

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DAN KONSERVASI DENGAN METODE RAINWATER HARVESTINGPADA ASRAMA KESEHATAN LINGKUNGAN KABANJAHE

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:
ASMAUL KHAIRI
1707210052



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPILFAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Asmaul Khairi

Npm : 1707210052

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Air Hujan Untuk Kebutuhan Air Bersih Dan
Konservasi Dengan Menggunakan Metode *Rain Water Harversting*
Pada Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.

Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 Mei 2024

Dosen Pembimbing



Wiwin Nurzanah, S.T, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Asmaul Khairi

Npm : 1707210052

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Air Hujan Untuk Kebutuhan Air Bersih Dan Konservasi Dengan Metode *Rain Water Harvesting* Pada Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe

Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Mei 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Wiwin Nurzanah, S.T.,M.T.

Dosen Pembanding I



Sayed Iskandar Muda, S.T.,M.T

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asmaul Khairi
Tempat/Tanggal Lahir : Banda Aceh, 02 Januari 1998
Npm : 1707210052
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul

“Pemanfaatan Air Hujan Untuk Kebutuhan Air Bersih Dan Konservasi Dengan Metode *Rain Water Harvesting* Pada Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe” bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik. Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran diri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Mei 2024

Saya yang menyatakan,



Asmaul Khairi

ABSTRAK

PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DAN KONSERVASI DENGAN METODE *RAIN WATER HARVERSTING* PADA ASRAMA KESEHATAN LINGKUNGAN KABANJAHE

Asmaul Khairi

1707210052

Wiwin Nurzanah, S.T, M.T.

Kebutuhan air dikehidupan semakin besar akibat dari peningkatan jumlah penduduk dan perubahan fungsi lahan menyebabkan tidak adanya lagi lahan untuk penyerapan air hujan sehingga limpasan air hujan meningkat. Selama ini di Kecamatan Kabanjahe, air hujan yang melimpas hanya dialirkan ke saluran pembuangan untuk dibuang ke saluran. Air hujan terbuang tanpa dimanfaatkan untuk kebutuhan air baku. Untuk itu perlu dilakukannya konservasi air dengan upaya panen air hujan, dimana air hujan yang di panen dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan air baku di kecamatan Kabanjahe salah satunya pada Asrama di wilayah tersebut. Sehingga dapat mengurangi pemakaian air dari PDAM yang biayanya terbilang cukup mahal. Data yang dikumpulkan berupa luas atap Asrama dari pemodelan bangunan dengan menggunakan software Autocad, data curah hujan harian maksimum dari BMKG Sampali dan kebutuhan air yang diperlukan. Dari hasil analisa didapatkan kapasitas bak penampung pada Asrama sebesar 35m³ dengan jumlah 2 buah bak, dapat menghemat pemakaian air PDAM selama 12 bulan. Dari hasil analisa dapat disimpulkan penggunaan air hujan dapat menghemat air dari PDAM sebesar 41,7% biaya yang dapat di hemat sebesar Rp 4,716,783 dalam waktu 12 bulan, dari normalnya biaya pembayaran air PDAM yang dikeluarkan sebesar Rp 11,290,225 dalam waktu 12 bulan.

Kata kunci: Pemanenan air hujan, kebutuhan air, gedung perkantoran, bak penampung, penghematan.

ABSTRACT

UTILIZATION OF RAIN WATER FOR CLEAN WATER NEEDS AND CONSERVATION WITH RAIN WATER HARVERSTING METHOD IN KABANJAHE ENVIRONMENTAL HEALTH DORMITORY

Asmaul Khairi

1707210052

Wiwin Nurzanah, S.T, M.T.

