMANFAATAN AIR HUJAN  
SEBAGAI ALTERNATIF AIR SIAP MINUM DI RUSUNAWA  
MENTENG ASRI, BOGOR**

ATIKA KUSUMASTUTI  
0321154000021

DOSEN PEMBIMBING:  
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, M.E., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN SISTEM PEMANFAATAN AIR HUJAN  
SEBAGAI ALTERNATIF AIR SIAP MINUM DI RUSUNAWA  
MENTENG ASRI, BOGOR**

ATIKA KUSUMASTUTI  
0321154000021

DOSEN PEMBIMBING  
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, M.E., Ph.D

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**RAINWATER UTILIZATION AS AN ALTERNATIVE FOR  
DRINKING WATER AT RUSUNAWA MENTENG ASRI,  
BOGOR**

ATIKA KUSUMASTUTI  
NRP. 0321154000021

ADVISOR  
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, M.E., Ph.D

Department of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019





**LEMBAR PENGESAHAN**

**Perencanaan Sistem Pemanfaatan Air Hujan  
Sebagai Alternatif Air Siap Minum di Rusunawa  
Menteng Asri, Bogor**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**ATIKA KUSUMASTUTI**  
NRP. 0321154000021

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D  
NIP. 19620616199003 1 004



**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## **Perencanaan Sistem Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Alternatif Air Siap Minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor**

Nama Mahasiswa : Atika Kusumastuti  
NRP : 03211540000021  
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSLK ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D

### **ABSTRAK**

Kota Bogor memiliki curah hujan yang tinggi yaitu dengan rata – rata 3.500 – 4.000 mm/tahun, dengan kandungan air hujan yang memenuhi baku mutu air bersih. Air hujan Kota Bogor dapat menjadi salah satu alternatif air bersih, dan jika air hujan diolah lebih lanjut dapat dijadikan alternatif air siap minum. Air bersih yang digunakan pada sebagian besar warga Kota Bogor berasal dari ledeng PDAM. Dengan adanya pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum dapat mengurangi biaya konsumsi air yang dibayarkan ke PDAM. Pada perencanaan kali ini, menggunakan Rusunawa Menteng Asri sebagai lokasi penerapan sistem Pemanfaatan Air Hujan. Dengan penghuni Rusunawa Menteng Asri yang rata – rata berpenghasilan menengah kebawah, perencanaan ini diharapkan dapat menghemat biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi air bersih.

Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum dilaksanakan melalui sistem Pemanenan Air Hujan (*Rain Water Harvesting*). Air hujan yang dipanen pada sistem ini akan dijadikan alternatif kebutuhan air bersih dan juga, dapat diolah secara sederhana menjadi air siap minum. Pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) merupakan salah satu teknologi sederhana yang mudah diaplikasikan pada negara berkembang, karena dianggap murah dan mudah dalam pembangunannya. Penerapan sistem pemanenan air hujan dapat menghemat supply air bersih pada rumah bertingkat hingga 34%. Selain itu, keuntungan dari sistem pemanenan air hujan adalah dapat mengurangi kebergantungan pada sistem penyediaan air bersih.



Pengolahan lanjutan untuk air hujan agar siap diminum, disesuaikan dengan kandungan air hujan tersebut. Pada perencanaan ini menggunakan filter karbon aktif dan desinfeksi untuk unit pengolahan. Karena kandungan air hujan terkontaminasi E.Coli dan Total Coliform.

Rancangan anggaran biaya perencanaan sistem pemanenan air hujan sebagai alternatif air siap minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor adalah Rp. 1.453.916.400,00.

Kata kunci : Alternatif Air Bersih, Alternatif Air Siap Minum,  
Pemanenan Air Hujan, Pemanfaatan Air Hujan,  
Pengolahan Air Siap Minum

## **Rainwater Utilization As An Alternative For Drinking Water At Rusunawa Menteng Asri, Bogor**

Name of Student : Atika Kusumastuti  
NRP : 03211540000021  
Study Programme : Environmental Engineering  
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D

### **ABSTRACT**

Bogor city has relatively high average precipitation number, approximately around 3.500 - 4.000 millimeter annually with the quality that meets the clean water quality threshold. The rainwater in Bogor can be one of the alternatives to fulfill the clean water demand, moreover, with further treatment, it can be used as another option for the supply of drinking water. In the current situation, the clean water used by most of the resident in Bogor comes from Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) distribution system. Therefore, the utilization of rainwater as an alternative for the clean and drinking water supply can decrease the water consumption costs paid to the PDAM.

The design of this planning, use the Menteng Asri Flats as the location for implementing the Rainwater Utilization system. With the residents of Menteng Asri Flat, which are on average middle to lower income earners, this plan is expected to save on costs incurred for the consumption of clean water. Utilization of rainwater as an alternative to clean water and drinking water is executed through the Rain Water Harvesting system. The rainwater harvested in this system will be used as an alternative for the need for clean water. It also can be processed with further treatment hence it can be used as drinking water. Rainwater harvesting is a non-complex technology that is easily applied to developing countries due to its considerably cheap price and relatively easy to build. The application of rainwater harvesting systems can save clean water supply in terraced houses up to 34%. In addition, the advantage of rainwater harvesting systems is that it can reduce dependence on clean water supply systems.

Advanced process for, so it can be ready to drink, depends on the content of the rainwater itself. In this design, the selected technologies for processing unit are activated carbon filters and disinfection. The selection of these technologies is due to the contamination of E.coli and Total Coliform to the rainwater.

Key words: Clean water alternative, Drinking water alternative, Rainwater utilization, Rainwater harvesting system, Drinking water treatment.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segenap rahmat yang senantiasa diberika, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas akhir yang saya susun ini berjudul: **“Perencanaan Sistem Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Alternatif Air Siap Minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor”**. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih pada:

1. Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD sebagai dosen pembimbing tugas akhir, yang dengan sabar telah meluangkan waktu untuk membimbing saya hingga tugas akhir ini selesai, serta bersedia memeberikan saran apabila saya menemui kesulitan dalam mengerjakan ini.
2. Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D, Dr. Ali Masduqi, ST., MT, Ir. Atiek Moesriati, M.Kes, Dr. Eng. Arie Dipareza, ST., M.EPM, Welly Herumurti, ST., MT dan Alfani Purnomo, ST., MT sebagai dosen pengarah yang telah memberikan masukan dan perbaikan yang membangun.
3. Kedua orangtua saya yang senantiasa memberikan doa serta dukungan baik berupa moril maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman – teman angkatan yang senantiasa memberi masukan dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kesalahan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang mengarah ke perbaikan sangat diharapkan untuk kesempurnaan penulisan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2019

Penyusun

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Ruang Lingkup .....	3
1.5. Manfaat Penulisan.....	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1. Pengertian Air Hujan.....	5
2.2. Pengertian Air Bersih dan Air Siap Minum .....	5
2.3. Pengertian Rusunawa (Rumah Susun Sederhana Sewa) .	6
2.4. Sistem Pemanenan Air Hujan.....	7
2.4.1. Keuntungan Pemakaian Sistem Pemanenan Air Hujan .....	7
2.4.2. Jenis – Jenis Sistem Pemanenan Air Hujan .....	8
2.4.3. Faktor Sistem Pemanenan Air Hujan.....	9
2.5. Analisa Hidrologi .....	10
2.6. Perencanaan Bak Penampung.....	14
2.7. Perencanaan Pengolahan Air Minum dengan Air Baku Air Hujan .....	15
2.8. Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipaan.....	18
BAB 3 Gambaran Umum dan Wilayah Perencanaan .....	21

3.1. Gambaran Umum Rusunawa Menteng Asri .....	21
3.2. Bangunan Rusunawa Menteng Asri .....	22
BAB 4 Metodologi Penelitian .....	23
4.1. Deskripsi Umum.....	23
4.2. Kerangka Perencanaan .....	23
BAB 5 Pembahasan .....	31
5.1. Kualitas Air Hujan dan Air PDAM Rusunawa Menteng Asri .....	31
5.2. Hasil Kuesioner .....	31
5.3. Kebutuhan Air Bersih dan Air Minum di Rusunawa Menteng Asri .....	35
5.3.1. Kebutuhan Air Bersih .....	36
5.3.2. Kebutuhan Air Minum.....	36
5.4. Luas Atap Bangunan Rusunawa Menteng Asri .....	36
5.5. Diagram Alir Pemanfaatan Air Hujan .....	37
5.6. Curah Hujan .....	40
5.7. Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan .....	41
5.7.1. Ground Reservoir .....	41
5.7.2. Filter Single Media.....	44
5.7.3. Analisa Hidrologi .....	47
5.7.4. Desain Talang .....	69
5.8. Pompa.....	74
5.9. Pengolahan Air Hujan Menjadi Alternatif Air Siap Minum.....	77
5.9.1. <i>Rooftank</i> .....	77
5.9.2. Pengolahan Air Siap Minum.....	79
5.10. Distribusi Air Siap Minum.....	81
5.11. Profil Hidrolis .....	84
5.12. BOQ dan RAB.....	84

5.12.1 Pembersihan Lahan Perencanaan, Papan Nama Kegiatan dan Pembuatan Pagar Sementara.....	85
5.12.2. BOQ dan RAB Perencanaan <i>Ground Reservoir</i> Air Hujan .....	90
5.12.3. Kebutuhan Pipa Pada Perencanaan.....	101
5.12.4. Pengolahan Air Siap Minum.....	115
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	117
6.1. Kesimpulan .....	117
6.2. Saran .....	117
DAFTAR PUSTAKA .....	119
BIOGRAFI PENULIS .....	123



**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter Wajib Air Siap Minum .....	6
Tabel 2.2. Perhitungan yang Digunakan Untuk Mencari Intensitas Hujan .....	12
Tabel 2.3. Kualitas Air Hujan Kota Bogor.....	15
Tabel 2.4. Beban Maksimum yang Diijinkan Untuk Talang Atap (dalam m <sup>2</sup> luas ukuran atap).....	19
Tabel 5.1. Kualitas Air Hujan dan Air PDAM Rusunawa Menteng Asri.....	31
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Minum Tiap Tower.....	36
Tabel 5.3. Luas Atap Rusunawa Meteng Asri.....	37
Tabel 5.4. Curah Hujan per – Bulan Tahun 2018 .....	40
Tabel 5.5. Volume Ground Reservoir Rusunawa Menteng Asri .....	42
Tabel 5.7. Distribusi Media Penahan .....	46
Tabel 5.9. Curah Hujan Maksimum 10 Tahun Terakhir .....	48
Tabel 5.10. Curah Hujan Harian Maksimum Kota Bogor .....	49
Tabel 5.11. Normal Curah HHM.....	50
Tabel 5.12. Nilai R <sub>24</sub> Pada Curah HHM Distribusi Normal.....	51
Tabel 5.13. Log Normal Curah HHM.....	51
Tabel 5.14. Nilai R <sub>24</sub> Pada Curah HHM Distribusi Log Normal..	52
Tabel 5.15. Log Pearsom Tipe III Curah HHM.....	53
Tabel 5.16. Nilai R <sub>24</sub> Pada Curah HHM Distribusi Log Pearson Tipe III.....	54
Tabel 5.17. Distribusi Gumbel Curah HHM .....	54
Tabel 5.18. Data nilai Sn Yn dan Yt .....	55
Tabel 5.19. Nilai R <sub>24</sub> Pada Curah HHM Gumbel.....	55
Tabel 5.20. Nilai R <sub>24</sub> yang Digunakan.....	56
Tabel 5.21. Intensitas Hujan Daerah Jakarta .....	56
Tabel 5.22. Intensitas Berdasarkan Metode Van Breen .....	57

Tabel 5.23. Intensitas Berdasarkan Metode Hasper Weduwen ..	59
Tabel 5.24. Distribusi Hujan Pulau Jawa .....	60
Tabel 5.25. Pola Posisi HHM per Jam Menurut Ranking .....	61
Tabel 5.26. Curah Hujan Setiap PUH dan Setiap Durasi.....	62
Tabel 5.27. Intensitas Hujan Setiap PUH dan Setiap Durasi .....	62
Tabel 5.28. Perbandingan Nilai Intensitas Air Hujan .....	63
Tabel 5.29. Tabel Perbandingan Lengkung Intensitas PUH 2 Tahun.....	65
Tabel 5.30. Tabel Perbandingan Lengkung Intensitas PUH 5 Tahun.....	66
Tabel 5.31. Nilai a dan b pada Rumus Talbot .....	67
Tabel 5.32. Nilai m dan n pada Rumus Sherman .....	67
Tabel 5.33. Nilai c dan d pada Rumus Ishiguro .....	68
Tabel 5.34. Nilai Intensitas Hujan Setiap Rumus pada PUH 2 Tahun.....	68
Tabel 5.35. Nilai Intensitas Hujan Setiap Rumus pada PUH 5 Tahun.....	68
Tabel 5.36. Intensitas Hujan Bogor yang Digunakan .....	69
Tabel 5.37. Luasan Atap Bangunan .....	70
Tabel.5.38. Intensitas Hujan Untuk Perhitungan Talang.....	71
Tabel 5.39. Ukuran Pipa Talang Atap Datar Terbuka .....	72
Tabel 5.40. Ukuran Pipa Tegak Pembuangan Air Hujan .....	74
Tabel 5.41. Kriteria Pompa yang Digunakan untuk Perencanaan .....	75
Tabel 5.42. Kriteria Pompa yang Digunakan untuk Perencanaan .....	77
Tabel 5.42. Ukuran Pipa Air Siap Minum Rusunawa Menteng Asri Bogor .....	82
Tabel 5.43. BOQ dan RAB Pembersihan Lahan.....	86

Tabel 5.44. BOQ dan RAB Pembuatan Papan Nama Kegiatan .	87
Tabel 5.45. Pembuatan Pagar Sementara .....	88
Tabel 5.46. Penggalian Tanah Biasa untuk <i>Ground Reservoir</i> Air Hujan .....	91
Tabel 5.47. Pemasangan Pondasi Batu Belah 1PC : 3PP.....	93
Tabel 5.48. Pembuatan dan Pemasangan Dinding Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting).....	94
Tabel 5.49. Pemasangan Plesteran 1PC : 1PP tebal 15 mm .....	97
Tabel 5.50. Pipa Inlet <i>Ground Reservoir</i> Air Hujan .....	98
Tabel 5.51. Pipa Outlet <i>Ground Reservoir</i> Air Hujan .....	100
Tabel 5.52. Ukuran Pipa .....	101
Tabel 5.53. Pipa Inlet Filter <i>Single Media</i> .....	102
Tabel 5.54. Pipa Outlet Filter .....	103
Tabel 5.55. Pipa Outlet GR Eksisting menuju <i>Rooftank</i> .....	105
Tabel 5.56. Talang Datar Terbuka (49 m) .....	106
Tabel 5.57. Talang Datar Terbuka (45m) .....	108
Tabel 5.58. Talang Datar Terbuka (21 m) .....	109
Tabel 5.59. Talang Datar Terbuka (21 m) .....	111
Tabel 5.60. Talang Datar Terbuka (8 m) .....	112
Tabel 5.61. Talang Tegak Buangan (19,9 m).....	113
Tabel 5.62. Pengolahan Air Siap Minum.....	115

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Lokasi Rusunawa Menteng Asri.....	21
Gambar 3.2. Rusunawa Menteng Asri .....	22
Gambar 4.1. Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air Hujan .....	27
Gambar 5.1. Jumlah Penghuni.....	32
Gambar 5.2. Sumber Air Minum.....	33
Gambar 5.3. Kebutuhan Air Minum Penghuni Rusunawa .....	33
Gambar 5.4. Tagihan Air PDAM.....	34
Gambar 5.5. Kesanggupan Membayar Air PDAM .....	35
Gambar 5.6. Kesiediaan Penghuni Meminum Air Hujan Olahan .	35
Gambar 5.7. Diagram Alir Pemanfaatan Air Hujan .....	1
Gambar 5.8. Grafik <i>supply</i> air hujan dan kebutuhan air bersih penghuni Rusunawa.....	44
Gambar 5.9. Filter Single Media.....	47
Gambar. 5.10. Pembagian Blok Atap Rusunawa Menteng Asri .	70
Gambar 5.11. Gambar Talang Atap Datar Terbuka .....	74
Gambar 5.12. <i>Rooftank</i> Air Siap Minum.....	79
Gambar 5.13 Ilustrasi Perencanaan Desinfeksi .....	80
Gambar 5.13. Lahan Perencanaan .....	85
Gambar 5.14. Tampak samping <i>Ground Reservoir</i> Air Hujan ....	90

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## **BAB 1**

### **Pendahuluan**

#### **1.1. Latar Belakang**

Kota Bogor memiliki curah hujan yang tinggi yaitu dengan rata – rata 3.500 – 4.000 mm/tahun. Menurut Mayasari (2014), bahwa kandungan pada air hujan di Kota Bogor memenuhi baku mutu air bersih dengan parameter kekeruhan, kesadahan dan pH. Karena air hujan telah memenuhi baku mutu air bersih, air hujan dapat dijadikan sebagai alternatif air bersih untuk kebutuhan non-potable (tidak untuk langsung diminum). Jika air hujan tersebut tidak dimanfaatkan akan terbuang percuma. Pemanfaatan air hujan dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut menjadi air siap minum. Dengan karakteristik air hujan Kota Bogor yang sudah memenuhi baku mutu air bersih, pengolahan air siap minum dapat dilakukan secara sederhana. Sehingga, air hujan di Kota Bogor tidak hanya digunakan sebagai alternatif air bersih, tetapi bisa dijadikan sebagai alternatif air siap minum.

Menurut *Laporan Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) Kota Bogor Tahun 2014, bahwa pemakaian air bersih di Kota Bogor sebesar 48,38% bersumber pada ledeng PDAM dan akan terus bertambah pada setiap tahunnya. Dengan melakukan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum diharapkan dapat mengurangi pemakaian air bersih yang bersumber pada air PDAM. Selain itu, pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum lebih hemat dan efisien dari air ledeng PDAM.

Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum dapat dilakukan dengan melalui sistem *Rain water harvesting* atau sistem pemanenan air hujan merupakan salah satu cara untuk pemanfaatan air hujan. Air hujan yang dipanen pada sistem ini dapat dijadikan alternatif kebutuhan air bersih dan dapat diolah lebih lanjut secara sederhana menjadi air siap minum. Pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) merupakan salah satu teknologi sederhana yang mudah diaplikasikan pada negara berkembang misalnya pada negara Malaysia. Menurut Lee (2016), bahwa penerapan sistem pemanenan air hujan dapat menghemat supply air bersih pada rumah bertingkat hingga 34%.



Perencanaan ini dilakukan pada rumah susun sederhana sewa (Rusunawa) di Kota Bogor, yaitu Rusunawa Menteng Asri. Penerapan sistem pemanenan air hujan ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif sumber air bersih pada rusunawa tersebut. Dilanjutkan dengan pengolahan air siap minum sederhana, dapat mengolah air hujan tersebut menjadi air siap minum. Pengolahan dapat dilakukan berdasarkan dengan kualitas air baku yang tersedia, pengolahan dapat dilakukan secara fisik dan/atau biologis. Sesuai dengan penelitian pendahuluan berupa penyebaran kuesioner bahwa sumber air minum dari penghuni Rusunawa Menteng Asri berasal dari air PDAM yang dimasak. Maka, perencanaan ini diharapkan dapat mengurangi pengeluaran biaya untuk penggunaan air PDAM sebagai sumber air bersih dan sumber air siap minum untuk penghuni Rusunawa Menteng Asri.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada perencanaan pemanenan air hujan sebagai alternatif air bersih di Rusunawa Menteng Asri, Bogor adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan sistem pemanenan air hujan untuk alternatif kebutuhan air bersih dan air siap minum di Rusunawa Menteng Asri?
2. Bagaimana merencanakan sistem pengolahan air siap minum dengan bahan baku air hujan di Rusunawa Menteng Asri?
3. Berapakah *Bill of Quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) dari perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai air siap minum?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari perencanaan pemanenan air hujan sebagai alternatif air siap minum adalah sebagai berikut:

1. Mendesain pemanenan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum di Rusunawa Menteng Asri
2. Mendesain pengolahan air siap minum dengan air baku air hujan di Rusunawa Menteng Asri

3. Menghitung besarnya BOQ dan RAB dalam perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai air siap minum

#### **1.4. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pemanenan air hujan direncanakan di Rusunawa Menteng Asri.
2. Air hujan yang dipanen dan dimanfaatkan sebagai air siap minum di Rusunawa Menteng Asri.
3. Baku mutu kualitas air hujan dan air siap minum mengacu pada PERMENKES No.492 Tahun 2010.
4. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan aspek finansial.
5. Mengolah air hujan menjadi air bersih menggunakan unit *filter single media* dengan media karbon aktif.
6. Sistem pengolahan air siap minum menggunakan desinfeksi dengan air baku air hujan di Rusunawa Menteng Asri.
7. Sistem perpipaan yang direncanakan meliputi sistem perpipaan dari area pengolahan menuju kran air siap minum pada setiap lantai.

#### **1.5. Manfaat Penulisan**

Manfaat yang didapatkan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis dapat merencanakan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum di bangunan komersial.
2. Bagi pihak Rusunawa mendapat informasi mengenai alternatif air siap minum dan presentase penghematan yang didapatkan dari perencanaan pemanfaatan air hujan.
3. Bagi masyarakat dapat mengetahui informasi mengenai teknologi alternatif sumber air bersih dan air siap minum dengan pemanfaatan air hujan.

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## **BAB 2**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1. Pengertian Air Hujan**

Menurut anonim (2018), hujan merupakan bentuk presipitasi yang berbentuk cairan yang turun sampai ke bumi. Presipitasi adalah proses pengembunan di atmosfer. Terjadinya air hujan adalah jalannya terbentuk presipitasi yang berbentuk cairan yang turun sampai ke bumi. Hujan dapat terbentuk apabila titik – titik air yang terpisah dari awan jatuh ke bumi.