The need for water in life is getting bigger as a result of population growth and changes in land function causing no more land for rainwater infiltration so that rainwater runoff increases. So far, in Kabanjahe District, the rainwater that flows is only channeled into the sewer to be discharged into the sewer. Rainwater is wasted without being used for raw water needs. For this reason, it is necessary to save water by harvesting rainwater, where the harvested rainwater can be used for raw water needs in Kabanjahe sub-district, one of which is in dormitories in the area. So that it can reduce the use of water from PDAM which is quite expensive. The data collected in the form of the roof area of the dormitory from building modeling using Autocad software, maximum daily rainfall data from BMKG Sampali and the required water requirements. From the results of the analysis, the storage capacity in the dormitory is 35m³ with a total of 2 tubs, it can save PDAM water usage for 12 months. From the results of the analysis it can be concluded that the use of rainwater can save water from PDAM by 41.7% the cost that can be saved is Rp.4,716,783 within 12 months, from the normal cost of paying PDAM water that is issued is Rp. 11,290,225 within 12 months.

Keywords: Rainwater harvesting, water requirement, office building, tank, savings.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberiiikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemanfaatan Air Hujan Untuk Kebutuhan Air Bersih Dan Konservasi Dengan Metode *RainWaterHarversting* Pada Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe”. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam meyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Ibu Wiwin Nurzanah, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberii saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sayed Iskandar Muda, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberiiikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizky Efrida, S.T.,M.T., selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberiiikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan seluruh pekerja Cs Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Mustar Rusli dan Ibunda Yuni

Elvina, terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2017 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
11. Sahabat-sahabat penulis yaitu Robi Winata dan Elsa Sri Ulina terimakasih atas semangat dan dukungannya, terimakasih atas waktu dan segala bantuannya selama ini.
12. Terakhir, penulis ingin berterima kasih kepada diri sendiri yang mana telah berhasil bertahan untuk melewati segala rintangan dan menyelesaikan skripsi ini. Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 20 Mei 2024



Asmaul Khairi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan Penelitian	3
1.4.Batasan Masalah	3
1.5.Manfaat Penelitian	4
1.6.Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1.Air	6
2.2.Kebutuhan Air	7
2.2.1.Penggunaan Air Untuk Berbagai Keperluan	8
2.2.2.Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air	10
2.3.Hidrologi Umum	11
2.3.1.Siklus Hidrologi	12
2.4.Hujan (Curah Hujan)	15
2.5.Analisis Hidrologi	17
2.5.1.Analisis Frekuensi Hujan (Persipitasi)	17
2.5.2.Analisis Frekuensi	17
2.5.3.Distribusi Frekuensi	20
2.5.4.Uji Kecocokan Distribusi	22
2.6.Intensitas Curah Hujan	25
2.7.Koefisien Aliran	26
2.8.Laju Aliran	29
2.9.Waktu Konsentrasi	30
2.10.Air Yang Tersedia	32
2.11.Metode Perhitungan Neraca Air	33

2.12.	Perhitungan Pasokan Air	33
2.13.	Perhitungan Debit Air Baku	33
2.14.	Spektrum Curah Hujan	34
2.15.	Pemanenan air hujan	34
2.15.1.	<i>Low Impact Development (LID)</i>	35
2.15.1.1.	Prinsip Sistem Drainase LID	37
2.15.1.2.	Perbandingan Antara Konvensional Dengan LID	38
2.15.1.3.	Keuntungan LID	39
2.16.	Pemanfaatan Air Hujan	40
2.16.1.	Komponen Air Hujan	40
2.16.2.	Kesepadanan Air dan Penentuan Ukuran Cistern	42
2.17.	Metode Cistern	43
2.17.1.	Keuntungan Cistern	43
2.17.2.	Langkah Pembuatan Cistern	43
2.17.3.	Keterbatasan Cistern	44
2.17.4.	Area Tangkapan Air Hujan	44
2.17.5.	Perhitungan Volume Cistern	45
2.18.	Kebutuhan Air Bersih	46
2.18.1.	Kebutuhan domestik	46
2.18.2.	Kebutuhan Non Domestik	47
2.19.	Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih	48
2.19.1.	Kebutuhan Rata – Rata	49
2.19.2.	Kebutuhan harian maksimum	49
2.19.3.	Kebutuhan pada jam puncak	49
2.20.	Pertumbuhan Penduduk	50
2.20.1.	Metode Arithmatika	50
2.20.2.	Metode Geometrik	50
2.20.3.	Metode <i>Least-square</i>	51
BAB 3 METODE PENELITIAN		52
3.1.	Bagan Alir Penelitian	52
3.2.	Lokasi Penelitian	53
3.3.	Wilayah Studi	53
3.4.	Metode Penelitian	54
3.5.	Metode Analisis	54
3.6.	Pengambilan Data	54
3.6.1.	Data Primer	54
3.6.2.	Data Sekunder	55
3.7.	Analisa Hidrologi	55
3.7.1	Analisa Frekuensi Curah Hujan	56