Kualitas air hujan bergantung pada kontaminan yang ada pada air hujan tersebut. Berikut ini adalah faktor yang mempengaruhi kontaminasi pada air hujan. Yaitu, cuaca, tipe wilayah tangkapan air hujan, tingkat pencemaran udara, tipe tangki penampungan dan pengelolaan air hujan (Kahinda *et al*, 2007). Menurut Helmreich dan Horn (2009), di daerah pedesaan umumnya air hujan yang ditampung sangat bersih. Tetapi pada daerah perkotaan dimana terdapat banyak area industri dan padatnya kendaraan bermotor, mempengaruhi kualitas air hujan. Sehingga air hujan mengandung logam berat dan bahan organik yang berasal dari emisi gas buang industri dan transportasi.

#### **2.2. Pengertian Air Bersih dan Air Siap Minum**

Menurut Lina (2004), air merupakan sumber kehidupan di muka bumi, kita semua bergantung pada air untuk itu diperlukan air yang dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Menurut Djiwosaputro (2000), air bersih adalah air sehat yang dipergunakan untuk kegiatan manusia dan harus bebas dari kuman-kuman penyebab penyakit, bebas dari bahan-bahan kimia yang dapat mencemari air bersih tersebut. Air merupakan zat yang mutlak bagi setiap makhluk hidup dan kebersihan air adalah syarat utama bagi terjaminnya kesehatan.

Sedangkan, menurut Permenkes No 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, pengertian dari air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Memiliki Batasan baku mutu yang sesuai dengan peraturan kementerian kesehatan yang berlaku.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan adalah spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media lingkungan yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat. Sedangkan persyaratan kesehatan adalah kriteria dan ketentuan teknis kesehatan pada media lingkungan.

Persyaratan kualitas air minum ditetapkan dengan tujuan agar air minum yang di konsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Berikut ini adalah baku mutu parameter wajib dari air siap minum menurut Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

**Tabel 2.1. Parameter Wajib Air Siap Minum**

**I. PARAMETER WAJIB**

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

Sumber: Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010

### 2.3. Pengertian Rusunawa (Rumah Susun Sederhana Sewa)

Undang – Undang RI No. 20 Tahun 2011 dalam BAB 1 Pasal 1 menyatakan, rumah susun adalah bangunan gedung

bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian – bagian fungsional, baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satuan – satuan yang masing – masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama dan tanah bersama.

Menurut Brenda (2014), Rusunawa adalah gedung bertingkat yang memiliki tujuan utama sebagai hunian. Dengan status penguasaan sewa pada rumah susun sederhana sewa dimiliki secara bersamaan atau terpisah oleh penghuni Rusunawa. Menurut Permen PU No.5/2007, penyelenggaraan rumah susun memiliki beberapa kriteria umum. Kriteria umum berupa penempatan lokasi, pemenuhan persyaratan pembangunan rumah susun, desain, biaya operasional, kelengkapan bangunan.

## **2.4. Sistem Pemanenan Air Hujan**

Fatih *et al* (2014) menyatakan, Pemanenan air hujan atau *Rain Water Harvesting*, yaitu limpasan air hujan pada suatu bangunan dikumpulkan dalam suatu tempat atau tangki. Menurut Morey (2016), *rain water harvesting* adalah proses pengumpulan air hujan, air hujan yang dikumpulkan dimasukkan kedalam tangki atau penampungan lainnya dan disimpan untuk berbagai tujuan salah satunya suplai air bersih.

Pemanenan air hujan merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air bersih (UNEP, 2001; Yulistyorini, 2011)

### **2.4.1. Keuntungan Pemakaian Sistem Pemanenan Air Hujan**

Ghisi *et al* (2009) menyatakan bahwa, pemakaian air hujan di beberapa tempat dapat menghemat pemakaian air bersih (*potable water*) sebesar 32,7 – 70%. Selain untuk kebutuhan toilet dan taman, air tersebut digunakan untuk pencucian kendaraan. Selain sebagai pengganti air bersih, air hujan dapat diserapkan ke tanah sehingga air tanah akan terisi kembali. Dapat menjadikan konservasi air tanah dan membantu penarikan air tanah. Selain itu, mengurangi volume limpahan air hujan dan dapat mengurangi potensi banjir.

Berdasarkan UNEP tahun 2001, beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut:

1. Meminimalisir dampak lingkungan, dengan penggunaan instrumen yang sudah ada. Seperti, atap rumah, tempat parkir, taman dan lainnya. Sehingga dapat mengurangi pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan.
2. Air hujan yang dikumpulkan akan menjadi lebih bersih atau kualitas lebih tinggi. Maka, dapat memenuhi syarat air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut.
3. Air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih. Selain itu, air hujan dapat diperoleh di lokasi secara langsung tanpa perlu sistem penyaluran air.
4. Pemanenan air hujan dapat mengurangi ketergantungan pada sistem penyediaan air bersih.
5. Sebagai salah satu upaya konservasi air.
6. Pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pembangunan, operasional dan perawatan tidak membutuhkan tenaga kerja dengan keahlian tertentu.

#### **2.4.2. Jenis – Jenis Sistem Pemanenan Air Hujan**

Menurut UNEP (2001), terdapat beberapa sistem pemanenan air hujan yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

- a. Sistem atap (*roof system*), dengan menggunakan atap rumah secara individual, memungkinkan air yang akan terkumpul tidak terlalu signifikan. Jika diterapkan secara masal maka air yang terkumpul sangat melimpah.

- b. Sistem permukaan tanah (*land catchment area*), dengan penggunaan permukaan tanah sebagai alat pengumpulan air hujan. Lebih sederhana dibandingkan dengan sistem atap, pemanenan air hujan dengan sistem ini lebih banyak menyerap air hujan dikarenakan luas penampangnya. Air hujan yang terkumpul dengan sistem ini lebih cocok digunakan pada pertanian, karena kualitas air yang rendah. Air dapat ditampung dalam danau kecil. Terdapat kemungkinan sebagian air yang tertampung akan meresap ke dalam tanah.

### **2.4.3. Faktor Sistem Pemanenan Air Hujan**

Menurut Yulistyorini (2011), faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pemanenan air hujan adalah sebagai berikut:

1. Luas daerah tangkapan hujan dan kapasitas penyimpanan sering kali berukuran kecil atau terbatas, sehingga pada saat musim kemarau panjang tempat penyimpanan air mengalami kekeringan.
2. Pemeliharaan sistem pemanenan air hujan lebih sulit jika tidak dirawat dengan baik dapat berdampak buruk pada kualitas air hujan yang terkumpul.
3. Pengembangan pemanenan air hujan yang dijadikan sebagai alternatif air bersih jika berkembang luas. Dapat mempengaruhi pengeluaran biaya dalam penggunaan air minum pada perusahaan PDAM.
4. Sistem pemanenan air hujan biasanya bukan bagian dari pembangunan gedung. Sehingga jarang atau tidak ada pedoman yang jelas untuk diikuti bagi pengguna atau pengembang.



5. Tangki penyimpanan air hujan berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan makhluk hidup seperti, serangga atau mikroorganisme.
6. Curah hujan merupakan faktor penting dalam operasional sistem pemanenan air hujan.

Sistem pemanenan air hujan biasanya terdiri dari area tangkapan, saluran pengumpul dan/atau pipa yang mengalirkan air hujan yang turun di atap tangki penyimpanan. Saluran pipa memiliki ukuran, kemiringan dan dipasang sesuai dengan kuantitas air hujan yang akan ditampung semaksimal mungkin. Ukuran saluran penampung bergantung pada luas area tangkapan hujan. Biasanya, diameter saluran penampung dapat berukuran 20 – 50 cm (Abdulla *et al*, 2009).

Menurut Malik *et al* (2016) dibutuhkan filter menyaring sampah berupa daun, plastik dan ranting yang ikut bersamaan dengan air hujan dalam saluran penampung sehingga kualitas air hujan terjaga. Dalam kondisi tertentu seperti sudah menurunnya kualitas air hujan yang ditampung, filter perlu dilepas dengan mudah dan dibersihkan.

## **2.5. Analisa Hidrologi**

Dalam perencanaan drainase memerlukan data curah hujan rata-rata yang disebut curah hujan wilayah dan dinyatakan dalam satuan mm. Definisi dari banyaknya curah hujan atau intensitas hujan adalah tinggi air hujan yang tertampung dalam daerah seluas 1 meter persegi tanpa mengalami penyerapan dan penguapan. Jadi, untuk memperoleh data curah hujan dalam satu tahun misalnya maka tinggi air hujan yang tercatat.

Menurut Nurrohman (2015), curah hujan areal dapat dihitung dengan metode Thiessen. Besarnya aliran permukaan dan infiltrasi dihitung menggunakan analisis *water balance* berdasarkan dengan curah hujan bulanan, jumlah curah hujan hari dan karakteristik daerah pengaliran. Dalam perencanaan panen air hujan dibutuhkan curah hujan rencana yang dihitung menggunakan 80% curah hujan konstan. Data hujan dapat diurutkan dari terkecil hingga terbesar, setelah itu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{n}{5} + 1$$

Dimana:

n = jumlah curah hujan

Menurut Handayani (2007), intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Penentuan intensitas air hujan dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{t}$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

R = tinggi hujan (mm)

t = lamanya hujan (jam)

Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar kala ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Kala ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan dinyatakan dalam lengkung IDF (*Intensity-Duration-Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5, 10, 30 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan, antara lain rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro.

Rumus Talbot dikemukakan oleh professor Talbot pada tahun 1881. Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan. Tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga terukur dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

Rumus Sherman dikemukakan oleh professor Sherman pada tahun 1905. Berikut adalah rumus dari intensitas hujan:

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

Rumus Ishiguro ini dikemukakan oleh Dr. Ishiguro tahun 1953. Berikut adalah rumus dari intensitas hujan:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

Dari hasil analisis curah hujan setelah diketahui harga I menurut rumus Bell, Van Breen, dan Hasper Weduwen tersebut di atas, kemudian masing-masing disubstitusikan ke dalam rumus-rumus Talbot, Sherman, dan Ishiguro, dengan metode kuadrat terkecil (Least Square). Persamaan-persamaan menurut Talbot, Sherman, dan Ishiguro dari setiap rumus (Bell, Van Breen, dan Hasper-Weduwen) yang didapat kemudian disubstitusikan kembali harga-harga t tersebut di atas, kemudian dibandingkan dengan harga-harga I hasil analisa. Persamaan yang mempunyai beda terkecil adalah yang terpakai.

**Tabel 2.2. Perhitungan yang Digunakan Untuk Mencari Intensitas Hujan**

PUH (Tahun)	Metode	Rumus	
		a	b
2	Talbot	150.01	0.68
5		207.65	0.81
10		253.12	0.88
25		295.12	0.89

		a	b
2	Sherman	34.56	0.46
5		36.33	0.43
10		37.49	0.41
25		38.58	0.41
		a	b
2	Ishiguro	81.16	0.04
5		112.06	0.10
10		134.84	0.13
25		158.91	0.15

Untuk menghitung kemungkinan debit air hujan yang dapat ditampung dan untuk mendesain talang atau saluran air hujan yang dibutuhkan, memerlukan data sebagai berikut:

**1. Luas area tangkapan atau *catchment area***

Diperlukan mengetahui luas daerah tangkapan yang juga sebagai area limpasan air hujan yang akan digunakan untuk mengetahui berapa banyak air hujan yang dapat ditangkap dan dilimpaskan ke saluran/talang hujan. Pada perencanaan kali ini, menggunakan atap dari Rusunawa Menteng Asri sebagai area tangkapan dan juga area limpasan air hujan.

**2. Penentuan koefisien pengaliran**

Semakin kecil daya serap suatu area limpasan air hujan maka semakin besar koefisien limpasan air hujan. Pada perencanaan kali ini menggunakan atap Rusunawa Menteng Asri sebagai area limpasan air hujan. Menurut Agustianto (2014), penentuan nilai koefisien limpasan air (k) untuk atap sebesar 0,7 hingga 0,95 sedangkan tanah 0,18 hingga 0,22.

### 3. Penentuan I (intensitas lengkung hujan)

Penentuan nilai intensitas lengkung hujan dapat menggunakan rumus dan metode yang sudah dijelaskan sebelumnya.

### 4. Penentuan debit limpasan air hujan

Perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional. Metode ini hanya berlaku untuk menghitung limpasan hujan untuk daerah aliran sampai dengan 13 km<sup>2</sup>, sedangkan untuk daerah yang lebih luas digunakan metode rasional yang dimodifikasi. Pada perencanaan ini daerah aliran kurang dari 13 km<sup>2</sup>, maka menggunakan metode rasional dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 100 / 36 \times C \times I \times A$$

dimana :

Q = debit air hujan yang dapat ditampung (m<sup>3</sup>/det)

C = koefisien pengaliran, nilainya berbeda-beda sesuai dengan tata guna lahan dan faktor - faktor yang berkaitan dengan aliran permukaan di dalam sungai terutama kelembaban tanah. Harga C biasanya diambil untuk tanah jenuh pada waktu permulaan hujan.

I = rata-rata intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkap (ha)

## 2.6. Perencanaan Bak Penampung

Menurut Krishna (2005), perencanaan volume bak penampung ditentukan dengan kesetimbangan:

- Catchment area* dan tinggi curah hujan (suplai)
- Kebutuhan air yang dipergunakan untuk keperluan sehari - hari (*demand*)

Suplai air hujan ditentukan oleh rumus penentuan volume air hujan diatas. Menurut Ali (2017), penentuan total kebutuhan air bulanan dapat dicari menggunakan rumus:

$$D_m = n \times D_d \times N_m$$

Dimana:

D<sub>m</sub> = total kebutuhan air bulanan (liter)

n = jumlah penduduk pengguna air bersih (orang)

D<sub>d</sub> = kebutuhan air bersih harian (liter/orang/hari)

Nm = jumlah hari tiap bulan (hari)

Menurut Nazharia dan Maryati (2014), menentukan volume bak penampungan sebagai berikut. Perencanaan volume bak penampungan harus seimbang antara suplai dan *demand*. Perhitungan volume bak penampungan ini dapat dilakukan dengan cara rumus:

$$V = S - B$$

Dimana:

V = volume bak penampung ( $m^3$ )

S = supply air hujan yang dapat ditangkap ( $m^3$ )

B = kebutuhan air minum dalam satu bulan ( $m^3$ )

## 2.7. Perencanaan Pengolahan Air Minum dengan Air Baku Air Hujan

Air hujan bisa menjadi solusi dari permasalahan krisis air bersih. Sifat air hujan tergolong murni sebelum mencapai tanah sehingga rendah mikroorganisme dengan sifat kimia pH 5-7 dan konsentrasi mineral serta logam berat rendah. Pemilihan unit pengolahan air siap minum berdasarkan dengan kualitas air baku yang tersedia, pada perencanaan kali ini menggunakan air hujan Kota Bogor sebagai air baku pengolahan. Menurut Mayasari (2014), kualitas dari air hujan Kota Bogor sebagai berikut

**Tabel 2.3. Kualitas Air Hujan Kota Bogor**

No	Parameter	Baku Mutu PerMenKes RI No.492/2010	Kualitas Air Hujan
1	pH	65 - 8.5	7.15
2	Suhu	suhu udara $\pm$ 3	25.5
3	Turbiditas (NTU)	5	3.36
4	Nirat (mg/l)	50	0.27
5	Nitrit (mg/l)	3	0.008
6	Amonia (mg/l)	1.5	0.06
7	Sulfat (mg/l)	250	4.58
8	TDS (mg/l)	500	19

No	Parameter	Baku Mutu PerMenKes RI No.492/2010	Kualitas Air Hujan
9	TSS (mg/l)	400	31
10	DHL	20 - 150	38

*Sumber: Mayasari, 2014*

Mengacu pada studi literatur sebelumnya mengenai kualitas air hujan Kota Bogor, pengolahan air hujan hingga menjadi air siap minum cukup dengan menggunakan unit filtrasi sederhana berupa membran filter dan juga desinfeksi. Pengolahan air minum untuk perencanaan yang akan didesain dapat berubah sesuai dengan hasil analisis uji kualitas air hujan eksisting.

Menurut Untari (2015) bahwa filtrasi sederhana adalah teknologi penyaringan dengan berbagai macam media (multi-filter) seperti seperti kerikil, pasir, ijuk. Hal ini dapat dimodifikasi agar hasil lebih optimal menggunakan media adsorpsi seperti *Granular Activated Carbon* (GAC) dan zeolit. Padatan terlarut, mikroorganisme, mineral, dan logam berat dalam air hujan akan teradsorpsi dalam GAC dan zeolit. Teknologi ini dapat dijadikan solusi bagi masyarakat karena pengolahan sederhana dengan alat dan bahan tersedia yang di alam, pengoperasian mudah serta biaya murah.

Menurut Suliastuti (2015), pada proses filtrasi dibutuhkan media filter atau membran filter sebagai penyaring padatan terkandung pada air baku. Media dalam proses filtrasi berfungsi sebagai penyaring kotoran yang tersuspensi dalam air, sehingga air yang keluar sudah terbebas dari pengotor. Penggunaan media filter lebih ekonomis dibandingkan dengan membran filter. Media filter yang dapat digunakan antara lain adalah, sabut kelapa, pasir, kerikil, zeolit dan karbon aktif.

Selain itu, penggunaan filtrasi dapat menggunakan membran filter. Menurut Agmalini (2013), teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain pemisahan dilakukan secara terus – menerus, konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah, proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya

(*hybrid processing*), dan material membrane bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya.

Menurut Ronny (2018), prinsip kerja dari unit filter adalah memisahkan padatan terlarut yang ada dalam air. Pada proses filtrasi, media filter berperan memisahkan atau menghilangkan air dari polutan mikro misalnya zat organik, deter-jen, bau senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat. Pada proses filtrasi partikel-partikel yang cukup besar tersaring pada media filter. Ruang antara rongga media filter berfungsi sebagai sedimentasi dimana butiran terlarut mengendap. Bahan-bahan koloid yang terlarut akan ditangkap karena adanya gaya elektrokinetik. Banyak bahan-bahan terlarut tidak dapat membentuk flok dan pengendapan gumpalan-gumpalan masuk kedalam media filter dan tersaring.

Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter dikategorikan menjadi:

1. Single media: Satu jenis media seperti pasir silika, atau dolomit saja. Filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kwarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian.
2. Dual media: misalnya digunakan pasir silika, dan antrasit. Filter dual media sering digunakan filter dengan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dual media:
  - a. Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam)
  - b. Periode pencucian lebih lama
  - c. Merupakan peningkatan filter single media (murah)
3. Multi media: misalnya digunakan pasir silika, anthrasit dan garnet atau dolomit. Fungsi multi media adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

Susunan media berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi:

- Seragam (*uniform*), ukuran butiran media filter relatif sama dalam satu bak
- Gradasi (*stratified*), ukuran butiran media tidak sama dan tersusun bertingkat



- Tercampur (*mixed*), ukuran butiran media tidak sama dan bercampur

Pemakaian desinfeksi pada pengolahan air siap minum bertujuan untuk menghilangkan bakteri atau mikroorganisme yang tidak diinginkan. Menurut Said (2007), desinfeksi adalah memusnahkan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng atau *shield* manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit, termasuk virus, bakteri dan protozoa parasit. Pemakaian desinfektan tergantung pada jenis bahan kimia yang digunakan, dapat menggunakan klor dan/atau klorin dioksida yang merupakan oksidator yang kuat dibandingkan dengan yang lainnya.

## **2.8. Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipaan**

Menurut SNI 03-7065-2005, mengenai aturan pemasangan drainase atap yang akan direncanakan sebagai berikut:

Drainase atap dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Drainase atap harus kedap air
2. Saringan harus dipasang pad lubang talang tegak. Saringan harus menonjol sekurang – kurangnya 10 cm diatas permukaan atap atau talang datar diukur dari lubang masuk talang tegak. Jumlah luas saringan tidak boleh kecil dari 1,5 kali luas penampang talang tegak.

Berikut ini adalah beban maksimum dan ukuran talang dengan kemiringan yang sudah ditentukan menurut SNI 03-7065-2005.

**Tabel 2.4. Beban Maksimum yang Diijinkan Untuk Talang Atap (dalam m<sup>2</sup> luas ukuran atap)**

Ukuran Pipa mm	Pipa tegak air hujan	Pipa datar pembuangan air hujan			Talang atap datar terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	½%	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250		1920	2710	3845	330	470	665	945
300		3090	4365	6185				
350		5525	7800	11055				

CATATAN Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut diatas harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dibagi dengan kelebihan curah hujan dalam mm perjam.  
Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (selinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk kedalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

Sumber: SNI 03-7065-2005

Menurut SNI 03-7065-2005, mengenai aturan jaringan pipa air minum direncanakan sebagai berikut:

1. Bagian pipa yang mendarat pada sistem pengaliran ke atas, dan ke bawah dipasang dengan kemiringan sekitar 1/300
2. Laju aliran air pada setiap bagian pipa harus ditentukan berdasarkan Unit Beban Air Plambing (UBAP) pada SNI 03-6481-2000 Sistem Plambing untuk masing – masing aie dingin dan air panas
3. Ukuran pipa untuk setiap bagian dari jaringan tersebut ditentukan berdasarkan kehilangan tekanan yang diijinkan atau menggunakan ekivalen tekanan pipa

Tekanan yang dibutuhkan untuk penyaluran air minum dengan menggunakan kran untuk kran air siap minum menurut SNI 03 – 7065 – 2005 adalah  $0,3 \text{ kg/cm}^2$

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## **BAB 3**

### **Gambaran Umum dan Wilayah Perencanaan**

#### **3.1. Gambaran Umum Rusunawa Menteng Asri**

Rusunawa Menteng Asri yang didirikan oleh Dinas Perumahan dan Pemukiman Kota Bogor, untuk warga Bogor dan sekitarnya. Rusunawa Menteng Asri adalah Rumah Susun Sewa Sederhana pertama di Kota Bogor yang didirikan dan diresmikan pada tahun 2008. Rusunawa Menteng Asri memiliki harga sewaan yang relatif murah, guna mengurangi salah satu permasalahan perumahan dan pemukiman di Kota Bogor. Rusunawa Menteng Asri terletak di Jl. Komplek Balitra No.26, Menteng, Bogor Barat. Dengan lokasi yang berada dekat dengan pusat Kota Bogor dan memiliki harga sewa yang relatif murah, minat penghuni makin banyak tiap harinya. Berikut adalah lokasi Rusunawa Menteng Asri dapat dilihat pada Gambar 3.1. Untuk layout Rusunawa Menteng Asri tertera pada lampiran gambar halaman 4.



Gambar 3.1. Lokasi Rusunawa Menteng Asri

### 3.2. Bangunan Rusunawa Menteng Asri

Pada awal tahun diresmikan, Rusunawa Menteng Asri hanya terdiri dari 2 tower yaitu, Tower A dan B. Pada tahun 2010, dikarenakan dianggap peminat Rusunawa yang semakin banyak, sehingga dibangun 2 Tower baru yaitu Tower C dan D. Sehingga, mulai dari tahun 2010 Rusunawa Menteng Asri terdiri dari 4 tower yaitu A, B, C dan D. Setiap towernya memiliki 80 unit yang siap dihuni, maka terdapat 320 unit hunian yang tersedia di Rusunawa Menteng Asri. Rusunawa Menteng Asri memiliki fasilitas pendukung berupa area komersil untuk pertokoan, lahan parkir, mushola, ruang kontrol, lapangan bersama dan taman bermain di lantai dasar. Setiap tower memiliki 1 *ground reservoir* dan 2 *roof tank* untuk menampung air dari PDAM.

Rusunawa Menteng Asri memiliki luas bangunan setiap towernya 2025 m<sup>2</sup> dan luas atap yang akan dijadikan area tangkapan sebesar 1350 m<sup>2</sup>



Gambar 3.2. Rusunawa Menteng Asri

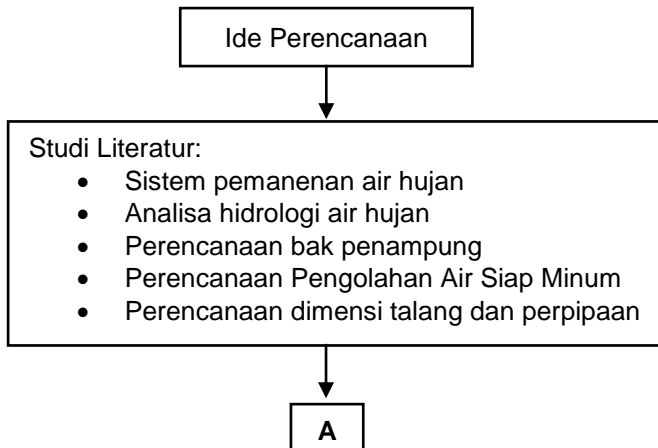
## BAB 4 Metode Perencanaan

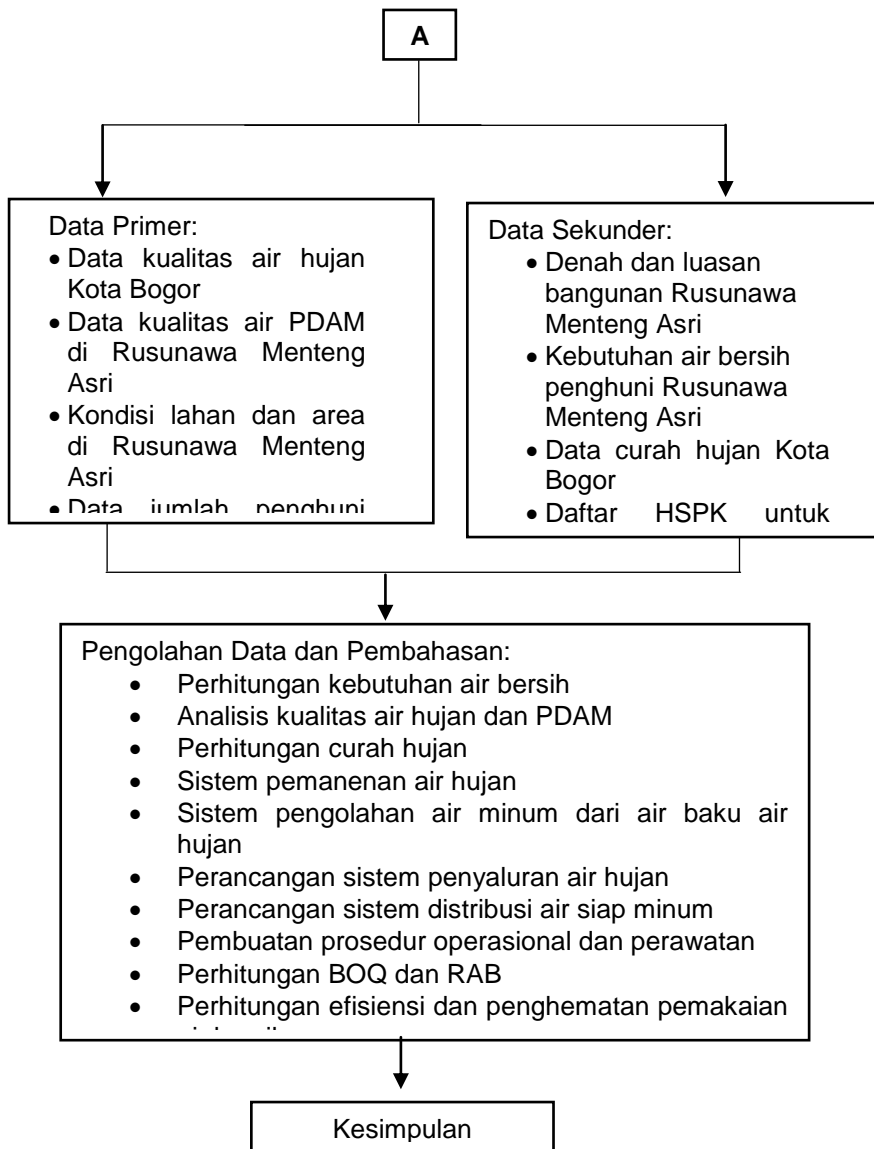
### 4.1. Deskripsi Umum

Perencanaan sistem pemanenan air hujan ini, membahas pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih. Perencanaan ini dilakukan pada Rusunawa Menteng Asri, yang terdiri dari Blok A, B, C dan D. Kerangka perencanaan sistem ini adalah merumuskan ide, studi literatur, melakukan studi lapangan, pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap pengambilan data, data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data tersebut akan diolah dan dianalisis dalam bentuk desain bangunan. Selanjutnya, melakukan perencanaan sistem. Pada tahapan ini akan dilakukan perhitungan kebutuhan air bersih, perancangan pengolahan air siap minum dengan bahan baku air hujan, perencanaan sistem penampungan air hujan, perancangan sistem distribusi air hujan yang akan dipanen dan air siap minum, perhitungan presentasi penghematan pemakaian air hujan sebagai alternatif dan perhitungan BOQ dan RAB.

### 4.2. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan disusun untuk mengetahui gambaran awal tahapan dan metode yang akan digunakan dalam perencanaan sistem ini. Selain itu, untuk mempermudah perancangan dan penyusunan Tugas Akhir. Kerangka perencanaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:





Berikut ini adalah penjelasan dari skema kerangka perencanaan diatas:

### **1. Ide Perencanaan**

Kota Bogor yang dikenal sebagai kota hujan, karena memiliki curah hujan yang tinggi. Dengan kualitas air hujan yang baik hingga memenuhi baku mutu air bersih. Tetapi, pemakaian air bersih Kota Bogor paling banyak menggunakan air yang berasal dari PDAM (menurut Laporan EHRA Kota Bogor Tahun 2014). Dengan merencanakan sistem penampungan air hujan sebagai alternatif air bersih, upaya penghematan pemakaian air bersih pada Rusunawa Menteng Asri.

### **2. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan guna menunjang dan meningkatkan pemahaman mengenai perencanaan. Studi literatur yang digunakan harus sesuai dan dapat menunjang setiap bahasan pada perencanaan. Studi literatur yang digunakan dapat berasal dari jurnal penelitian/perencanaan (internasional/nasional), text book, tugas akhir atau artikel yang berhubungan. Dasar teori yang perlu diketahui dalam perencanaan ini adalah:

- Sistem pemanenan air hujan
- Analisa hidrologi air hujan
- Perencanaan bak penampung
- Perencanaan pengolahan air siap minum
- Perencanaan dimensi talang dan perpipaan

### **3. Pengumpulan Data**

Data yang digunakan pada perencanaan ini berupa data primer dan data sekunder, sebagai berikut:

#### **a. Data Primer**

Data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Data kualitas air hujan Kota Bogor
- Data kualitas air PDAM di Rusunawa Menteng Asri
- Kondisi lahan dan area di Rusunawa Menteng Asri
- Data jumlah penghuni Rusunawa Menteng Asri

#### **b. Data Sekunder**



Data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Denah dan luasan bangunan Rusunawa Menteng Asri
- Kebutuhan air bersih penghuni Rusunawa Menteng Asri
- Data curah hujan Kota Bogor
- Daftar HSPK untuk RAB

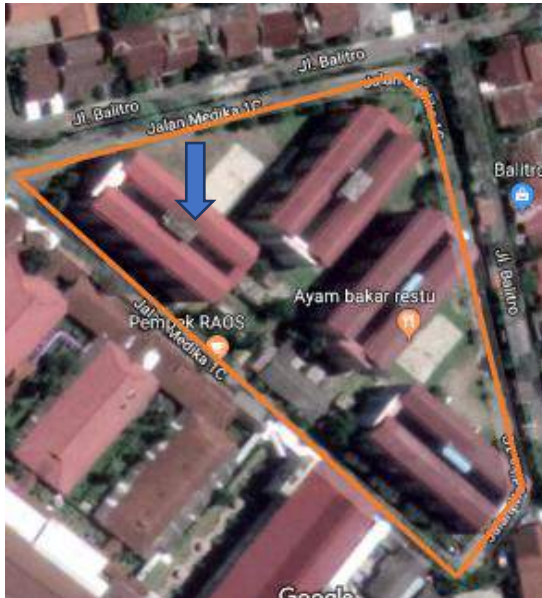
#### **4. Pengolahan Data dan Pembahasan**

Pengolahan data dan pembahasan dapat dilakukan setelah data primer dan sekunder terkumpul. Data digunakan untuk menghitung rancangan sistem pemanenan air hujan di Rusunawa Menteng Asri sebagai alternatif air bersih. Pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Perhitungan kebutuhan air bersih dan air siap minum. Berdasarkan dengan data jumlah penghuni Rusunawa Menteng Asri dan kebutuhan air bersih per orang tiap harinya. Maka dapat diketahui kebutuhan air bersih Rusunawa Menteng Asri dalam sehari. Menurut Kementerian PUPR tahun 2007, kebutuhan air bersih di kota sedang 90 – 120 l/orang.hari. Pada perencanaan ini digunakan debit kebutuhan air bersih 90 L/org.hari, untuk mencari debit kebutuhan air bersih adalah mengalikan antara jumlah penghuni rusunawa dengan debit kebutuhan air bersih.

Sedangkan perhitungan kebutuhan air siap minum di Ruusnawa Menteng Asri didapatkan dari hasil kuesioner yang sudah disebar. Yaitu, 2 L/org.hari untuk mencari debit kebutuhan air bersih adalah mengalikan antara jumlah penghuni rusunawa dengan debit kebutuhan air bersih.

- b. Analisis kualitas air hujan dan PDAM  
Parameter wajib air siap minum yang tercantum pada Permenkes No.492 tahun 2010. Kualitas yang dianalisis adalah air hujan dan air PDAM di Rusunawa Menteng Asri. Lokasi untuk pengambilan sampel adalah di atap Rusunawa Menteng Asri Kota Bogor. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan titik lokasi pengambilan sampel air hujan.



Gambar 4.1. Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air Hujan

c. Perhitungan curah hujan

Perhitungan curah hujan atau analisa hidrologi untuk mengetahui debit air hujan yang dapat ditampung. Melalui koefisien laju air hujan (c) dan intensitas air hujan. Perhitungan dilakukan dengan berbagai metode, pada perencanaan ini dalam mengetahui analisa curah hujan maksimum menggunakan:

- Metode Normal, dengan rumus:  

$$R_{24} = X_r + (K_t \times \text{Standar Deviasi})$$
- Metode Normal Log, dengan rumus:  

$$\text{Log } R_{24} = X_r + (K_t \times \text{Standar Deviasi})$$
- Log Pearson III
- Gumbel

Sedangkan metode yang digunakan untuk mengetahui distribusi intensitas hujan adalah:

- Metode Van Breen, dengan rumus:

$$I \text{ pada durasi } x = \frac{I \text{ Kota Jakarta pada durasi } x}{I \text{ Kota Jakarta pada durasi } 240} \times I \text{ hitungan}$$

- Hasper Weduwen, dengan rumus:

$$1 \leq t \leq 24 \text{ jam } \text{Æ}R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12} \left[ \frac{X_t}{100} \right]}$$

$$0 < t < 1 \text{ } \text{Æ}R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12} \left[ \frac{R_1}{100} \right]}$$

$$\text{dimana } R_1 = X_T \left[ \frac{1218t + 54}{X_T(1-t) + 1272t} \right]$$

t = durasi hujan (mm/jam)

R, R<sub>1</sub> = curah hujan menurut Hasper & Weduwen (mm)

X<sub>T</sub> = HHM terpilih (mm)

- Bell, dengan rumus:

d. Sistem pemanenan air hujan

Perencanaan sistem pemanenan air hujan direncanakan meliputi:

- Sistem talang yang mengalirkan air hujan dari atap bangunan rusunawa menuju *ground reservoir*. Menghitung sistem talang dengan mengacu pada SNI 03-7065-2005, dengan menggunakan perbandingan luas atap eksisting dengan luas atap yang ditetapkan oleh SNI 03-7065-2005 untuk mendapatkan diameter dari talang.
- Bak penampung atau *ground reservoir* yang direncanakan berdasarkan dengan suplai air hujan dan kebutuhan air bersih. Mencari volume *ground reservoir*, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = M \times A \times F$$

Dimana:

S = *supply* air hujan (m<sup>3</sup>)

M = curah air hujan harian (mm/hari)

A = luas area tangkapan air hujan (m<sup>2</sup>)

F = koefisien *runoff* (0,9)

- e. Perancangan pengolahan air siap minum dengan bahan baku air hujan yang sudah ditangkap.

Pengolahan air siap minum dengan bahan baku air hujan menggunakan desinfeksi berupa gas ozon.

f. Sistem distribusi pengolahan air siap minum, dengan perencanaan sebagai berikut:

- Merencanakan *rooftank* untuk menyimpan air siap minum sementara, dengan rumus sebagai berikut:

$$Ve = (Qp - Qhmaks)Tp - (Qpu \times Tpu)$$

Dimana:

Ve : volume *rooftank* (m<sup>3</sup>)

Qp : kebutuhan air puncak (m<sup>3</sup>/menit)

Qhmaks: kebutuhan jam puncak (m<sup>3</sup>/menit)

Qpu : kapasitas pompa mengisi (m<sup>3</sup>/menit)

Tp : jangka waktu kebutuhan (menit)

Tpu : jangka waktu pengisian (menit)

- Pengolahan air siap minum diatas atap, sehingga air yang didistribusikan sudah langsung siap minum. Dengan menghitung kerugian gesek menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{1000 \times (H - H1)}{(L + l)}$$

Dimana: H = Head statis pada alat plambing

H1 = head alat plambing

L = Panjang pipa lurus, pipa utama

l' = Panjang pipa lurus, pipa cabang

K = Koefisien sistem pipa (2-3)

- Setiap lantai memiliki 2 (dua) kran air siap minum atau tap water.

g. Perhitungan BOQ dan RAB, yang berdasarkan dengan HSPK Kota Bogor Anggaran Tahun 2019.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran yang diberikan setelah perencanaan dan analisis dilakukan.

**“Halaman sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **Pembahasan**

#### **5.1. Kualitas Air Hujan dan Air PDAM Rusunawa Menteng Asri**

Pengujian kualitas air hujan dan air PDAM bertujuan untuk mengetahui kelayakan air hujan di daerah Rusunawa Menteng Asri sebagai alternatif air bersih dan air siap minum. Parameter yang diujikan adalah pH, suhu, turbiditas, TDS (Total Dissolve Solid), escherichia coli (E.coli) dan total coliform. Lokasi pengambilan sampel air hujan Kota Bogor dilakukan di atap Rusunawa Menteng Asri. Hasil pengujian air kualitas air hujan dan air PDAM dengan parameter diatas, tercantum pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1. Kualitas Air Hujan dan Air PDAM Rusunawa Menteng Asri**

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Air Hujan Kota Bogo</b>	<b>Air PDAM</b>
pH		6,9	7,1
Suhu	°C	26	26
Turbiditas	NTU	1,3	<0,02
TDS	mg/l	20	130
E. coli	MPN/100ml	1700	240
Total Coliform	MPN/100ml	52000	330

*Sumber: hasil penelitian*

Dari hasil pengujian diatas, air hujan dan air PDAM Rusunawa Menteng Asri tidak memenuhi baku mutu PERMENKES No.492 Tahun 2010 adalah parameter E.coli dan total coliform. Diperkirakan dikarenakan atap dari rusunawa yang dijadikan *catchment area* sudah terkontaminasi.

#### **5.2. Hasil Kuesioner**

Kuesioner yang disebarakan kepada para penghuni Rusunawa Menteng Asri, guna mendapatkan data yang dapat

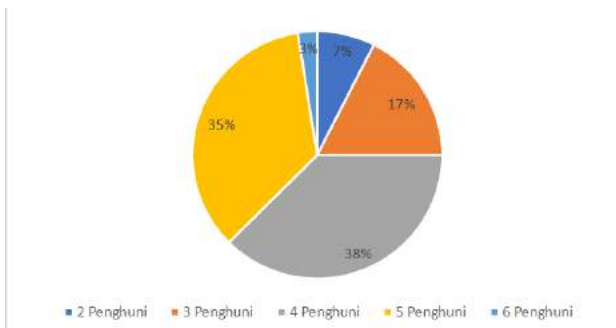
menunjang perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum di Rusunawa Menteng Asri.

Jumlah kamar pada setiap tower adalah 80 kamar, diasumsikan terdapat 80 KK setiap tower. Menghitung banyaknya sampel yang dibutuhkan menggunakan rumus slovin, yang tertera pada persamaan perhitungan sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{80}{1 + 80 (0,14)^2} = 31 \text{ KK}$$

Maka, dibutuhkan 31 KK setiap tower agar hasil kuesioner representatif.

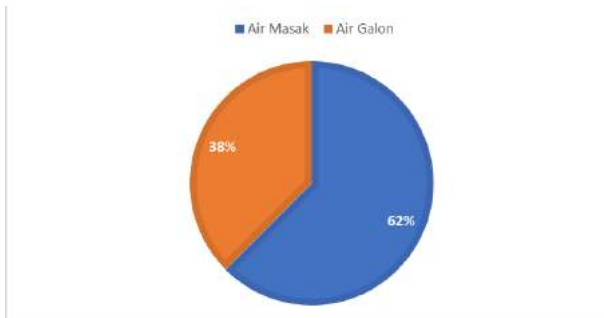
Berdasarkan dengan kuesioner yang sudah disebar, rata – rata penghuni setiap kamarnya terdapat 4 orang, berikut ini adalah diagram hasil kuesioner



Gambar 5.1. Jumlah Penghuni

Dari hasil diagram diatas, jumlah penghuni dari Rusunawa Menteng Asri lebih dominan 4 orang setiap kamar atau KK.

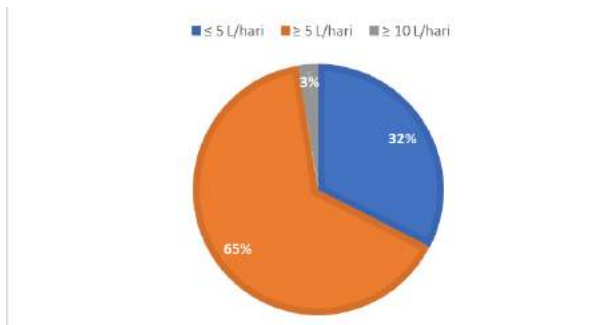
Sumber air minum yang digunakan oleh penghuni Rusunawa Menteng Asri, sebagian besar dari air PDAM yang tersedia dimasak. Diagram sumber air minum dari penghuni Rusunawa Menteng Asri dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Sumber Air Minum

Dari hasil diagram diatas, bahwa sumber air minum dari penghuni Rusunawa Menteng Asri lebih dominan berasal dari air PDAM yang dimasak. Permasalahan ini dikarenakan tidak adanya orang yang bersedia untuk mengangkat galon untuk minum ke lantai atas.

Kebutuhan air minum penghuni Rusunawa Menteng Asri yang berbeda – beda dibutuhkan untuk merencanakan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum. Untuk mengetahui apakah suplai air hujan dapat memenuhi kebutuhan air minum dari penghuni Rusunawa Menteng Asri. Berikut ini adalah gambar dari hasil kuesioner mengenai kebutuhan air minum rata – rata dalam satu hari



Gambar 5.3. Kebutuhan Air Minum Penghuni Rusunawa

Dari hasil diagram diatas, penghuni Rusunawa Menteng Asri setiap kamarnya membutuhkan lebih dari 5 L/hari kurang dari 10 L/hari untuk air minum diluar dari air memasak.



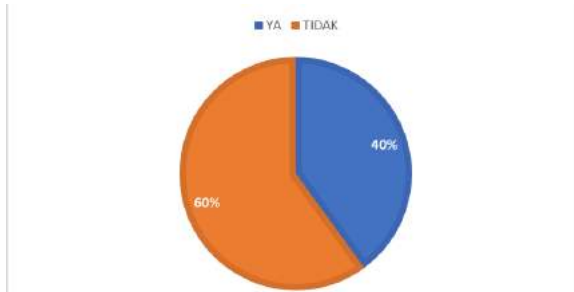
Data dari tagihan air PDAM setiap kamar atau KK dari Rusunawa Menteng Asri, diperlukan untuk menghitung efisiensi yang akan diperoleh jika menggunakan air hujan sebagai salah satu alternatif dari sumber air minum ataupun sumber air bersih. Berikut ini adalah diagram mengenai tagihan air PDAM penghuni Rusunawa rata – rata selama beberapa bulan terakhir.



Gambar 5.4. Tagihan Air PDAM

Dari hasil diagram diatas, diketahui bahwa tagihan air PDAM setiap kamar perbulannya rata – rata mencapai lebih dari Rp. 50.000 dibawah Rp. 100.000. Menurut penghuni Rusunawa Menteng Asri, terjadinya kenaikan harga tagihan air PDAM secara resmi dari pengurus rusunawa.