3.7.2.Intesitas Hujan	56
3.8.Perhitungan Volume Bak Penampung	56
3.8.1.Ketersediaan Air	56
3.9Alat Alat Penelitian	56
BAB 4 ANALISA DATA	58
4.2.Analisa Frekuensi	59
4.3.Pemilihan Jenis Sebaran	63
4.4.Penentuan jenis sebaran cara grafis (Ploting data)	64
4.5.Pengujian Keselarasan Sebaran	65
4.6.Pengukuran Curah Hujan Rencana	66
4.7.Intensitas Curah Hujan	68
4.8.Perhitungan Debit Air Baku	70
4.9.Perhitungan Kebutuhan Air Baku	72
4.10.Perhitungan Potensi Suplai Air Hujan	72
4.11.Perhitungan Metode Pemenuhan Kebutuhan	76
4.12.Perhitungan Volume Bak Penampung	78
4.13.Perhitungan Penghematan Biaya Pemakaian Air PDAM dengan PAH	81
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.2.Kesimpulan dan saran	85
LAMPIRAN	84
DAFTAR PUSTAKA	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Volume air dipermukaan bumi	7
Tabel 2.2 : Pemakaian air rata-rata setiap hari berdasarkan SNI 03-7065-2005	9
Tabel 2.3 : Nilai kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorof	21
Tabel 2.4 : Nilai kritis untuk distribusi Chi-square	23
Tabel 2.5 : Koefisien aliran (C) secara umum	27
Tabel 2.6 : Koefisien pengaliran berdasarkan persentase permukaan yang kedap dengan waktu konsentrasi	28
Tabel 2.7 : Nilai koefisien Manning	29
Tabel 2.8 : Perbandingan Pelaksanaan LID dan Konvensional	38
Tabel 2.9 : Kriteria Perencanaan Air Bersih	47
Tabel 2.10: Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV	48
Tabel 2.11: Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V	48
Tabel 2.13: Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori lain	49
Tabel 3.1 : Data curah hujan maksimum harian (mm) Stasiun meteorologi Kuta Gadung	55
Tabel 4.1 : Data curah hujan harian maksimum dari Stasiun Klimatologi Kuta Gadung	58
Tabel 4.2 : Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Gumbel.	59
Tabel 4.3 : Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson Type III.	60
Tabel 4.4 : Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Kuta Gadung.	62
Tabel 4.5 : Parameter pemilihan distribusi curah hujan.	62
Tabel 4.6 : Ploting data.	63
Tabel 4.7 : Perhitungan uji kecocokan <i>Smirnov-Kolmogorof</i> .	64
Tabel 4.9 : Nilai k untuk distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	66
Tabel 4.10: Perhitungan curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i> .	67
Tabel 4.11: Perhitungan intensitas curah hujan.	69
Tabel 4.12: Curah hujan tahunan Stasiun BMKG Sampali.	72
Tabel 4.13: Probabilitas hujan andalan.	73
Tabel 4.14: Curah hujan andalan.	73