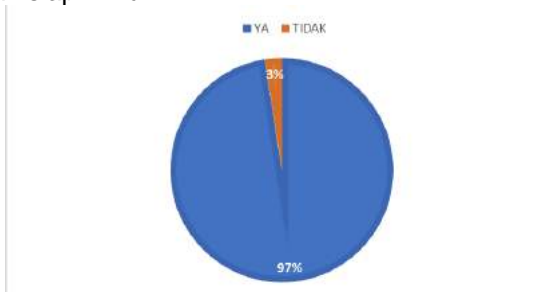
Pada kuesioner terdapat pertanyaan mengenai seberapa keberatan membayar tagihan air PDAM setiap bulannya. Untuk mengetahui seberapa butuhnya suplai air hujan dalam alternatif air bersih. Berikut ini adalah diagram mengenai kesanggupan penghuni rusunawa dalam membayar tagihan air PDAM setiap bulannya.



Gambar 5.5. Kesanggupan Membayar Air PDAM

Dari hasil diagram diatas, penghuni rusunawa dominan tidak sanggup membayar air PDAM setiap bulannya. Karena tagihan air PDAM disesuaikan dengan pemakaian air PDAM setiap bulan.

Kesediaan penghuni rusunawa dalam meminum air hujan olahan, untuk mengetahui perencanaan ini dapat berjalan atau tidaknya. Berikut ini adalah diagram mengenai kesediaan penghuni rusunawa dalam meminum air hujan yang diolah menjadi air siap minum.



Gambar 5.6. Kesediaan Penghuni Meminum Air Hujan Olahan Berdasarkan diagram diatas, penghuni rusunawa dominan bersedia meminum air hujan yang diolah menjadi air siap minum.

### 5.3. Kebutuhan Air Bersih dan Air Minum di Rusunawa Menteng Asri

Kebutuhan air bersih di Rusunawa didapatkan dengan menggunakan metode jumlah penghuni. Rusunawa Menteng Asri dibagi menjadi 4 tower, dengan masing – masing tower memiliki 80 unit hunian dan sesuai dengan hasil kuesioner sebagian besar

terdapat 4 orang setiap unit hunian. Pada 1 tower Rusunawa Menteng Asri memiliki 320 penghuni.

### 5.3.1. Kebutuhan Air Bersih

Menurut Kementrian PUPR tahun 2007, kebutuhan air bersih di kota besar 90 – 120 L/orang.hari. Kota Bogor termasuk dalam kota besar, maka direncanakan kebutuhan air bersih setiap penghuni rusunawa adalah 90 L/hari.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air bersih} &= \text{jumlah penghuni} \times \text{kebutuhan air} \\ &= 320 \text{ org} \times 90 \text{ L/org.hari} \\ &= 28800 \frac{\text{L}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air bersih tiap towernya adalah 28.800 L/hari.

### 5.3.2. Kebutuhan Air Minum

Kebutuhan air bersih setiap penghuni didapatkan dari data kuesioner yang sudah disebarakan. Setiap tower memiliki kebutuhan air minum yang berbeda – beda berdasarkan dengan sumber air minum yang digunakan. Kebutuhan air minum tiap tower tercantum pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2. Kebutuhan Air Minum Tiap Tower**

Tower	Kebutuhan Air (L/hari/org)	Total (L/hari)
A	1,75	560
B	1,9	608
C	1,28	411,05
D	1,3	414,10

*Sumber: hasil kuesioner*

### 5.4. Luas Atap Bangunan Rusunawa Menteng Asri

Bangunan pada setiap tower memiliki desain dan ukuran yang sama, sehingga perhitungan luasan atap dilakukan sekali untuk semua tower di Rusunawa Menteng Asri. Untuk mempermudah perhitungan dilakukan sistem blok, luasan setiap blok atap tercantum pada Tabel 5.3.

Pembagian blok atap tercantum pada lampiran gambar halaman 2.

Contoh perhitungan luasan atap adalah sebagai berikut

Blok 1

Tinggi atap = 2,4 m  
 Panjang atap = 49 m  
 Lebar atap = 3,25 m  
 Luas Atap =  $lebar\ atap \times panjang\ atap$   
 =  $49 \times 3,25 = 284,04\ m$

**Tabel 5.3. Luas Atap Rusunawa Menteng Asri**

Blok	Luas (m <sup>2</sup> )
1	221,3
2	221,3
3	63,8
4	63,8
5	194,3
6	194,3
7	42,8
8	42,8

Maka, luas atap bangunan setiap tower di Rusunawa Menteng Asri adalah 1044,4 m<sup>2</sup>

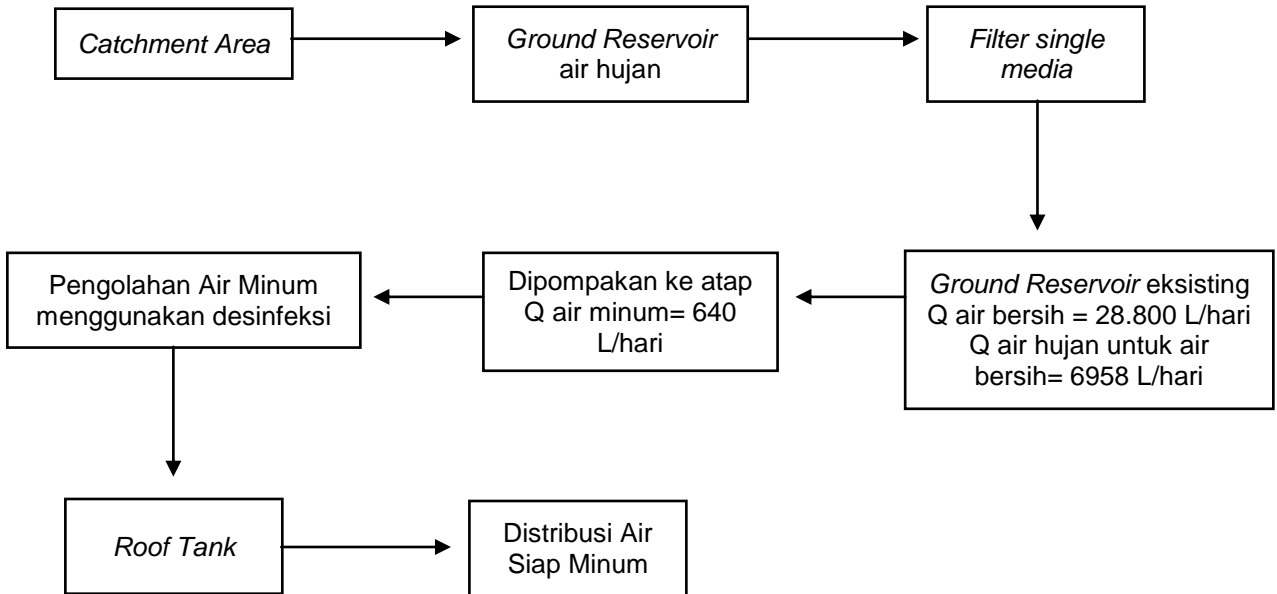
### 5.5. Diagram Alir Pemanfaatan Air Hujan

Gambar dari diagram alir dari perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air bersih dan air siap minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor tertera pada Gambar 5.7.

Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum dan air bersih pada perencanaan ini dilakukan dengan langkah awal. Air hujan yang jatuh ke atap Rusunawa Menteng Asri, dialirkan menggunakan talang datar terbuka dan talang tegak air hujan buangan menuju *ground reservoir* air hujan. Selanjutnya air hujan diolah menggunakan *filter single media* dengan media berupa karbon aktif. Air hujan yang sudah diolah menggunakan filter dialirkan menuju *ground reservoir* eksisting, dicampur antara air hujan dan air pdam.

Pada perencanaan ini diketahui kebutuhan total debit air bersih dari satu tower rusunawa dalam satu hari adalah 28.800 L. Direncanakan debit air hujan yang tertangkap saat bulan februari dalam satu harinya adalah 7.598 L. Sedangkan, debit kebutuhan air minum satu tower dalam satu hari adalah 640 L. Maka, air hujan yang dimanfaatkan sebagai alternatif air bersih setiap harinya adalah 6958 L

Dari *ground reservoir* eksisting dipompakan ke atas bangunan direncanakan 640 L/hari sebagai air siap minum. Air yang sudah dipompakan diolah menggunakan desinfeksi sehingga air sudah siap minum, lalu di alirkan kedalam *rooftank* sebelum air siap minum didistribusikan.



Gambar 5.7. Diagram Alir Pemanfaatan Air Hujan

## 5.6. Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan data Stasiun Klimatologi Bogor yang berada di daerah Dramaga. Data curah hujan yang digunakan untuk perencanaan adalah curah hujan 10 tahun terakhir. Pada tahun terakhir (2018), september merupakan bulan yang memiliki curah hujan tertinggi tetapi tidak terdapat data curah hujan harian yang lengkap. Sehingga perencanaan ini menggunakan bulan ke-dua tertinggi yaitu bulan februari. Data curah hujan setiap bulan tercantum pada Tabel 5.4. Data curah hujan harian bulan februari tercantum pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.4. Curah Hujan per – Bulan Tahun 2018**

Bulan	Curah Hujan mm
Januari	130
Februari	526
Maret	349
April	284
Mei	319
Juni	410
Juli	201
Agustus	179
September	319
Oktober	331
November	207
Desember	181

*Sumber: BMKG Kota Bogor 2018*

Berikut ini adalah potensi volume air hujan yang tertangkap setiap bulannya:

Volume air hujan = C x Curah hujan bulanan X Luas Atap

1. Januari =  $0,9 \times 130 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 122,19 \text{ m}^3$
2. Februari =  $0,9 \times 526 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 494,42 \text{ m}^3$
3. Maret =  $0,9 \times 349 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 328 \text{ m}^3$
4. April =  $0,9 \times 284 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 233,1 \text{ m}^3$

5. Mei =  $0,9 \times 319 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 299,8 \text{ m}^3$
6. Juni =  $0,9 \times 410 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 385,4 \text{ m}^3$
7. Juli =  $0,9 \times 201 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 189 \text{ m}^3$
8. Agustus =  $0,9 \times 179 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 168,3 \text{ m}^3$
9. September =  $0,9 \times 319 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 299,8 \text{ m}^3$
10. Oktober =  $0,9 \times 331 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 311,1 \text{ m}^3$
11. November =  $0,9 \times 207 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 194,6 \text{ m}^3$
12. Desember =  $0,9 \times 181 \text{ mm} / 1000 \times 1044,4 \text{ m}^2 = 170,1 \text{ m}^3$

## 5.7. Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan

### 5.7.1. Ground Reservoir

Dimensi ground reservoir dipengaruhi dengan *supply* air hujan yang dapat ditampung dan kebutuhan air penghuni rusunawa. Penentuan dimensi ground reservoir yang dibutuhkan dihitung melalui akumulasi *supply* air hujan dan akumulasi kebutuhan air penghuni rusunawa selama satu bulan. Bulan yang digunakan untuk perencanaan ini adalah Bulan Februari 2018 yang memiliki curah hujan tertinggi setelah Bulan September. Bulan September memiliki curah hujan tertinggi pada tahun 2018. Tetapi, tidak memiliki data yang lengkap mengenai curah hujan harian. Maka, menggunakan Bulan Februari yang merupakan curah hujan harian tertinggi ke 2 dan memiliki data curah hujan harian yang lebih lengkap.

*Supply* air hujan untuk kebutuhan air bersih dan air minum dipengaruhi dengan luas atap rusunawa sebagai area tangkapan air hujan, curah hujan rata – rata dan koefisien *runoff*. Perhitungan *supply* air hujan diperlukan data volume air hujan yang dapat ditampung melalui perhitungan:

$$S = M \times A \times F$$

Dimana:

$S = \text{supply air hujan (m}^3\text{)}$

$M = \text{curah air hujan harian (mm/hari)}$

$A = \text{luas area tangkapan air hujan (m}^2\text{)}$

$F = \text{koefisien runoff (0,9)}$

Contoh perhitungan:

Supply air hujan tanggal 3 Februari 2018

Curah hujan = 61,5 mm/hari

Luas atap = 1374,17 m<sup>2</sup>



$$\text{Supply air hujan (S)} = \left(\frac{61.5}{1000}\right) \times 1044,4 \times 0,9 = 84,51\text{m}^3$$

Kemudian, suplai air hujan akan dikurangkan dengan volume kebutuhan air perhari setiap penghuninya, dengan rumus sebagai berikut:

$$V = S - B$$

Dimana:

V = volume bak penampungan ( $\text{m}^3$ )

S = *supply* air hujan yang dapat ditampung ( $\text{m}^3$ )

B = volume kebutuhan air setiap penghuni ( $\text{m}^3$ )

Contoh perhitungan:

Volume kebutuhan air hujan setiap hari = 90 L

Volume kebutuhan air bersih pada rusunawa = 90 L

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{org}$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{org} \times$$

$$320 \text{ org}$$

$$= 28,8 \text{ m}^3$$

$$V = S - B$$

$$V = 84,51 \text{ m}^3 - 28,8 \text{ m}^3$$

$$V = 55,7 \text{ m}^3$$

Volume Ground reservoir tercantum pada table berikut ini,

**Tabel 5.5. Volume Ground Reservoir Rusunawa Menteng Asri**

Tanggal	Curah Hujan (mm)	vol supply (m3)	vol akumulasi hujan (m3)	vol pemakaian (m3)	vol akumulasi pemakaian (m3)	selisish vol hujan dan pemakaian (m3)
01-Feb	61,5	84,50	84,50	28,8	28,8	55,70
02-Feb	8,5	11,68	96,18	28,8	57,6	38,58
03-Feb	6,5	6,25	102,43	28,8	86,4	16,03
04-Feb	13,3	12,79	115,22	28,8	115,2	0,02
05-Feb	30,4	29,24	144,46	28,8	144	0,46
06-Feb	10,4	10,00	154,47	28,8	172,8	-18,33
07-Feb	21,4	20,58	175,05	28,8	201,6	-26,55
08-Feb	4,1	3,94	178,99	28,8	230,4	-51,41
09-Feb	4,3	4,14	183,13	28,8	259,2	-76,07

Tanggal	Curah Hujan (mm)	vol supply (m3)	vol akumulasi hujan (m3)	vol pemakaian (m3)	vol akumulasi pemakaian (m3)	selisish vol hujan dan pemakaian (m3)
10-Feb	10,7	10,29	193,42	28,8	288	-94,58
11-Feb	3,7	3,56	196,98	28,8	316,8	-119,82
12-Feb	1,3	1,25	198,23	28,8	345,6	-147,37
13-Feb	62,7	60,30	258,53	28,8	374,4	-115,87
14-Feb	11,7	11,25	269,78	28,8	403,2	-133,42
15-Feb	0,5	0,48	270,27	28,8	432	-161,73
16-Feb	55,1	53,00	323,26	28,8	460,8	-137,54
17-Feb	8,5	8,18	331,44	28,8	489,6	-158,16
18-Feb	14	13,47	344,90	28,8	518,4	-173,50
19-Feb	14,8	14,23	359,14	28,8	547,2	-188,06
20-Feb	32,8	31,55	390,68	28,8	576	-185,32
21-Feb	70,5	67,81	458,49	28,8	604,8	-146,31
22-Feb	7,7	7,41	465,90	28,8	633,6	-167,70
23-Feb	10	9,62	475,51	28,8	662,4	-186,89
24-Feb	12,7	12,21	487,73	28,8	691,2	-203,47
25-Feb	8,5	8,18	495,90	28,8	720	-224,10
26-Feb	11,9	11,45	507,35	28,8	748,8	-241,45
27-Feb	16,7	22,95	530,30	28,8	777,6	-247,30
28-Feb	2,1	2,89	533,18	28,8	806,4	-273,22
01-Mar	9,7	13,33	546,51	28,8	835,2	-288,69
min						288,69
max						55,70
Vol GR (m3)						232,9

Pada tabel diatas tercantum volume *ground reservoir* yang dibutuhkan untuk menampung air hujan sebagai pemanfaatan air bersih. Masing – masing tower memiliki *ground reservoir* sebesar

232,9 m<sup>3</sup>. Perhitungan tersebut menggunakan data curah hujan harian di BMKG Stasiun Dramaga Kota Bogor.

Direncanakan tinggi *ground reservoir* beton adalah 3 m, maka

Tinggi = 3 m

Volume GR = 232,9 m<sup>3</sup>

Volume GR = panjang x lebar x tinggi

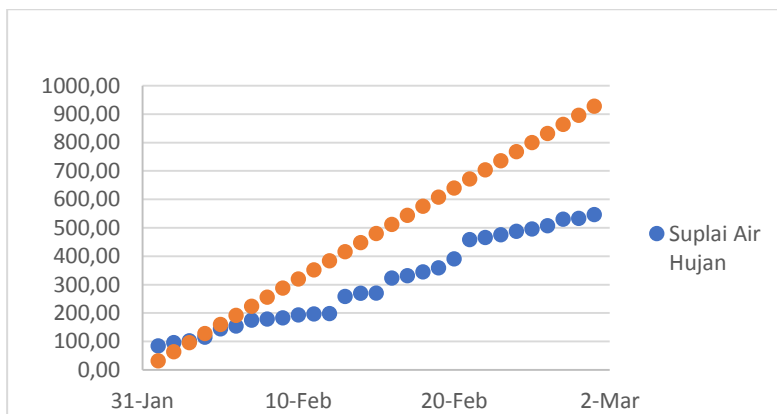
232,9 m<sup>3</sup> = panjang x lebar x 3 m

Panjang = 9 m

Lebar = 9 m

Untuk gambar perencanaan *ground reservoir* air hujan tertera pada lampiran gambar halaman 7.

Berikut ini adalah grafik dari akumulasi *supply* air hujan dan akumulasi kebutuhan air bersih penghuni Rusunawa Menteng Asri sesuai dengan perhitungan pada Tabel 5.5.



Gambar 5.8. Grafik *supply* air hujan dan kebutuhan air bersih penghuni Rusunawa

Menurut grafik diatas, bahwa *supply* air hujan dapat mencukupi kebutuhan air bersih walaupun tidak pada akhir bulan. Tetapi, *supply* air hujan dapat mencukupi kebutuhan air baku yang akan diolah sebagai air siap minum.

### 5.7.2. Filter Single Media

Sebelum air hujan yang sudah ditampung dicampur dengan air PDAM, air hujan diolah terlebih dahulu menggunakan

filter single media. Pada perencanaan ini menggunakan karbon aktif sebagai media filter. Berikut ini adalah perhitungan dari perencanaan filter media single.

Direncanakan:

$$Q \text{ instalasi} = 0,5 \text{ L/s} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi (Vf)} = 5 \text{ m/jam} = 0,0014 \text{ m/s}$$

$$\text{Suhu} = 30^\circ\text{C}$$

$$\mu = 0,000895 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{det}$$

$$\rho = 995,68 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$v = 0,8039 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Jumlah Bak} = 1 \text{ unit}$$

### **Dimensi Bangunan Filter**

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan filter (Af)} &= Q_{\text{instalasi}} / \text{Vf} \\ &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0014 \text{ m/s} \\ &= 0,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bentuk bak tabung, maka luas alas bak Filter berbentuk lingkaran dapat dihitung sebagai berikut:

$$Af = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$0,4 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\text{Diameter} = 0,7 \text{ m}$$

$$Af \text{ Cek} = 0,38 \text{ m}^2 \approx 0,4 \text{ m}^2$$

Maka dicek kembali kecepatan filter dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Vf} &= Q / Af \\ &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} / (\frac{1}{4} \times \pi \times 0,7^2) \\ &= 0,00135 \text{ m/s} = 5 \text{ m/jam} \\ &\text{(memenuhi kriteria 5-15 m/jam)} \end{aligned}$$

### **Perencanaan Media Filter**

$$\text{Ukuran butir (di)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal media karbon aktif (l)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Specific gravity (Sg)} = 2,65 \text{ kg/L}$$

$$\text{Proditas media (f)} = 0,98$$

$$\text{Faktor bentuk } (\phi) = 1$$

Menghitung  $N_{Re}$  diameter media

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\phi \times \rho \times di \times Vf}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,0001 \text{ m} \times 0,0014 \text{ m/s}}{0,000895 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}}} \end{aligned}$$

$$= 0,155$$

Hitung  $C_D$  untuk masing-masing diameter, dikarenakan diameter 0,61 mm memiliki  $N_{Re}$  kurang dari 1 dan masuk kedalam transisi, maka perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_D &= \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\ &= \frac{24}{0,155} + \frac{3}{\sqrt{0,155}} + 0,34 \\ &= 163,3 \end{aligned}$$

Kemudian hitung  $C_D / d$  untuk media filter

$$\begin{aligned} C_D / d &= 163,3 / 1 \text{ cm} \\ &= 16329,9 / \text{cm} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung tekanan yang diperlukan untuk melakukan proses filter

$$\begin{aligned} H_f &= 1,067 \times \frac{l \times V_f^2}{\phi \times \epsilon^4 \times g} \times \sum \frac{C_d \times}{d} \\ &= 1,067 \times \frac{80 \text{ cm} \times (0,14)^2 \text{ m/s}}{1 \times 0,98^4 \times 981} \times 16329,9 / \text{cm} \\ &= 29,71 \text{ cm} = 0,29 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Perencanaan untuk media penahan filter:**

Media penahan menggunakan gravel.

Berat jenis gravel  $S_g = 2,65$

Faktor bentuk  $\phi = 0,83$

Porositas  $f = 0,38$

Tebal media = 20 cm

Berikut ini adalah distribusi dari media penahan:

**Tabel 5.7. Distribusi Media Penahan**

$d_i$ (cm)	$P_i$ (%)	$P_i/d_i^2$
0,34	10	0,8651
0,773	15	0,2510
1,55	20	0,0832
2,69	25	0,0345
4,9	30	0,0125
	$\Sigma$	1,2464

Kehilangan tekanan pada media penyangga

$$\frac{hf}{4\delta} = k * \frac{v}{g} * V_f * \frac{(1-f)^2}{f^3} * \left(\frac{6}{\psi}\right)^2 * \sum \left(\frac{P_i}{d_i^2}\right) * L$$

$$\frac{h_f}{20} = \frac{5 (0,0000008975 \times 10000)}{981} \cdot (0,0022 \times 100) \cdot \frac{(1 - 0,38)^2}{0,38^3} \cdot \left[ \frac{6}{0,83} \right]^2 \cdot 1,246$$

$$H_f = 0,093 \text{ cm} = 0,00093 \text{ m}$$

Kebutuhan total tekanan untuk filter tertera pada perhitungan kebutuhan pompa.



Gambar 5.9. Filter Single Media

*Sumber: Nazafa Filter*

### 5.7.3. Analisa Hidrologi

Mendesain talang pada Rusunawa Menteng Asri dilakukan menggunakan cara yang sama dengan perencanaan drainase. Menganalisa hidrologi Kota Bogor untuk mendapatkan nilai intensitas hujan Kota Bogor dengan PUH 2 Tahun agar dapat dilakukan perbandingan dengan nilai pembanding yang tertera pada SNI 03 – 7065 – 2005. Analisa hidrologi dilakukan dengan menggunakan data curah hujan Kota Bogor 10 tahun terakhir. Data curah hujan Kota Bogor 10 tahun terakhir tertera pada Tabel 5.9.

Dari data tersebut didapatkan data curah hujan maksimum dalam 10 tahun terakhir, tercantum pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.9. Curah Hujan Maksimum 10 Tahun Terakhir**

<b>Tahun</b>	<b>Curah HHM</b>
2004	141,6
2005	126,5
2006	136,4
2007	155,5
2008	104,5
2009	115,1
2010	144,5
2011	97,3
2012	123,1
2013	136,8

*Sumber: Kota Bogor Dalam Angka 2018*

**Tabel 5.10. Curah Hujan Harian Maksimum Kota Bogor**

Tahun	Bulan ke											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>2004</b>	98,5	48,3	66,2	83,4	78,3	102,2	65,6	141,6	86,4	133	64,4	101,6
<b>2005</b>	115	126,5	107,5	76	105,5	101,5	44,8	58,1	95,5	62,6	79,6	57,5
<b>2006</b>	136,4	66	24	66,5	93,3	78,2	7,6	73,8	23	44,3	81,5	38,7
<b>2007</b>	114,3	83	36,5	155,5	27,4	41,5	35,5	57,5	115	50,4	79,3	77
<b>2008</b>	82,1	75,5	104,5	67,5	70	45,5	102,2	32,7	95,5	59,1	89,4	58,2
<b>2009</b>	93	37,5	40,5	62,2	115,1	94,3	40,6	15,7	35,5	63	78,2	48
<b>2010</b>	48,6	81,2	75,6	14,6	71,3	101,1	66,3	100	144,5	91,2	48	21,4
<b>2011</b>	58,8	15,6	27,5	49,5	97,3	75,5	88,2	56,6	23,9	67	74,3	57,8
<b>2012</b>	42	85,3	34,5	116	44,1	36,8	79,3	58,2	57,5	86,4	123,1	76,7
<b>2013</b>	74,2	96,5	71,5	42	95,6	36,5	92,7	86,7	136,8	60,2	46,1	97,4

Sumber:

*Kota*

*Bogor*

*Dalam*

*Angka*

*2018*



Analisa curah hujan maksimum dilakukan dengan beberapa metode. Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah analisa curah hujan normal, normal log, log pearson III dan gumbel. Hujan harian maksimum direncanakan dengan Periode Ulang Hujan (PUH) 2 dan 5 tahun. Selanjutnya membandingkan hasil perhitungan antara metode tersebut dan diambil nilai curah hujan harian maksimum yang paling tinggi, untuk perhitungan langkah selanjutnya. Berikut ini adalah perhitungan setiap metode yang digunakan.

### 1. Metode Analisa Normal Curah HHM (Hujan Harian Maksimum)

Pada metode distribusi normal, masing – masing curah harian maksimum selama 10 tahun terakhir dikurangi dengan rata – rata curah hujan maksimum seperti pada contoh dibawah ini, Contoh perhitungan:

$$\text{Curah hujan tahun 2004} = 141,6 \text{ mm}$$

$$\text{Rata – rata curah HHM} = 128,13 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } (X-X_r) = 141,6 - 128,13 = 13,47 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } (X-X_r)^2 = (13,47)^2 = 181,44 \text{ mm}$$

Maka didapatkan hasil perhitungan sesuai pada tabel 5.11.

**Tabel 5.11. Normal Curah HHM**

No	Tahun	X	X - X <sub>r</sub>	(X-X <sub>r</sub> ) <sup>2</sup>
1	2004	141,6	13,47	181,44
2	2005	126,5	-1,63	2,66
3	2006	136,4	8,27	68,39
4	2007	155,5	27,37	749,12
5	2008	104,5	-23,63	558,38
6	2009	115,1	-13,03	169,78
7	2010	144,5	16,37	267,98
8	2011	97,3	-30,83	950,49
9	2012	123,1	-5,03	25,30
10	2013	136,8	8,67	75,17
Rata - rata (X <sub>r</sub> )		128,13		
Standar Deviasi		18,4		

Selanjutnya mencari nilai R24 pada periode ulang hujan 2 dan 5 tahun dengan contoh perhitungan sebagai berikut,

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} X_r &= 128,13 \text{ mm} \\ \text{Standar deviasi} &= 18,4 \text{ mm} \\ K_t \text{ PUH 2 tahun} &= 0 \\ R_{24} &= X_r + (K_t \times \text{Standar Deviasi}) \\ &= 128,13 + (0 \times 18,4) \\ &= 128,13 \end{aligned}$$

Maka didapatkan hasil perhitungan sesuai pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12. Nilai R24 Pada Curah HHM Distribusi Normal**

Periode ulang tahun (Tr)	Kt	R24
2	0	128,13
5	0,84	143,59
10	1,28	151,69
25	1,71	159,60
50	2,05	165,86

## 2. Metode Analisa Normal Log Curah HHM

Pada metode distribusi normal log, masing – masing curah harian maksimum selama 10 tahun terakhir dihitung nilai log lalu dikurangi dengan rata – rata log curah hujan maksimum seperti pada contoh dibawah ini,

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan tahun 2004} &= 141,6 \text{ mm} \\ \text{Log curah hujan tahun 2004} &= 2,151 \text{ mm} \\ \text{Log rata – rata curah HHM} &= 2,103 \text{ mm} \\ \text{Nilai } (\log X - \log X_r) &= 0,048 \\ \text{Nilai } (\log X - \log X_r)^2 &= 0,0023 \end{aligned}$$

Maka didapatkan hasil perhitungan sesuai pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13. Log Normal Curah HHM**

No	Tahun	X	Log X	Log X - Log X <sub>r</sub>	(Log X - Log X <sub>r</sub> ) <sup>2</sup>
1	2004	141,6	2,151	0,048	0,0023

No	Tahun	X	Log X	Log X - LogXr	(LogX - LogXr) <sup>2</sup>
2	2005	126,5	2,102	-0,001	0,0000
3	2006	136,4	2,135	0,031	0,0010
4	2007	155,5	2,192	0,088	0,0078
5	2008	104,5	2,019	-0,084	0,0071
6	2009	115,1	2,061	-0,042	0,0018
7	2010	144,5	2,160	0,056	0,0032
8	2011	97,3	1,988	-0,115	0,0133
9	2012	123,1	2,090	-0,013	0,0002
10	2013	136,8	2,136	0,033	0,0011
Rata - rata (LogXr)			2,103		
Standar Deviasi			0,065		

Selanjutnya mencari nilai R24 pada periode ulang hujan 2 dan 5 tahun dengan contoh perhitungan sebagai berikut,

Contoh perhitungan:

$$\text{Log Xr} = 2,151 \text{ mm}$$

$$\text{Standar deviasi} = 0,065 \text{ mm}$$

$$\text{Kt PUH 2 tahun} = 0$$

$$\text{Log R24} = \text{Xr} + (\text{Kt} \times \text{Standar Deviasi})$$

$$= 2,151 + (0 \times 0,065)$$

$$= 2,103$$

Hasil perhitungan R24 dengan metode analisa normal log dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5.14. Nilai R24 Pada Curah HMM Distribusi Log Normal**

Periode ulang tahun (Tr)	Kt	Log R24	R24
2	0	2,103421	126,89
5	0,84	2,157772	143,80
10	1,28	2,186242	153,55
20	1,64	2,209535	162,01

Periode ulang tahun (Tr)	Kt	Log R24	R24
25	1,71	2,214064	163,71
50	2,05	2,236063	172,21

### 3. Metode Log Pearson Tipe III

Metode *Log Person* didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma, dengan contoh perhitungan dibawah ini

- Menyusun data – data curah hujan R mulai dari harga terbesar sampai dengan harga terkecil
- Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma, dengan rumus;

$$X = \log X$$

$$\text{Log X tahun 2004} = 2,151 \text{ mm}$$

- Menghitung nilai rata – rata dari Log R = 2,103 mm

Hasil perhitungan R24 dengan metode analisa log pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15. Log Pearsom Tipe III Curah HHM**

No	Tahun	X	Log X	Log X - LogXr	(LogX - LogXr) <sup>2</sup>	(LogX - LogXr) <sup>3</sup>
1	2004	141,6	2,1511	0,047642	0,002270	0,000108134
2	2005	126,5	2,1021	-0,001331	0,000002	-0,000000002
3	2006	136,4	2,1348	0,031393	0,000986	0,000030938
4	2007	155,5	2,1917	0,088309	0,007798	0,000688673
5	2008	104,5	2,0191	-0,084305	0,007107	-0,000599188
6	2009	115,1	2,0611	-0,042346	0,001793	-0,000075935
7	2010	144,5	2,1599	0,056446	0,003186	0,000179849
8	2011	97,3	1,9881	-0,115309	0,013296	-0,001533154
9	2012	123,1	2,0903	-0,013163	0,000173	-0,000002281
10	2013	136,8	2,1361	0,032665	0,001067	0,000034852

No	Tahun	X	Log X	Log X - LogXr	(LogX- LogXr) <sup>2</sup>	(LogX- LogXr) <sup>3</sup>
Jumlah			21,034		0,037679	-0,001168
Rata - rata			2,103421			
Standar Deviasi			0,064703235			

Selanjutnya mencari nilai R24 pada periode ulang hujan 2 dan 5 tahun sesuai dengan Tabel 5.16

**Tabel 5.16. Nilai R24 Pada Curah HHM Distribusi Log Pearson Tipe III**

Periode ulang tahun (Tr)	Kt	Log R24	R24
2	0,0968	2,1097	128,731
5	0,8567	2,1589	144,163
10	1,202	2,1812	151,773
25	1,5332	2,2026	159,450
50	1,7275	2,2152	164,133

#### 4. Metode Gumbel

Pada metode distribusi normal, masing – masing curah harian maksimum selama 10 tahun terakhir dikurangi dengan rata – rata curah hujan maksimum seperti pada contoh dibawah ini, Contoh perhitungan:

Curah hujan tahun 2004 = 141,6 mm

Rata – rata curah HHM = 128,13 mm

Nilai (X-Xr) = 141,6 – 128,13 = 13,47 mm

Nilai (X-Xr)<sup>2</sup> = (13,47)<sup>2</sup> = 181,44 mm

**Tabel 5.17. Distribusi Gumbel Curah HHM**

No	Tahun	X	X - Xr
1	2004	141,6	13,47
2	2005	126,5	-1,63
3	2006	136,4	8,27
4	2007	155,5	27,37

5	2008	104,5	-23,63
6	2009	115,1	-13,03
7	2010	144,5	16,37
8	2011	97,3	-30,83
9	2012	123,1	-5,03
10	2013	136,8	8,67
Rata - rata ( $X_r$ )		128,13	
Standar deviasi		18,405	

Nilai  $S_n$ ,  $Y_n$  dan  $Y_t$  yang digunakan pada Tabel 5.18

**Tabel 5.18. Data nilai  $S_n$   $Y_n$  dan  $Y_t$**

Periode ulang tahun (T)	$Y_t$
2	0,3065
5	1,4999
10	2,251
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
$S_n$	0,9497
$Y_n$	0,4952

Sumber: -0HPHF<sup>2</sup>QIQHHUQ<sup>2</sup>BORU'

**Tabel 5.19. Nilai  $R_{24}$  Pada Curah HMM Gumbel**

Periode ulang tahun (T)	$Y_t$	Log $R_{24}$	$R_{24}$
2	0,3065	-0,19869	124,473
5	1,4999	1,057913	147,6009
10	2,251	1,848794	162,1571
20	2,9709	2,606823	176,1086

Periode ulang tahun (T)	Yt	Log R24	R24
25	3,1993	2,84732	180,535
50	3,9028	3,58808	194,1687

Sehingga didapatkan nilai R24 terbesar dan digunakan untuk perhitungan selanjutnya yang berupa distribusi hujan. Nilai R24 yang digunakan adalah Nilai R24 terbesar dari masing – masing metode yang sudah dihitung sehingga nilai R24 yang digunakan tertera pada tabel 5.20.

**Tabel 5.20. Nilai R24 yang Digunakan**

T	R24	Metode
2	124,47	Gumbel
5	147,60	Gumbel
10	162,16	Gumbel
25	180,53	Gumbel
50	194,17	Gumbel

Untuk menghitung distribusi hujan dapat digunakan 3 metode, yaitu Metode *Van Breen*, Metode *Hasper Weduwen* dan Metode *Bell*. Dari ketiga metode Perhitungan Intensitas Hujan di atas, akan dipilih hasil dari metode perhitungan intensitas hujan yang memiliki nilai intensitas hujan cakupan atau rentang intensitas hujan yang berada di atas metode – metode lain. Sehingga itu yang diambil adalah metode yang memiliki nilai Intensitas Hujan yang besar.

### 1. Metode Van Breen

Intensitas hujan Kota Jakarta (PUH tahun) yang dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan intensitas hujan *Van Breen*. Intensitas hujan Kota Jakarta digunakan sebagai pembanding karena intensitas hujan Kota Jakarta dianggap telah mencerminkan intensitas hujan kota-kota di Indonesia.

**Tabel 5.21. Intensitas Hujan Daerah Jakarta**

Durasi	Intensitas Hujan Jakarta (mm/jam)
	Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)

Durasi	Intensitas Hujan Jakarta (mm/jam)				
	Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)				
(Menit)	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

$$I \text{ pada durasi } x = \frac{I \text{ Kota Jakarta pada durasi } x}{I \text{ Kota Jakarta pada durasi } 240} \times I \text{ hitungan}$$

Intensitas hujan yang digunakan pada perhitungan ini yaitu hasil perhitungan R24 sebelumnya.

Dengan membandingkan intensitas yang didapatkan melalui metode Van Breen dengan intensitas hujan kota Jakarta, maka intensitas hujan pada durasi tertentu diperoleh dengan melihat contoh perhitungan berikut.

Intensitas PUH 2 tahun = 28,96mm/jam

Intensitas PUH 2 tahun Kota Jakarta pada durasi 5 menit = 126 mm/jam

Intensitas PUH 2 tahun Kota Jakarta pada durasi 240 menit = 21 mm/jam

Sehingga mendapatkan hasil perhitungan tertera pada Tabel 5.22.

**Tabel 5.22. Intensitas Berdasarkan Metode Van Breen**

Durasi	Intensitas Hujan Bogor (mm/jam)				
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)				
(menit)	2	5	10	25	50
5	173.79	182.04	188.51	208.90	208.61
10	157.24	154.98	167.83	181.05	183.49



Durasi	Intensitas Hujan Bogor (mm/jam)					
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)					
(menit)	2	5	10	25	50	
20	140.69	140.22	149.59	156.68	157.28	
40	104.82	107.01	116.75	121.86	124.51	
	60	84.14	89.79	98.51	105.61	109.22
	120	49.65	55.35	62.03	67.31	68.81
	240	28.96	33.21	36.49	40.62	43.69

## 2. Metode Hasper Weduwen

Pada metode ini, perhitungan intensitas hujan tetap didasarkan kepada HHM terpilih yaitu HHM dengan metode terpilih. Sebelum melakukan perhitungan Intensitas Hujan dengan menggunakan Metode *Hasper-Weduwen*, maka terlebih dahulu harus dicari nilai R pada tiap durasi waktu dengan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$1 \leq t \leq 24 \text{ jam} \quad R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12}} \left[ \frac{X_t}{100} \right]$$

$$0 < t < 1 \quad R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12}} \left[ \frac{R_1}{100} \right]$$

$$\text{dimana} \quad R_1 = X_T \left[ \frac{1218t + 54}{X_T(1-t) + 1272t} \right]$$

t = durasi hujan (mm/jam)

R, R<sub>1</sub> = curah hujan menurut Hasper & Weduwen (mm)

X<sub>T</sub> = HHM terpilih (mm)

Maka hasil dari perhitungan dengan rumus sebelumnya sebagai tabel berikut ini,

**Tabel 5.23. Intensitas Berdasarkan Metode Hasper Weduwen**

Durasi (menit)	Durasi (jam)	Periode Ulang Tahun					
		2			5		
		R	Ri	I	R	Ri	I
5	0,083333	15,322	89,363	183,861	16,308	95,118	195,699
10	0,166667	24,805	103,622	148,829	27,106	113,234	162,635
20	0,333333	38,360	116,152	115,081	42,924	129,970	128,773
40	0,666667	55,813	125,132	83,719	63,545	142,468	95,318
60	1	67,418		67,418	77,300		77,300
120	2	85,527		42,764	98,064		49,032
240	4	102,568		25,642	117,603		29,401

### 3. Metode Bell

Menurut Tanimoto yang didasarkan pada penelitian *Dr. Borema* bahwa untuk daerah Jawa, distribusi curah hujan setiap jam diperkirakan seperti pada Tabel 5.24.

**Tabel 5.24. Distribusi Hujan Pulau Jawa**

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Perkiraan pola distribusi curah hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas pada setiap durasi dilakukan dengan cara empiris. Perumusan secara empiris didasarkan pada data curah hujan durasi 60 menit (1 jam). Untuk data hujan yang telah dianalisis berdasarkan metode yang digunakan saat menghitung HHM, pola distribusi curah hujan harian untuk setiap jam adalah hanya sampai ranking 1 jam ke-4.

Contoh perhitungan sebagai berikut:

Hujan Harian Maksimum =

$$\frac{\text{Distribusi hujan jawa jam ke1}}{\text{Hujan 170 mm}} \times \text{intensitas PUH thn 2}$$

$$= \frac{87}{170} \times 128,73 = 65,88 \text{ mm}$$

**Tabel 5.25. Pola Posisi HHM per Jam Menurut Ranking**

Jam Ke-	Hujan Harian Maksimum (mm/jam)	
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)	
	2	5
1	65,88	75,54
2	21,20	24,31
3	13,63	15,63
4	8,33	9,55
Rata - rata	27,26	31,26

Selanjutnya dengan menggunakan pedoman data curah hujan harian Tanimoto, mencari nilai  $R_{10}^{60}$  pada PUH 10 tahun digunakan rata-rata dari distribusi hujan 2 jam pertama.

$$R_{10}^{60} = \frac{(82,99+26,71)}{2} = 54,84$$

Dalam menghitung curah hujan (R) setiap durasi dan tahun yang sudah ditentukan menggunakan metode Bell, digunakan rumus :

$$R_T^t = (0,21 \cdot \ln T + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,5) \cdot R_{10}^{60}$$

Contoh perhitungan pada PUH 2 tahun dengan rata – rata distribusi air hujan selama 5 menit adalah:

$$R_T^t = (0,21 \times \ln 2 + 0,52) \times (0,54 \times 5^{0.25} - 0,5) \times 54,84$$

$$= 11,225 \text{ mm/jam}$$

Maka hasil dari perhitungan menggunakan cara perhitungan diatas sebagai Tabel 5.26.

**Tabel 5.26. Curah Hujan Setiap PUH dan Setiap Durasi**

Durasi	PUH (R) (mm/jam)	
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)	
(menit)	2	5
5	11,225	14,470
10	16,802	21,659
20	23,434	30,209
40	31,322	40,377
60	36,610	47,195
120	46,991	60,576
240	59,335	76,489

Dalam menghitung intensitas hujan (I) setiap durasi dan tahun yang sudah ditentukan menggunakan metode Bell, digunakan rumus :



Contoh perhitungan intensitas hujan pada PUH 2 tahun dengan rata – rata distribusi air hujan selama 5 menit adalah:

$$I_2^5 = \frac{60}{5} 11,225 = 134,695 \text{ mm/jam}$$

Maka hasil dari perhitungan menggunakan cara perhitungan diatas sebagai Tabel 5.27.

**Tabel 5.27. Intensitas Hujan Setiap PUH dan Setiap Durasi**

Durasi	Intensitas Hujan Kota Bogor (mm/jam)	
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)	
(menit)	2	5
5	134,695	173,637

Durasi	Intensitas Hujan Kota Bogor (mm/jam)	
	Untuk Periode Ulang Hujan (tahun)	
(menit)	2	5
10	100,811	129,956
20	70,303	90,628
40	46,982	60,566
60	36,610	47,195
120	23,495	30,288
240	14,834	19,122

Berdasarkan perhitungan intensitas hujan dengan ketiga metode di atas, maka diambil nilai intensitas hujan maksimum untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah metode yang memiliki nilai intensitas hujan terbesar. Tertera pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.28. Perbandingan Nilai Intensitas Air Hujan**

Durasi (menit)	Intensitas Hujan Kota Bogor (mm/jam)	
	Van Breen	
	2	5
5	173,79	182,04
10	157,24	154,98
20	140,69	140,22
40	104,82	107,01
60	84,14	89,79
120	49,65	55,35
240	28,96	33,21

Menurut Yohana 2007, pada perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan digunakan 3 metode, yaitu :

**a. Metode Talbot**

Dengan rumus  $I = \frac{a}{t+b}$

$$a = \frac{\sum(I \cdot t) \sum(I^2) - \sum(I^2 \cdot t) \sum(I)}{N \sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{\sum(I) \sum(I \cdot t) - N \sum(I^2 \cdot t)}{N \sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

**b. Metode Sherman**

Dengan rumus  $I = \frac{m}{t^n}$

$$m = \frac{\sum \log I \times \sum (\log t)^2 - \sum \log t \log I \times \sum \log t}{N \sum (\log I)^2 - (\sum \log I)^2}$$

$$n = \frac{\sum \log I \times \sum \log t - N \sum (\log t \cdot \log I)}{N \sum (\log I)^2 - (\sum \log I)^2}$$

**c. Metode Ishiguro**

Dengan rumus  $I = \frac{c}{\sqrt{t}+d}$

$$c = \frac{\sum(I \cdot \sqrt{t}) \times \sum(I)^2 - \sum(I^2 \cdot \sqrt{t}) \times \sum I}{N \cdot \sum(I)^2 - (\sum I)^2}$$

$$d = \frac{\sum I \times \sum(I \cdot \sqrt{t}) - N \sum(I^2 \cdot \sqrt{t})}{N \cdot \sum(I)^2 - (\sum I)^2}$$

Dimana:

a, b, m, n, c dan d = konstanta

I = Intensitas air hujan (mm/jam)

N = jumlah data

t = durasi

Pada setiap PUH, dicarikan selisih nilai I terkecil untuk digunakan sebagai intensitas dalam perhitungan selanjutnya sehingga setiap nilai PUH 2 dan 5 tahun dengan durasi 5, 10, 20, 40, 60, 120 dan 240 menit masing-masing memiliki nilai lengkung intensitas, seperti pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30.

**Tabel 5.29. Tabel Perbandingan Lengkung Intensitas PUH 2 Tahun**

Durasi (menit)	I (mm/jam)	I x t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log <sup>2</sup> I	log <sup>2</sup> t	t <sup>0,5</sup>	I x t <sup>0,5</sup>	I <sup>2</sup> x t <sup>0,5</sup>
5	173,79	868,94	30202,10	151010,48	2,240	0,699	1,566	5,018	0,489	2,24	388,60	67533,94
10	157,24	1572,36	24723,26	247232,58	2,197	1	2,197	4,825	1	3,16	497,22	78181,81
20	140,69	2813,70	19792,30	395846,06	2,148	1,301	2,795	4,615	1,693	4,47	629,16	88513,87
40	104,82	4192,97	10988,11	439524,58	2,020	1,602	3,237	4,082	2,567	6,32	662,97	69494,94
60	84,14	5048,11	7078,74	424724,11	1,925	1,778	3,423	3,706	3,162	7,75	651,71	54831,65
120	49,65	5958,43	2465,48	295857,27	1,696	2,079	3,526	2,876	4,323	10,95	543,93	27007,95
240	28,96	6951,50	838,95	201347,31	1,462	2,380	3,480	2,137	5,665	15,49	448,72	12996,91
Total	739,29	27406,01	96088,93	2155542,4	13,69	10,84	20,22	27,26	18,90	50,39	3822,31	398561,1



**Tabel 5.30. Tabel Perbandingan Lengkung Intensitas PUH 5 Tahun**

Durasi (menit)	I (mm/jam)	I x t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log <sup>2</sup> I	log <sup>2</sup> t	t <sup>0,5</sup>	I x t <sup>0,5</sup>	I <sup>2</sup> x t <sup>0,5</sup>
5	182,04	910,21	33138,968	165694,84	2,26	0,699	1,580	5,11	0,49	2,24	407,06	74100,98
10	154,98	1549,81	24019,095	240190,95	2,19	1	2,190	4,80	1,00	3,16	490,09	75955,05
20	140,22	2804,42	19661,889	393237,79	2,15	1,301	2,793	4,61	1,69	4,47	627,09	87930,64
40	107,01	4280,43	11451,280	458051,22	2,03	1,602	3,251	4,12	2,57	6,32	676,79	72424,26
60	89,79	5387,43	8062,343	483740,57	1,95	1,778	3,473	3,82	3,16	7,75	695,51	62450,64
120	55,35	6642,04	3063,660	367639,21	1,74	2,079	3,624	3,04	4,32	10,95	606,33	33560,71
240	33,21	7970,45	1102,918	264700,23	1,52	2,380	3,621	2,31	5,67	15,49	514,49	17086,33
Total	762,60	29544,78	100500,15	2373254,8	13,84	10,84	20,53	27,80	18,90	50,39	4017,37	423508,61

**a. Metode Talbot**

Contoh perhitungan dengan PUH 2 tahun

$$a = \frac{27406 \times 96088.93 - 2155542.4 \times 739.29}{7 \times 96088.93 - (739.29)^2} = 8247.68$$

$$b = \frac{739.29 \times 27406.01 - (7 \times 2155542.4)}{(7 \times 96088.93) - (739.29)^2} = 41.023$$

Dengan cara yang sama maka akan diperoleh rumusan Metode Talbot untuk PUH 2 dan 5 tahun yang tertera pada Tabel 5.31.

**Tabel 5.31. Nilai a dan b pada Rumus Talbot**

PUH (Tahun)	a	b
2	8247,68	41,023
5	9508,33	48,536

**b. Metode Sherman**

Contoh perhitungan dengan PUH 2 tahun

$$m = \frac{13,69 \times 18,90 - 20,22 \times 10,84}{7 \times 27,26 - (13,69)^2} = 11,48$$

$$n = \frac{13,69 \times 10,84 - (7 \times 20,22)}{(7 \times 27,26) - (10,84)^2} = 41,023$$

Dengan cara yang sama maka akan diperoleh rumusan Metode Sherman untuk PUH 2 dan 5 tahun yang tertera pada Tabel 5.32.

**Tabel 5.32. Nilai m dan n pada Rumus Sherman**

PUH (Tahun)	m	n
2	11,45	0,0929
5	13,28	0,0822

**c. Metode Ishiguro**

Contoh perhitungan dengan PUH 2 tahun

$$c = \frac{3822,31 \times 96088,93 - 39861,1 \times 739,29}{7 \times 96088,93 - (739,29)^2} = 576,08$$

$$d = \frac{3822,31 \times 96088,63 - (7 \times 39861,1)}{(7 \times 96088,93) - (739,29)^2} = 0,284$$

Dengan cara yang sama maka akan diperoleh rumusan Metode Ishiguro untuk PUH 2 dan 5 tahun yang tertera pada Tabel 5.33.

**Tabel 5.33. Nilai c dan d pada Rumus Ishiguro**

PUH (Tahun)	c	d
2	576,08	0,284
5	662,45	0,813

Selanjutnya, menghitung intensitas hujan dengan metode talbot, sehingga mendapatkan intensitas hujan setiap PUH pada Tabel 5.34 dan Tabel 5.35.

**Tabel 5.34. Nilai Intensitas Hujan Setiap Rumus pada PUH 2 Tahun**

Durasi (t)	I (mm/jam)	I talbot	I - I Talbot	I Sherman	I - I Sherman	I ishiguro	I - I ishiguro
5	173,79	179,21	-5,42	9,86	163,93	228,56	-54,77
10	157,24	161,65	-4,41	9,25	147,99	167,14	-9,90
20	140,69	135,16	5,53	8,67	132,02	121,11	19,57
40	104,82	101,79	3,03	8,13	96,70	87,17	17,66
60	84,14	81,64	2,49	7,83	76,31	71,74	12,40
120	49,65	51,22	-1,57	7,34	42,31	51,26	-1,60
240	28,96	29,35	-0,38	6,88	22,08	36,52	-7,55

**Tabel 5.35. Nilai Intensitas Hujan Setiap Rumus pada PUH 5 Tahun**

Durasi (t)	I (mm/jam)	I talbot	I - I Talbot	I Sherman	I - I Sherman	I ishiguro	I - I ishiguro
5	182,04	177,61	4,43	11,63	170,41	217,28	-35,24
10	154,98	162,44	-7,46	10,99	143,99	166,65	-11,67
20	140,22	138,74	1,49	10,38	129,84	125,35	14,87

Durasi (t)	I (mm/jam)	I talbot	I-I Talbot	I Sherman	I-I Sherman	I ishiguro	I-I ishiguro
40	107,01	107,40	-0,38	9,81	97,20	92,82	14,20
60	89,79	87,61	2,18	9,49	80,30	77,40	12,39
120	55,35	56,42	-1,07	8,96	46,39	56,30	-0,95
240	33,21	32,95	0,26	8,46	24,75	40,63	-7,42

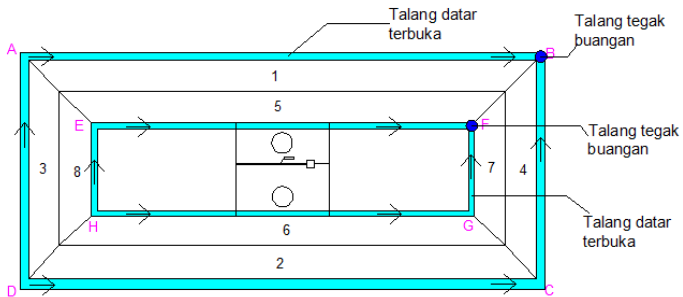
Selanjutnya memilih intensitas hujan yang akan digunakan dalam perhitungan desain talang pada Rusunawa Menteng Asri.

**Tabel 5.36. Intensitas Hujan Bogor yang Digunakan**

Waktu (menit)	Intensitas Air Hujan	
	2	5
5	179,21	177,61
10	161,65	162,44
20	135,16	138,74
40	101,79	107,40
60	81,64	87,61
120	51,22	56,42
240	29,35	32,95

#### 5.7.4. Desain Talang

Pada desain talang data yang dibutuhkan selain intensitas hujan Kota Bogor adalah luasan atap bangunannya. Untuk memudahkan perhitungan, dibuat blok luasan atap. Terdapat 8 blok berdasarkan dengan setiap sisi pada atap bangunan Rusunawa Menteng Asri. Luasan atap tiap blok di Rusunawa Menteng Asri tertera pada Tabel 5.37. Pada Gambar 5.10. tertera pembagian blok atap untuk mempermudah perhitungan dari luasan atap.



Gambar. 5.10. Pembagian Blok Atap Rusunawa Menteng Asri

**Tabel 5.37. Luasan Atap Bangunan**

Jalur	Blok	Luas Atap (m <sup>2</sup> )
A - B	1	221,30
D - C	2	221,30
A - D	3	63,80
B - C	4	63,80
E - F	5	194,30
H - G	6	194,30
F - G	7	42,80
E - H	8	42,80

Tahap selanjutnya adalah menghitung intensitas hujan yang dapat ditampung pada setiap luasan atap. Berikut ini adalah langkah perhitungan yang akan dilakukan pada semua blok.

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada A – B blok 1

1. Panjang limpasan terjauh ( $L_o$ ) = 45 m
2. Slope limpasan = 2% = 0,02
3.  $n$  PVC = 0.011
4. Panjang talang atap terbuka ( $L_d$ ) = 49 m
5.  $v$  direncanakan = 1 m/s
6. Nilai  $t_o$

$$t_o = \frac{108 \times n \times L_o^{1/3}}{S_o^{1/5}}$$

$$t_o = \frac{108 \times 0.011 \times 45^{1/3}}{0.02^{1/5}} = 3.68 \text{ menit}$$

7. Nilai  $t_d$

$$t_d = \frac{L_d}{v \times 60}$$

$$t_d = \frac{49}{1 \times 60} = 0.817 \text{ menit}$$

8. Nilai  $t_c$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 3.68 + 0.817 = 4.495 \text{ menit}$$

9. Perhitungan Intensitas hujan menggunakan Rumus Talbot dengan nilai

$$a = 8247.68 \text{ dan } b = 41.02$$

$$I = \frac{a}{t_c + b}$$

$$I = \frac{8247.68}{4.495 + 41.02} = 191.17 \text{ mm/jam}$$

Tahap perhitungan diatas digunakan untuk mencari intensitas hujan pada blok lainnya, sehingga mendapatkan hasil yang tertera pada Tabel 5.38.

**Tabel.5.38. Intensitas Hujan Untuk Perhitungan Talang**

Jalur	Blok	Lo	So	n PVC	to	Ld	v asumsi	td	tc	I
		m			menit	m	m/s	menit	menit	mm/jam
A - B	1	45	0,02	0,011	3,68	49	1	0,817	4,495	191,17
D - C	2	45	0,02	0,011	3,68	49	1	0,817	4,495	191,17
A - D	3	18	0,02	0,011	2,71	21	1	0,350	3,060	192,83
B - C	4	18	0,02	0,011	2,71	21	1	0,350	3,060	192,83
E - F	5	43	0,02	0,011	3,62	45	1	0,750	4,373	191,30
H - G	6	43	0,02	0,011	3,62	45	1	0,750	4,373	191,30
F - G	7	5	0,02	0,011	1,77	8	1	0,133	1,902	194,51
E - H	8	5	0,02	0,011	1,77	8	1	0,133	1,902	194,51

Talang yang direncanakan pada bangunan Rusunawa Menteng Asri terdapat 2 jenis talang, yaitu talang atap datar terbuka dan pipa tegak pembuangan air hujan. Perhitungan penentuan desain talang mengacu pada aturan SNI 03 – 7065 – 2005. Penentuan diameter talang berdasarkan dengan perbandingan anantara luasan atap eksisting dengan luasan atap yang ditentukan sesuai peraturan SNI. Menurut SNI 03 – 7965 – 2005, jika intensitas hujan lebih dari 100 mm/jam maka luasan atap dikalikan dengan 10 dibagi dengan kelebihan intensitas hujan, yaitu intensitas hujan hitungan dikurangi dengan 100 mm/jam.

Berikut ini adalah contoh perhitungan talang atap pipa datar terbuka pada D – C blok 2

1. Luas atap = 284,04 m<sup>2</sup>
2. Intensitas hujan = 191,17 mm/jam
3. Nilai a

$$a = \frac{\text{luas atap} \times 10}{\text{intensitas hujan hitungan} - 100 \frac{\text{mm}}{\text{jam}}}$$

$$a = \frac{284,04 \times 10}{191,17 - 100} = 31,16$$

4. Luas atap perbandingan  
Luas atap perbandingan = *luas atap eksisting* + a  
= 284,04 m<sup>2</sup> + 31,16 = 315,20 m<sup>2</sup>
5. Desain kemiringan atap 2%
6. Dari luas atap dan kemiringan atap dimasukkan kedalam tabel beban maksimum yang diijinkan pada talang, sehingga mendapatkan diameter dari pipa talang atap datar terbuka pada D – C adalah 250 mm.

Tahap perhitungan diatas digunakan untuk mencari ukuran pipa talang atap datar terbuka pada blok lainnya, sehingga mendapatkan hasil yang tertera pada Tabel 5.39.

**Tabel 5.39. Ukuran Pipa Talang Atap Datar Terbuka**

Jalur	Blok	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	Luas Atap Pembanding (m <sup>2</sup> )	Kemiringan Talang Atap	Talang (mm)
D - C	2	284,04	315,20	2%	250

Jalur	Blok	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	Luas Atap Perbanding (m <sup>2</sup> )	Kemiringan Talang Atap	Talang (mm)
C - B	2 dan 4	387,01	428,70	2%	250
D - A	3	102,96	114,06	2%	150
A - B	1 dan 3	387,01	429,45	2%	250
H - G	6	260,85	289,43	2%	250
G - F	6 dan 7	300,08	331,83	2%	250
H - E	8	39,22	43,37	2%	100
E - F	5 dan 8	300,08	332,95	2%	250

Sumber: hasil perhitungan dan SNI 03 ± 7065 ± 2005

Berikut ini adalah contoh perhitungan pipa tegak pembuangan air hujan pada blok 1,2,3,4

1. Luas atap = 774,01 m<sup>2</sup>
2. Intensitas hujan = 191,17 mm/jam
3. Nilai a

$$a = \frac{\text{luas atap} \times 10}{\text{intensitas hujan hitungan} - 100 \frac{\text{mm}}{\text{jam}}}$$

$$a = \frac{774,01 \times 10}{191,17 - 100} = 85$$

4. Luas atap perbandingan  
Luas atap perbandingan = luas atap eksisting + a  
= 774,01 m<sup>2</sup> + 31,16 = 859 m<sup>2</sup>
5. Dari luas atap dan kemiringan atap dimasukkan kedalam tabel beban maksimum yang diijinkan pada talang, sehingga mendapatkan diameter dari pipa tegak pembuangan air hujan pada blok 1,2,3,4 adalah 250 mm.

Tahap perhitungan diatas digunakan untuk mencari ukuran pipa tegak pembuangan air hujan pada blok lainnya, sehingga mendapatkan hasil yang tertera pada tabel berikut ini.

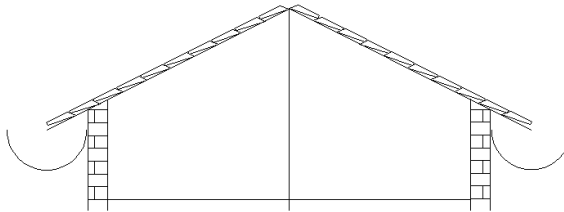


**Tabel 5.40. Ukuran Pipa Tegak Pembuangan Air Hujan**

Blok	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	Luas pembedang (m <sup>2</sup> )	Talang (mm)
1, 2, 3, 4	774,01	859	250
5,6,7,8	600,16	666	250

Sumber: hasil perhitungan dan SNI 03 ± 7065 ± 2005

Berikut ini adalah gambar detail dari talang atap datar terbuka yang digunakan pada perencanaan ini.



Gambar 5.11. Gambar Talang Atap Datar Terbuka

### 5.8. Pompa

Pompa pada perencanaan ini digunakan untuk menaikkan air dari *ground reservoir* menuju *rooftank*, karena pengolahan dan pendistribusian air minum dilakukan dari atap bangunan. Berikut ini adalah perhitungan dari pompa yang dibutuhkan. Pada perencanaan ini, kedua pompa menggunakan pompa *food grade* dari produk Ebara dengan nama produk Ebara *Centrifugal Pump*.

#### a. Pompa dari *ground reservoir* air hujan menuju filter

1. Direnakan  $v$  = kecepatan aliran di dalam pompa  
= 1 m/detik
2. Direnakan  $Q = 0,5$  L/detik
3.  $A_{pipa} = luas\ pipa = \frac{Q}{v} = \frac{0,0005}{1} = 5 \times 10^{-4} m^2$
4.  $Diameter\ pipa = A_{pipa} = 3.14 \times \frac{d^2}{4}$

$$D_{\text{pipa}} = \sqrt{\frac{A_{\text{pipa}} \times 4}{3.14}} = \sqrt{\frac{5 \times 10^{-4} \times 4}{3.14}} = 0,025 \text{ m}$$

Diameter pipa pasaran (mm) = 25 mm

5.  $v_{\text{cek}} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005 \text{ m}^3/\text{hari}}{5 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1 \text{ m/s}$
6. Head statis = 4,2 m
7. Pipa discharge  
Hf discharge = Hf major  

$$H_f \text{ major} = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$= \left[ \frac{0,5}{0,00155 \times 140 \times (2,5)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 5,4 = 0,07 \text{ m}$$
8. Hf minor valve =  $n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right)$   

$$= 1 \times 0,15 \times (1^2/2 \times 9,81)$$

$$= 7,6 \times 10^{-3} \text{ m}$$
9. Hf minor elbow 90° =  $n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right)$   

$$= 3 \times 1,5 \times (1^2/2 \times 9,81)$$

$$= 0,23 \text{ m}$$
10. Hf minor total =  $7,6 \times 10^{-3} \text{ m} + 0,23 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$
11. Hf pada media karbon aktif = 0,3 m
12. Hf pada media penyangga = 0,00093 m
13. Hseluruh = Hfmajor + Hfminor total + H statis + Hf media  

$$= 0,07 \text{ m} + 0,24 \text{ m} + 4,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,00093 \text{ m}$$

$$= 4,81 \text{ m}$$

Maka, tekanan yang dibutuhkan untuk melakukan proses filtrasi adalah 4,2 m

Pompa sub mersible pasaran yang sesuai dengan perencanaan diatas, pompa yang memiliki kriteria yang tertera pada Tabel 5.41.

**Tabel 5.41. Kriteria Pompa yang Digunakan untuk Perencanaan**

Model	Motor	Impeller	Coupling	Shaft Diameter
-------	-------	----------	----------	----------------

	Power (Kw)	Frame (No.)	Mm	Cla	Pump ; Dp (Mm)	Motor ; Dm (Mm)
50 X 40 Fsha	0.4	71	182	112	24	14

Sumber: Katalog Pompa Ebara

**b. Pompa dari ground reservoir menuju rooftank**

1. Direncanakan  $v$  = kecepatan aliran di dalam pompa = 1 m/detik
2. Direncanakan  $Q = 640$  L/hari
3.  $Apipa = luas\ pipa = \frac{Q}{v} = \frac{0,64}{86400} = 7,4 \times 10^{-6} m^2$
4. Diameter pipa =  $Apipa = 3.14 \times \frac{d^2}{4}$

$$Dpipa = \sqrt{\frac{Apipa \times 4}{3.14}} = \sqrt{\frac{7,4 \times 10^{-6} \times 4}{3.14}} = 3 \times 10^{-3} m$$

Diameter pipa pasaran (mm) = 22 mm

$$5. v\ cek = \frac{Q}{A} = \frac{0,64 m^3/hari}{7,4 \times 10^{-6} m^2} = 1 m/s$$

6. Head statis = 22 m

7. Pipa discharge

Hf discharge = Hf major

$$\begin{aligned} Hf\ major &= \left[ \frac{Q}{0.00155 \times c \times d^{2.63}} \right]^{1.85} \times L \\ &= \left[ \frac{2}{0.00155 \times 140 \times (2.2)^{2.63}} \right]^{1.85} \times 18,56 = 24,4 m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8. Hf\ minor\ valve &= n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right) \\ &= 1 \times 0,15 \times (1^2/2 \times 9.81) \\ &= 7,6 \times 10^{-3} m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9. Hf\ minor\ elbow\ 90^\circ &= n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right) \\ &= 3 \times 1,5 \times (1^2/2 \times 9.81) \\ &= 0.23 m \end{aligned}$$

$$10. Hf\ minor\ total = 7,6 \times 10^{-3} m + 0.23 m = 0,24 m$$

$$\begin{aligned} 11. Hseluruh &= Hfmajor + Hfminor + Hfstatis \\ &= 24,4 m + 0,24 m + 22 m = 46,64 m \end{aligned}$$

Maka, pompa pasaran yang sesuai dengan perencanaan diatas, pompa yang memiliki kriteria tertera pada Tabel 5.42.

**Tabel 5.42. Kriteria Pompa yang Digunakan untuk Perencanaan**

Model	Motor		Impeller	Coupling	Shaft Diameter	
	Power (Kw)	Frame (No.)	Mm	Cla	Pump ; Dp (Mm)	Motor ; Dm (Mm)
50 X 40 Fsha	0.4	71	182	112	24	14

Sumber: Katalog Pompa Ebara

## 5.9. Pengolahan Air Hujan Menjadi Alternatif Air Siap Minum

### 5.9.1. *Rooftank*

Berdasarkan dari hasil kuesioner, bahwa kebutuhan air minum pada Tower A adalah 1.75 L/hari/org, Tower B 1.9 L/hari/org, Tower C 1.28 L/hari/org dan Tower D adalah 1.3 L/hari/org. Maka, dimensi dari *rooftank* akan disesuaikan dengan kebutuhan dari setiap towernya. Dikarenakan suplai air hujan yang cukup direncanakan setiap Tower pada Rusunawa Menteng Asri memerlukan 2 L/hari/org.

Perhitungan *rooftank* menggunakan persamaan rumus sebagai berikut ini:

$$Ve = (Qp - Qhmaks)Tp - (Qpu \times Tpu)$$

Dimana:

Ve : volume *rooftank* (m<sup>3</sup>)

Qp : kebutuhan air puncak (m<sup>3</sup>/menit)

Qhmaks : kebutuhan jam puncak (m<sup>3</sup>/menit)

Qpu : kapasitas pompa mengisi (m<sup>3</sup>/menit)

Tp : jangka waktu kebutuhan (menit)

Tpu : jangka waktu pengisian (menit)

Berikut ini adalah langkah dan contoh perhitungan *rooftank* pada Tower A.

**1. Kebutuhan air rata – rata jam kerja**

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

Dimana:

Qh : pemakaian air rata – rata selama jam operasi (L/jam)

Qd : pemakaian rata – rata setiap hari (L/hari)

t : jangka waktu rata – rata pemakaian air dalam 1 hari (8jam/hari)

Pada Tower A :  $Qh = \frac{Qd}{t} = \frac{640}{10} = 64 \text{ l/jam}$

**2. Pemakaian air pada jam puncak (Qpu)**

$$Qh \text{ maks} = C1 \times Qh$$

Dimana:

Qh maks : pemakaian pada jam puncak (L/jam)

C1 : 1,75

Qh : pemakaian air rata – rata selama jam operasi (L/jam)

Pada Tower A :

$$Qh \text{ maks} = 1,75 \times 64 = 112 \text{ L/jam} = 0,122 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**3. Pemakaian pada menit puncak (Qp)**

$$Qm \text{ maks} = C2 \times Qh$$

Dimana:

Qm maks : pemakaian pada menit puncak (L/menit)

C1 : 3,5

Qh : pemakaian air rata – rata selama jam operasi (L/jam)

Pada Tower A :

$$Qm \text{ maks} = 3,5 \times 64 = 224 \text{ L/menit} = 0,224 \text{ m}^3/\text{menit}$$

**4. Perhitungan *rooftank* pada Tower A sebagai berikut**

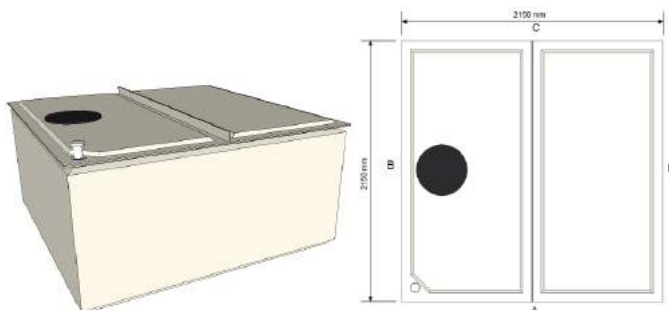
Direncanakan:

• Jangka waktu kebutuhan (Tp) = 60 menit

• Jangka waktu pengisian (Tpu) = 25 menit

$$\begin{aligned} Ve &= (0,224 - 0,112)60 - (0,112 \times 25) = 3,92 \text{ m}^3 \\ &= 3920 \text{ L} \end{aligned}$$

Maka, volume rooftank yang dibutuhkan sebesar 3920 L sedangkan volume rooftank yang tersedia dipasaran adalah 4000L



Gambar 5.12. Rooftank Air Siap Minum

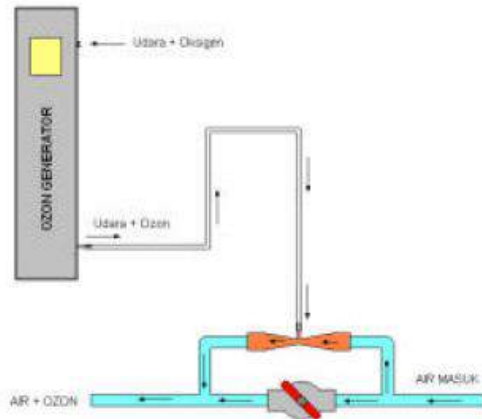
Sumber: Nicholson

### 5.9.2. Pengolahan Air Siap Minum

Pengolahan air siap minum dapat dilakukan dengan berbagai alternatif pengolahan yang disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu karakteristik dari air bakunya. Pada perencanaan ini menggunakan air hujan yang sudah ditangkap dan dipanen sebagai air baku pengolahan. Maka, alternatif unit pengolahan air minum disesuaikan dengan karakteristik air hujan. Sebelumnya sudah dilakukan analisis kualitas air hujan dengan parameter pH, suhu, turbiditas, TDS (Total Dissolve Solid), *E.coli* dan total coliform. Batasan regulasi yang digunakan adalah PERMENKES No.492 Tahun 2010.

Berdasarkan dari hasil analisis uji kualitas air hujan, terdapat parameter yang melebihi batas regulasi yang berlaku. Parameter yang tidak memenuhi baku mutu adalah *E.coli* dan Total Coliform. Maka, unit pengolahan yang dibutuhkan untuk mengolah air hujan sebagai alternatif air siap minum adalah desinfeksi.

Pada perencanaan ini, desinfeksi yang digunakan berupa penginjeksian gas ozon kedalam pipa yang berisikan air baku (air hujan). Berikut ini adalah ilustrasi dari desinfeksi yang direncanakan.



Gambar 5.13 Ilustrasi Perencanaan Desinfeksi

Berikut ini adalah perhitungan dari unit desinfeksi untuk semua tower:

1.  $Q = 0,75 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0,64 \text{ m}^3/\text{hari} = 640 \text{ L/hari}$
2. Dosis ozon =  $0,3 \text{ mg/L}$
3. Gas diinjeksi selama = waktu kontak = 10 menit
4.  $v$  asumsi =  $2 \text{ m/s}$
5. Kebutuhan gas ozon dalam 1 hari  
 $= \text{dosis ozon} \times Q$   
 $= 0,3 \text{ mg/L} \times 640 \text{ L/hari}$   
 $= 192 \text{ mg/hari}$
6. Direncanakan kebutuhan gas ozon dalam 30hari  
 $= 192 \text{ mg/hari} \times 30 \text{ hari}$   
 $= 5760 \text{ mg} = 5,76 \text{ g}$
7. Volume gas ozon yang dibutuhkan  $P, V = n, R, T$   
 Direncanakan:  $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$   
 $R = 0,0821 \text{ atm/mol,K}$   
 $P = 520 \text{ Kpa} = 5,132 \text{ atm}$   
 $n = \text{massa gas} / \text{Mr } \text{O}_3 = 5,76 \text{ g} / 48$   
 $= 0,12$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,12 \times 0,0821 \times 300}{5,132} = 0,576 \text{ L}$$

$$8. \text{ Pipa sadap} = \frac{Q}{v} = \frac{0,74 \times 10^{-5}}{2} = 3,7 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$9. \text{ Diameter pipa} = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,7 \times 10^{-6}}{3,14}} = 0,0022 \text{ m} \\ = 2,2 \text{ mm}$$

### 5.10. Distribusi Air Siap Minum

Untuk menentukan diameter pipa air siap minum, hal pertama yang dilakukan yaitu menentukan titik kritis dari sistem plambing, setelah itu menghitung beban unit alat plambing yang dilayani oleh pipa pada titik kritis. Beban alat plambing yang digunakan pada perencanaan ini adalah keran (*valve*).

Menghitung laju aliran dengan kurva unit beban alat plambing. Setelah didapatkan laju aliran, maka menghitung kerugian gesek yang diizinkan (R) pada titik kritis di masing-masing sistem, dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$R = \frac{1000 \times (H - H1)}{(L + l)}$$

Dimana: H = Head statis pada alat plambing  
 H1 = Head standar pada alat plambing  
 L = Panjang pipa lurus, pipa utama  
 l' = Panjang pipa lurus, pipa cabang  
 K = Koefisien sistem pipa (2-3)

$$R = \frac{1000 \times (H - H1)}{(L + l')}$$

$$R = \frac{1000 \times (4,2 - 3,8)}{(9,3)} = 43,1 \quad \text{mm/m}$$



Pada perencanaan ini menggunakan pipa *standard stainless steel sanitary pipe food grade*, dari merk Spezilla. Setelah mendapat nilai R maka dapat dicari ukuran diameter pipa dengan menggunakan grafik kerugian gesek dalam pipa baja karbon. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 5.42. Ukuran Pipa Air Siap Minum Rusunawa Menteng Asri Bogor**

	Daerah	beban unit plambing	laju aliran / (l/min)	R<31,29	rasio (mm air/m)	rasio (m/det)	l (m)	l' (m)	R( l + l' ) (mm air)	ukuran pipa diperoleh (mm)
				R<31,29						
<b>Lantai 5</b>	A - B	8	2,10	10	41	0,45	4	3,72	989,74	10
	B - a5	2	0,33	10	15	0,25	0,65	2,82	444,87	10
	a5 - b5	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	209,62	10
	a5 - c5	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	209,62	10
<b>Lantai 4</b>	B - C	6	1,70	10	41	0,45	3,5	3,72	2830,139	10
	C - a4	2	0,33	10	15	0,25	0,65	2,82	1360,192	10
	a4 - b4	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	640,90	10
	a4 - c4	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	640,90	10

	Daerah	beban unit plambing	laju aliran / (l/min)	R<31,29	rasio (mm air/m)	rasio (m/det)	l (m)	l' (m)	R( l + l')	ukuran pipa diperoleh (mm)
<b>Lantai 3</b>	C - D	4	1,40	10	41	0,45	3,5	3,72	3939,973	10
	D - a3	2	0,33	10	15	0,25	0,65	2,82	1893,588	10
	a3 - b3	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	892,22	10
	a3 - c3	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	892,22	10
<b>Lantai 2</b>	D - E	2	1,10	10	41	0,45	3,5	3,72	4527,263	10
	E - a2	2	0,33	10	15	0,25	0,65	2,82	2175,845	10
	a2 - b2	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	1025,218	10
	a2 - c2	1	0,33	10	15	0,25	0,015	1,62	1025,218	10

## 5.11. Profil Hidrolis

Profil hidrolis menggambarkan perbedaan ketinggian muka air dari inlet hingga outlet bangunan perencanaan pemanenan air hujan sebagai alternatif air siap minum. Penurunan ketinggian muka air dapat disebabkan oleh *headloss* akibat gesekan pipa maupun aksesoris pipa.

### 1. Headloss *Ground Reservoir* Air Hujan

*Headloss* pada pipa inlet *ground reservoir* air hujan

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left[ \frac{Q}{0.00155 \times c \times d^{2.63}} \right]^{1.85} \times L \\ &= \left[ \frac{0,5}{0.00155 \times 150 \times (25)^{2.63}} \right]^{1.85} \times 2 = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor elbow } 90^\circ &= n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right) \\ &= 3 \times 1,5 \times (1^2/2 \times 9.81) \\ &= 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Total} = H_f \text{ Major} + H_f \text{ Minor} = 1 \text{ m} + 0,23 \text{ m} = 1,23 \text{ m}$$

Maka, *headloss* total pada pipa inlet adalah 1,23 m

Untuk *headloss* dari pipa outlet *ground reservoir* tertera pada perhitungan kebutuhan pompa.

### 2. Headloss *Ground Reservoir* Eksisting

*Headloss* outlet filter menuju *ground reservoir* eksisting

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left[ \frac{Q}{0.00155 \times c \times d^{2.63}} \right]^{1.85} \times L \\ &= \left[ \frac{0,5}{0.00155 \times 150 \times (2.2)^{2.63}} \right]^{1.85} \times 2 = 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor elbow } 90^\circ &= n \times k \times \left( \frac{v^2}{2} \cdot g \right) \\ &= 1 \times 1,5 \times (1^2/2 \times 9.81) \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Total} = H_f \text{ Major} + H_f \text{ Minor} = 0,17 \text{ m} + 0,08 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$$

Maka, *headloss* total pada pipa inlet adalah 1,23 m

## 5.12. BOQ dan RAB

*Bill of Quantity* (BOQ) diperlukan untuk menunjukkan besarnya volume pekerjaan dan jumlah kebutuhan komponen sistem perencanaan. Total jumlah kebutuhan komponen dan

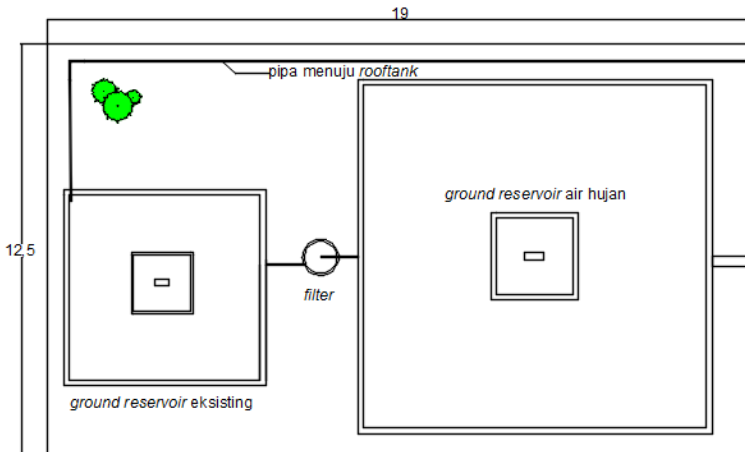
volume tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Rancangan Anggaran Biaya menunjukkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan dalam pembangunan suatu proyek. Rancangan anggaran biaya ini digunakan dalam mengetahui anggaran biaya yang akan dikeluarkan untuk perencanaan ini. Nilai harga yang digunakan pada penyusunan RAB perencanaan ini adalah HSPK Kota Bogor Anggaran 2019.

Penyusunan BOQ dan RAB berdasarkan dengan kegiatan yang akan dilakukan selama pembangunan perencanaan berlangsung. Berikut ini adalah kegiatan beserta BOQ dan RAB yang akan dilakukan.

### 5.12.1 Pembersihan Lahan Perencanaan, Papan Nama Kegiatan dan Pembuatan Pagar Sementara

Kegiatan awal yang dilakukan untuk seluruh luasan area perencanaan adalah pembersihan lahan perencanaan, membuat papan nama kegiatan dan pembuatan pagar sementara. Berikut ini adalah gambaran luasan lahan perencanaan.



Gambar 5.13. Lahan Perencanaan

Sehingga didapatkan luasan dari lahan perencanaan adalah  $237,5 \text{ m}^2$ . Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari pembersihan lahan perencanaan.

**Tabel 5.43. BOQ dan RAB Pembersihan Lahan**

PEMBERSIHAN LAHAN m2						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
1	Pekerja	OH	0,1	Rp 130.000	Rp 13.000	Rp 3.087.500
2	Mandor	OH	0,05	Rp 207.000	Rp 10.350	Rp 2.458.125
	Jumlah					Rp 5.545.625
B	Bahan					
	Jumlah					-
C	Peralatan					
	Jumlah					-
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 5.545.625
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 554.563
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 6.100.188
	Dibulatkan					Rp 6.100.000

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

**Tabel 5.44. BOQ dan RAB Pembuatan Papan Nama Kegiatan**

PEMBUATAN PAPAN NAMA KEGIATAN						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
1	Ongkos Pasang	Ls	0,125	Rp 130.000	Rp 16.250	Rp 32.500
	Jumlah					Rp 32.500
B	Bahan					
1	Kayu borneo super	m3	0,065	Rp 427.900	Rp 27.814	Rp 55.627
2	Triplex 4 mm	m3	1	Rp 59.000	Rp 59.000	Rp 118.000
3	Paku 5 - 7	kg	0,25	Rp 15.000	Rp 3.750	Rp 7.500
4	Cat Minyak	kg	1	Rp 57.000	Rp 57.000	Rp 114.000
5	Penulisan	ls	0,125	Rp 397.885	Rp 49.736	Rp 99.471
	Jumlah					Rp 394.598
C	Peralatan					
	Jumlah					-

D	Jumlah (A + B + C)			Rp	427.098
E	Overhead & Profit	10% x D		Rp	42.710
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)			Rp	469.808
	Dibulatkan			Rp	470.000

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

**Tabel 5.45. Pembuatan Pagar Sementara**

PEMBUATAN PAGAR SEMENTARA DARI KAYU TINGGI 2 M						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,4	Rp 130.000	Rp 52.000	Rp 2.866.240
	Tukang Kayu	OH	0,2	Rp 129.000	Rp 25.800	Rp 1.422.096
	Kepala Tukang	OH	0,02	Rp 158.000	Rp 3.160	Rp 174.179
	Mandor	OH	0,02	Rp 207.000	Rp 4.140	Rp 228.197
	Jumlah					Rp 4.690.712
B	Bahan					
	Dolken kayu $\phi$ 8 - 10/400 cm	Batang	1,25	Rp 16.000	Rp 20.000	Rp 1.102.400

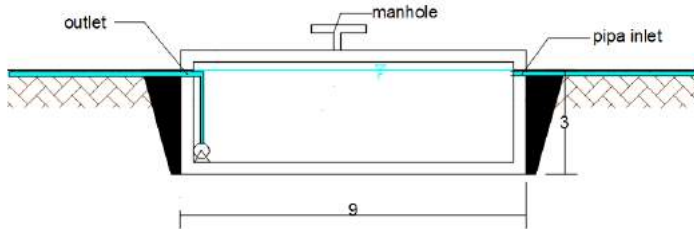
	Semen portland	Kg	5	Rp 1.500	Rp 7.500	Rp 413.400
<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Harga Barang (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
	Pasir beton	m3	0,005	Rp 331.000	Rp 1.655	Rp 91.224
	Koral beton	m3	0,009	Rp 305.000	Rp 2.745	Rp 151.304
	Kayu 5/7	m3	0,072	Rp 427.900	Rp 30.809	Rp 1.698.181
	Paku biasa 2" - 5"	Kg	0,06	Rp 23.000	Rp 1.380	Rp 76.066
	Residu	Liter	0,4	Rp 7.000	Rp 2.800	Rp 154.336
	Jumlah					Rp 3.686.911
C	Peralatan					-
	Jumlah					0
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 8.377.623
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 837.762
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 9.215.385
	Dibulatkan					Rp 9.215.000

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019



### 5.12.2. BOQ dan RAB Perencanaan *Ground Reservoir* Air Hujan

Kegiatan yang dilakukan pada perencanaan *ground reservoir* air hujan pertama kali adalah penggalian tanah. Penggalian tanah dilakukan dengan bentuk tampak samping berupa trapesium. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.14. Tampak samping *Ground Reservoir* Air Hujan

Sehingga didapatkan volume dari galian untuk perencanaan diatas adalah sebesar  $285,4 \text{ m}^3$ . Penggalian direncanakan sedalam 4 m pada HSPK Bogor 2019 untuk penggalian sedalam 4 m dibagi menjadi 2 kegiatan, pertama sedalam 1 m lalu dilanjutkan 3 m. Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari penggalian tanah untuk *ground reservoir* air hujan.

**Tabel 5.46. Penggalian Tanah Biasa untuk *Ground Reservoir* Air Hujan**

**PENGGALIAN TANAH BIASA SEDALAM 1 M**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,75	Rp 130.000	Rp 97.500	Rp 463.125
	Mandor	OH	0,025	Rp 207.000	Rp 5.175	Rp 24.581
	Jumlah					Rp 487.706
B	Bahan					
	Jumlah					Rp -
C	Peralatan					
	Jumlah					0
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 487.706
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>		10% x D			Rp 48.771
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 536.477
	Dibulatkan					Rp 536.500

PENGGALIAN TANAH BIASA 3 M

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	1,05	Rp 130.000	Rp 136.500	Rp 648.375
	Mandor	OH	0,067	Rp 207.000	Rp 13.869	Rp 65.878
	Jumlah					Rp 714.253
B	Bahan					
	Jumlah					Rp -
C	Peralatan					
	Jumlah					0
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 714.253
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>		10% x D			Rp 71.425
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 785.678
	Dibulatkan					Rp 785.600

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

Kegiatan selanjutnya adalah pemasangan pondasi batu belah dengan kriteria 1 PC : 3 PP. Dengan direncanakan ketebalan dari pondasi yang diinginkan adalah 10 cm, maka volume pondasi yang dibutuhkan sebesar 8,1 m<sup>3</sup>. Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari pemasangan pondasi batu belah 1 PC : 3 PP.

**Tabel 5.47. Pemasangan Pondasi Batu Belah 1PC : 3PP**

PEMASANGAN PONDASI BATU BELAH 1PC : 3PP						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	1,5	Rp 130.000	Rp 195.000	Rp 1.579.500
	Tukang batu	OH	0,75	Rp 104.000	Rp 78.000	Rp 631.800
	Kepala tukang	OH	0,075	Rp 156.000	Rp 11.700	Rp 94.770
	Mandor	OH	0,075	Rp 207.000	Rp 15.525	Rp 125.753
	Jumlah					Rp 2.431.823
B	Bahan					
	Batu belah	m3	1	Rp 280.000	Rp 336.000	Rp 2.721.600
	Semen portlan	Kg	202	Rp 1.500	Rp 303.000	Rp 2.454.300

	Pasir pasang	m3	0	Rp 96.000	Rp 142.080	Rp 1.150.848
	Jumlah					Rp 6.326.748
C	Peralatan					
	Jumlah					0
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 8.758.571
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 875.857
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 9.634.428
	Dibulatkan					Rp 9.634.400

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

Selanjutnya adalah pemasangan dinding beton, tulangan dan bekisting. Pada HSPK Bogor 2019, terdapat kegiatan pembuatan dan pemasangan dinding beton bertulang dan bekisting. Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari pemasangan dan pembuatan dinding beton bertulang.

**Tabel 5.48. Pembuatan dan Pemasangan Dinding Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting)**

PEMBUATAN 1M3 DINDING BETON BERTULANG (200 kg besi + bekisting)						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	5,65	Rp 130.000	Rp 734.500	Rp 7.932.600

	Tukang batu	OH	0,275	Rp 104.000	Rp 28.600	Rp 308.880
	Tukang kayu	OH	1,56	Rp 129.000	Rp 201.240	Rp 2.173.392
	Tukang besi	OH	1,4	Rp 143.000	Rp 200.200	Rp 2.162.160
<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Harga Barang (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
	Kepala tukang	OH	0,323	Rp 156.000	Rp 50.388	Rp 544.190
	Mandor	OH	0,283	Rp 207.000	Rp 58.581	Rp 632.675
	Jumlah					Rp 13.753.897
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
	Kayu kelas III	m3	0,25	Rp2.032.000	Rp 508.000	Rp 5.486.400
	Paku 5 cm - 12 cm	kg	3	Rp 15.000	Rp 45.000	Rp 486.000
	Minyak bekisting	liter	1,2	Rp 35.000	Rp 42.000	Rp 453.600
	Besi beton polos	kg	210	Rp 13.000	Rp 2.730.000	Rp 29.484.000
	Kawat beton	kg	3	Rp 2.000	Rp 6.000	Rp 64.800
	Semen portland	kg	336	Rp 1.500	Rp 504.000	Rp 5.443.200

	Pasir beton	m3	0,54	Rp 31.000	Rp 178.740	Rp 1.930.392
	Kerikil	m3	0,81	Rp 238.000	Rp 192.780	Rp 2.082.024
	Kayu kelas II balok	m3	0,105	Rp4.279.000	Rp 449.295	Rp 4.852.386
	<i>Plywood</i> 9 mm	lembar	2,5	Rp 101.000	Rp 252.500	Rp 2.727.000
	Dolken kayu $\phi$ (8-10)cm, panj 4m	batang	14	Rp 16.000	Rp 224.000	Rp 2.419.200
	Jumlah					Rp 55.429.002
<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Harga Barang (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
C	Peralatan					
	Jumlah					0
D	Jumlah (A + B + C)					Rp69.182.899
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>		10% x D			Rp 6.918.290
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp76.101.189
	Dibulatkan					Rp76.101.100

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

Kegiatan selanjutnya adalah pemasangan plester pada dinding beton yang sudah dipasangkan. Pada perencanaan ini pemasangan plester dengan 1PC : 1PP dan tebal plesteran 15mm. Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari pemasangan plesteran 1PC : 1PP 15 mm

**Tabel 5.49. Pemasangan Plesteran 1PC : 1PP tebal 15 mm**

PEMASANGAN PLESTERAN 1PC : 1PP tebal 15mm						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,3	Rp 130.000	Rp 39.000	Rp 631.800
	Tukang batu	OH	0,15	Rp 104.000	Rp 15.600	Rp 252.720
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
	Kepala tukang	OH	0,015	Rp 156.000	Rp 2.340	Rp 37.908
	Mandor	OH	0,015	Rp 207.000	Rp 3.105	Rp 50.301
	Jumlah					Rp 972.729
B	Bahan					
	1. PC	kg	15,504	Rp 1.500	Rp 23.256	Rp 376.747
	2. PP	m3	0,016	Rp 296.000	Rp 4.736	Rp 76.723
	Jumlah					Rp 453.470



C	Peralatan				
	Jumlah				0
D	Jumlah (A + B + C)				Rp 1.426.199
E	Overhead & Profit	10% x D			Rp 142.620
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp 1.568.819
	Dibulatkan				Rp 1.568.800

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

Selanjutnya adalah BOQ dan RAB inlet dan outlet dari *ground reservoir* air hujan. Inlet *ground reservoir* air hujan, tersambung dengan talang tegak buangan air hujan dengan diameter 250 mm. Sedangkan, outlet dari *ground reservoir* air hujan tersambung dengan pompa *submersible* yang menuju ke filter *single media* dengan diameter 25 mm. Panjang pipa inlet adalah 2 m sedangkan panjang pipa outlet 1,2 m. Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari pipa inlet dan outlet dari *ground reservoir* air hujan.

**Tabel 5.50. Pipa Inlet *Ground Reservoir* Air Hujan**

SALURAN INLET Pemasangan 1m pipa PVC 250mm						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,256	Rp 130.000	Rp 33.280	Rp 66.560

	Tukang pipa	OH	0,128	Rp 104.000	Rp 13.312	Rp 26.624
	Mandor	OH	0,026	Rp 207.000	Rp 5.382	Rp 10.764
	Jumlah					Rp 103.948
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp 1.199.666
	Jumlah					Rp 1.199.666
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,034	Rp 160.000	Rp 5.440	Rp 10.880
	Jumlah					Rp 10.880
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 1.314.494
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>		10% x D			Rp 131.449
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 1.445.943
	Dibulatkan					Rp 1.445.900

**Tabel 5.51. Pipa Outlet *Ground Reservoir* Air Hujan**

SALURAN OUTLET Pemasangan 1 m pipa  
PVC 1"

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,036	Rp 130.000	Rp 4.680	Rp 5.616
	Tukang pipa	OH	0,06	Rp 104.000	Rp 6.240	Rp 7.488
	Kepala tukang	OH	0,006	Rp 156.000	Rp 936	Rp 1.123
	Mandor	OH	0,002	Rp 207.000	Rp 414	Rp 497
	Jumlah					Rp 14.724
B	Bahan					
	Pipa PVC 1"	m	1,2	Rp 10.500	Rp 12.600	Rp 15.120
	Jumlah					Rp 19.530
C	Peralatan					
	Jumlah					Rp -

D	Jumlah (A + B + C)			Rp	34.254
E	Overhead & Profit	10% x D		Rp	3.425
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)			Rp	37.679
	Dibulatkan			Rp	37.700

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

### 5.12.3. Kebutuhan Pipa Pada Perencanaan

Pipa yang digunakan untuk perencanaan ini sebagai berikut:

**Tabel 5.52. Ukuran Pipa**

No.	Uraian	Ukuran (mm)	Panjang Pipa (m)	Jumlah
1	Inlet Filter <i>Single Media</i>	25 mm	1 m	1
2	Outlet Filter menuju GR Eksisting	22 mm	2 m	1
3	GR Eksisting menuju <i>Rooftank</i>	22 mm	40,56 m	1
4	Talang datar terbuka	250 mm	49	2
5	Talang datar terbuka	250 mm	45	2
6	Talang datar terbuka	250 mm	21 m	1
7	Talang datar terbuka	150 mm	21 m	1
8	Talang datar terbuka	100 mm	8 m	1
9	Talang tegak buangan	250 mm	19,9 m	2

Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari masing – masing pemasangan pipa perencanaan.

**Tabel 5.53. Pipa Inlet Filter *Single Media***

INLET FILTER Pemasangan 1 m pipa PVC 1"						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,036	Rp 130.000	Rp 4.680	Rp 9.360
	Tukang pipa	OH	0,06	Rp 104.000	Rp 6.240	Rp 12.480
	Kepala tukang	OH	0,006	Rp 56.000	Rp 936	Rp 1.872
	Mandor	OH	0,002	Rp 207.000	Rp 414	Rp 828
	Jumlah					Rp 24.540
B	Bahan					
	Pipa PVC 1"	m	1,2	Rp 10.500	Rp 12.600	Rp 25.200
	Perlengkapan	%	35	Rp 3.675	Rp 3.675	Rp 7.350
	Jumlah					Rp 32.550
C	Peralatan					
	Jumlah					Rp -
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 57.090

E	Overhead & Profit	10% x D			Rp 5.709
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp 62.799
	Dibulatkan				Rp 62.800

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

**Tabel 5.54. Pipa Outlet Filter**

OULET FILTER MENUJU GR EKSISTING Pemasangan 1 m pipa PVC 1"						
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,036	Rp 130.000	Rp 4.680	Rp 9.360
	Tukang pipa	OH	0,06	Rp 104.000	Rp 6.240	Rp 12.480
	Kepala tukang	OH	0,006	Rp 156.000	Rp 936	Rp 1.872
<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Harga Barang (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
	Jumlah					Rp 24.540
B	Bahan					
	Pipa PVC 1"	m	1,2	Rp 10.500	Rp 12.600	Rp 25.200
	Perlengkapan	%	35	Rp	Rp 3.675	Rp 7.350

			3.675		
	Jumlah				Rp 32.550
C	Peralatan				
	Jumlah				Rp -
D	Jumlah (A + B + C)				Rp 57.090
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>	10% x D			Rp 5.709
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp 62.799
	Dibulatkan				Rp 62.800

*Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019*

**Tabel 5.55. Pipa Outlet GR Eksisting menuju *Rooftank***

**GR EKSISTING MENUJU ROOFTANK Pemasangan 1 m pipa PVC 1"**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,036	Rp 130.000	Rp 4.680	Rp 189.821
	Tukang pipa	OH	0,06	Rp 104.000	Rp 6.240	Rp 253.094
	Kepala tukang	OH	0,006	Rp 156.000	Rp 936	Rp 37.964
	Mandor	OH	0,002	Rp 207.000	Rp 414	Rp 16.792
	Jumlah					Rp 497.671
B	Bahan					
	Pipa PVC 1"	m	1,2	Rp 10.500	Rp 12.600	Rp 511.056
	Perlengkapan	%	35	Rp 3.675	Rp 3.675	Rp 149.058
	Jumlah					Rp 660.114



No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
C	Peralatan					
	Jumlah					Rp -
D	Jumlah (A + B + C)					Rp 1.157.785
E	<i>Overhead &amp; Profit</i>		10% x D			Rp 115.779
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp 1.273.564
	Dibulatkan					Rp 1.273.500

Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019

**Tabel 5.56. Talang Datar Terbuka (49 m)**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,256	Rp 130.000	Rp 33.280	Rp 1.630.720
	Tukang pipa	OH	0,128	Rp 104.000	Rp 13.312	Rp 652.288
	Mandor	OH	0,026	Rp 207.000	Rp 5.382	Rp 263.718
	Jumlah					Rp 2.546.726

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah(Rp)
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp 9.391.817
	Jumlah					Rp29.391.817
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,034	Rp 160.000	Rp 5.440	Rp 266.560
	Jumlah					Rp 266.560
D	Jumlah (A + B + C)					Rp32.205.103
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 3.220.510
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp35.425.613
	Dibulatkan					Rp35.425.600
	Jumlah pipa yang dibutuhkan 2 rangkap					Rp70.851.200

*Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019*

**Tabel 5.57. Talang Datar Terbuka (45m)**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,256	Rp 130.000	Rp 33.280	Rp 1.497.600
	Tukang pipa	OH	0,128	Rp 104.000	Rp 13.312	Rp 599.040
	Mandor	OH	0,026	Rp 207.000	Rp 5.382	Rp 242.190
	Jumlah					Rp 2.338.830
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp26.992.485
	Jumlah					Rp26.992.485
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,034	Rp 160.000	Rp 5.440	Rp 244.800
	Jumlah					Rp 244.800

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
D	Jumlah (A + B + C)					Rp29.576.115
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 2.957.612
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp32.533.727
	Dibulatkan					Rp32.533.700
	Jumlah pipa yang dibutuhkan 2 rangkap					Rp65.067.400

*Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019*

**Tabel 5.58. Talang Datar Terbuka (21 m)**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,256	Rp 130.000	Rp 33.280	Rp 698.880
	Tukang pipa	OH	0,128	Rp 104.000	Rp 13.312	Rp 279.552
	Mandor	OH	0,026	Rp 207.000	Rp 5.382	Rp 113.022
	Jumlah					Rp 1.091.454

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp12.596.493
	Jumlah					Rp12.596.493
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,034	Rp 160.000	Rp 5.440	Rp 114.240
	Jumlah					Rp 114.240
D	Jumlah (A + B + C)					Rp13.802.187
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 1.380.219
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp15.182.406
	Dibulatkan					Rp15.182.400

*Sumber: hasil perhitungan penulis dan HSPK Bogor 2019*

**Tabel 5.59. Talang Datar Terbuka (21 m)****Pemasangan 1m pipa PVC 150mm**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,118	Rp 130.000	Rp 15.340	Rp 322.140
	Tukang pipa	OH	0,059	Rp 104.000	Rp 6.136	Rp 128.856
	Mandor	OH	0,012	Rp 207.000	Rp 2.484	Rp 52.164
	Jumlah					Rp 503.160
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp12.596.493
	Jumlah					Rp12.596.493
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,012	Rp 160.000	Rp 1.920	Rp 40.320
	Jumlah					Rp 40.320
D	Jumlah (A + B + C)					Rp13.139.973
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 1.313.997
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp14.453.970
	Dibulatkan					Rp14.453.900

**Tabel 5.60. Talang Datar Terbuka (8 m)****Pemasangan 1m pipa PVC 100mm**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,105	Rp 130.000	Rp 13.650	Rp 286.650
	Tukang pipa	OH	0,053	Rp 104.000	Rp 5.512	Rp 115.752
	Mandor	OH	0,011	Rp 207.000	Rp 2.277	Rp 47.817
	Jumlah					Rp 450.219
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp12.596.493
	Jumlah					Rp12.596.493
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,01	Rp 160.000	Rp 1.600	Rp 33.600
	Jumlah					Rp 33.600
D	Jumlah (A + B + C)					Rp13.080.312
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 1.308.031
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp14.388.343
	Dibulatkan					Rp14.388.400

**Tabel 5.61. Talang Tegak Buangan (19,9 m)****Pemasangan 1m pipa PVC 250mm**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
A	Tenaga					
	Pekerja	OH	0,256	Rp 130.000	Rp 33.280	Rp 662.272
	Tukang pipa	OH	0,128	Rp 104.000	Rp 13.312	Rp 264.909
	Mandor	OH	0,026	Rp 207.000	Rp 5.382	Rp 107.102
	Jumlah					Rp 1.034.283
B	Bahan					
	Pipa PVC 250mm	m	1	Rp 599.833	Rp 599.833	Rp11.936.677
	Jumlah					Rp11.936.677
C	Peralatan					
	Sewa Tripot/Tackel	hari	0,034	Rp 160.000	Rp 5.440	Rp 108.256
	Jumlah					Rp 108.256



No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Harga Barang (Rp)	Jumlah (Rp)
D	Jumlah (A + B + C)					Rp13.079.215
E	Overhead & Profit		10% x D			Rp 1.307.922
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp14.387.137
	Dibulatkan					Rp14.387.100
	Jumlah pipa yang dibutuhkan 2 rangkap					Rp28.774.200

#### 5.12.4. Pengolahan Air Siap Minum

Berikut ini adalah BOQ dan RAB dari kebutuhan perencanaan pengolahan air siap minum.

**Tabel 5.62. Pengolahan Air Siap Minum**

No	Uraian	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Barang	Total (Rp)
1	Filter Nazava Karbon Aktif	Rp 2.700.000	1	Rp 2.700.000
2	Rooftank air siap minum	Rp26.750.000	1	Rp 26.750.000
3	Pompa Ebara Food Grade	Rp 8.950.000	2	Rp 17.900.000
4	Pipa Injeksi	Rp 27.500	1 m <sup>2</sup>	Rp 27.500
5	Generator Ozon	Rp 90.000	1/bulan	Rp 90.000
Jumlah				Rp 47.467.500

Dari perhitungan diatas didapatkan anggaran biaya dari perencanaan pemanenan air hujan sebagai alternatif air siap minum untuk satu towernya adalah Rp. 363.479.100,00. Maka, anggaran biaya yang dibutuhkan untuk Rusunawa Menteng Asri Bogor dalam perencanaan ini adalah sebesar Rp. 1.453.916.400,00.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil pembahasan perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor adalah sebagai berikut:

1. Sistem pemanenan air hujan di Rusunawa Menteng Asri telah direncanakan untuk pemenuhan air bersih dan juga air siap minum. Air hujan yang ditangkap dipanen pada masing – masing *ground reservoir* dengan volume 232,9 m<sup>3</sup>. Tower A, Tower B, Tower C dan Tower D masing – masing memiliki satu *ground reservoir*. Air hujan diolah menggunakan single media filter sebelum dialirkan menuju *ground reservoir* eksisting.
2. Sistem pengolahan air hujan menjadi air siap minum menggunakan unit desinfeksi. Hasil uji analisis, air hujan di Rusunawa Menteng Asri terkontaminasi oleh E.coli dan Total Coliform.
3. Rancangan anggaran biaya perencanaan sistem pemanenan air hujan sebagai alternatif air siap minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor adalah Rp. 1.453.916.400,00.

#### **6.2. Saran**

Saran untuk perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai alternatif air siap minum di Rusunawa Menteng Asri, Bogor adalah sebagai berikut:

- Adanya pengembangan perencanaan ini untuk lokasi – lokasi lain pada Kota Bogor.

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulla, F A dan AW Al Shareef. 2009. Roof Rainwater Harvesting Systems for Household Water Supply in Jordan. *Desalination*. 243:195-207
- Agustianto, D A. 2014. Model Hubungan Hujan Dan Runoff (Studi Lapangan) Vol.2 No.2. Palembang.
- Ali, I., Suhardjono dan Andre P H. 2017. Pemanfaatan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting System) Di Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone Dalam Rangka Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan. Vol.8 No.1 Halaman 26-38
- Anonim. Pengertian Air Hujan dan Jenis – Jenis Hujan. Digital Library. Diakses pada tanggal 23 November 2018.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 03-7065-2005: Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing.
- Brenda. 2014. Rumah Susun Sederhana Sewa di Kota Pontianak. Jurnal online mahasiswa Arsitektur Universitas Tanjungpura, Vol.2 No.2.
- Djiwosaputro. 2000. *Dasar ± Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan.
- Fatih, A S., Sentagi S dan Rachmawan B. 2014. Rancangan Sistem *Rain Water Harvesting*, Studi Kasus: Hotel Novotel Yogyakarta, Vol.3 No.2. Yogyakarta.
- Ghisi E., Davi da F T dan Vinicus L R. 2009. Rainwater Harvesting in Petrol Stations in Brasilia: Potential for Potable Water Saving and Investment Feasibility Analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 54:79-85.
- Helmreich, B dan Horn. 2009. Opportunities in Rain Water Harvesting. *Desalination* 248:118-124.

- Kahinda, J M M., Akpofure E T dan Jean R B. 2007. Domestic Rainwater Harvesting to Improve Water Supply in Rural South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* 32:105-1057.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2007. Peraturan Kementrian Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2007 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi.
- Krishna, H J. 2005. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas
- Lee, K E., Mazlin M, Moh M H, Azhar A H dan Jamaludin B. 2016. Rainwater Harvesting as an Alternative Water Resource in Malaysia: Potential, Policies, and Development. *Journal of Cleaner Production*.
- Malik Y S., Imam S dan Jecky A. 2016. Kajian Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pemenuhan Air Baku Di Kecamatan Bengkalis, Vol.2. No.2. Riau.
- Maryani D., Masduqi A dan Moesriati A. 2014. Pengaruh Ketebalan Media dan *Rate Filtrasi* Pada *Sand Filter* dalam Menurunkan Kekeruhan dan *Total Coliform*. *Jurnal Teknik POMITS* Vol.3 No.2.
- Mayasari. 2014. Analisis Kualitas Air Hujan dan Limpasan Melalui Media *Green Roof* Di Kampus IPB Darmaga, Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Morey A., Bhushan D., Vishal H dan Bhupesh W. 2016. Rain Water Harvesting System, Vol.03 Issue:04 Page 2158
- Nazria C dan Sri M. 2014. Perhitungan Pembiayaan Pemanenan Air Hujan Sebagai Sistem Penyediaan Air Bersih Dalam Berbagai Skala Di Kelurahan Sukajadi Kota Dumai Vol.2 Halaman 79-88. Dumai
- Nurrohman F., Satria W E P dan Sri S. 2015. Perencanaan Panen Air Hujan Sebagai Sumber Air Alternatif Pada

Kampus Universitas Diponegoro Vol.4 No.4 Halaman 283-292. Semarang.

Pemerintah Kota Bogor. Laporan Environmental Health Risk Assesment (EHRA). 2014.

Pemerintah Republik Indonesia. 2011. UU RI NO.20 Tahun 2011 Tentang Rumah Susun.

Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 1990. Permenkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 Tentang Air Bersih.

Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2010. Permenkes No 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Ronny dan Muhammad S. 2018. Penurunan Kadar COD dengan Metode Filtrasi Multimedia Filter pada Air Limbah Laundry. Higiene. Vol 4 No 1.

Suliyastuti I., Abrina A dan Taufik I. 2015. Pengaruh Perbandingan Jumlah Media Filter (Pasir Silika, Karbon Aktif, Zeolit) Dalam Kolom Filtrasi Terhadap Kualitas Air Mineral. Universitas Tribbuana Tungadewi.

UNEP International Technology Centre. 2001. *Rain Water Harvesting*. Murdoch University of Western Australia.

Untari T dan Joni K. 2015. Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Air Layak Konsumsi Di Kota Malang Dengan Metode Modifikasi Filtrasi Sederhana. Jurnal Pangan dan Agroindustri. Vol. 3 No.4.

Yulistyorini, A. 2011. Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Di Perkotaan, Vol.34, No.1.



**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Atika Kusumastuti. Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 14 Juli 1997 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Indra Prasetya dan Dyah Rosilawati. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertamina Cirebon, SD Negeri Polisi 1 Bogor, kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 7 Bogor, dan pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Negeri 1 Bogor. Setelah menempuh pendidikan SMA penulis melanjutkan pendidikan Program Sarjana Teknik Lingkungan tahun ajaran 2015 dan terdaftar dengan NRP 0321154000021 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama Perkuliahan, penulis aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS. Selama menjadi pengurus Himpunan pernah menjadi Staff Divisi Dalam Negeri pada periode 2016/2017 dan Sekertaris Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa pada periode 2017/2018.

Berbagai pelatihan dan seminar nasional di Bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email [kusumastutiikkaa@gmail.com](mailto:kusumastutiikkaa@gmail.com)