Tabel 4.15 : Potensi volume suplai air hujan.	75
Tabel 4.16 : Perhitungan metode pemenuhan kebutuhan air.	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Siklus hidrologi	13
Gambar 2.2 : Contoh saluran a-b pada suatu daerah pengaliran.	30
Gambar 2.3 : Elemen kunci pada teknologi “ <i>Low ImpactDevelopment</i> ”.	36
Gambar 2.4 : Sistem Penampungan Air Hujan.	42
Gambar 2.5 : Jejak Atap.	45
Gambar 3.1 : Bagan alir penelitian.	46
Gambar 3.2 : Peta Lokasi Penelitian.	53
Gambar 3.3 : Peta Layout Lokasi Penelitian.	53
Gambar 4.1 : Grafik curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i> .	67
Gambar 4.2 : Grafik curah hujan andalan.	74
Gambar 4.3 : Grafik perbandingan suplai air hujan dan kebutuhan air baku.	75
Gambar 4.5 : Bak penampung air hujan tampak atas.	64
Gambar 4.6: Bak penampung air hujan tampak samping.	70
Gambar L.1 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe.	85
Gambar L.2 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe.	85
Gambar L.3 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe.	86

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas mereka sehari-hari terutama di daerah Kabanjahe. Air bersih mempunyai peran vital sebagai sarana pendukung kegiatan ekonomi. Ketersediaan air bersih di Kabanjahe dapat dipenuhi bermacam sumber. Diantaranya dapat dilakukan dengan berlangganan melalui PDAM Kabanjahe, pengadaan air mandiri melalui sumur, ataupun membeli air menggunakan tangki. Dengan pesatnya perkembangan gedung dan rumah, kebutuhan air bersih akan selalu meningkat, sedangkan kebutuhan air bersih semakin berkurang, dan biaya yang harus dibayar sangat besar. Pada saat yang sama, krisis air disebabkan oleh peningkatan kebutuhan air akibat pertambahan jumlah penduduk, dan perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada perubahan siklus hidrologi. (Andrian and Irawati, 2018)

Air adalah zat yang paling dibutuhkan dalam kehidupan setelah udara. Tiga per empat bagian tubuh manusia terdiri dari air. Air juga digunakan untuk menunjang kegiatan manusia, seperti memasak, mandi, mencuci, pertanian, transportasi, dan lain lain. Menurut Permenkes RI nomor 416/Menkes/IX/1990 tentang persyaratan dan pengawasan kualitas air mengatakan “air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Sedangkan air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum”. Menurut Gabriel (2000) berdasarkan kegunaannya, air digolongkan menjadi 4 golongan yaitu (1) air untuk keperluan pertanian sekaligus usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik, (2) air untuk keperluan perikanan dan peternakan, (3) air baku untuk diolah sebagai air minum dan kebutuhan rumah tangga, dan (4) air yang diminum secara langsung. Dari keempat jenis air, air bersih yang digunakan untuk mencukupi kebutuhan manusia adalah jenis air baku yang diolah sebagai air minum dan kebutuhan rumah tangga. (Andrian and Irawati, 2018)

Laju pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat ditambah dengan proses urbanisasi menyebabkan peningkatan pada pemenuhan kebutuhan perumahan dan bangunan-bangunan sosial penunjang bagi penduduknya. Akibat adanya penambahan bangunan-bangunan tersebut menyebabkan peningkatan pada air limpasan yang disebabkan oleh banyaknya lapisan tidak tembus air (*impermeable*) dan berkurangnya jumlah lahan terbuka. Hal ini menyebabkan air hujan tidak dapat tembus/terinfiltrasi ke dalam tanah melainkan langsung melimpas ke saluran drainase, sungai atau laut. Berdasarkan keadaan tersebut maka perlu dikembangkan metode pengelolaan air hujan, memanen dan memanfaatkan air hujan untuk mengatasi air limpasan permukaan yang diakibatkan oleh air hujan. (Lestari, 2016)

Pengelolaan sumber daya air merupakan suatu proses yang mendorong keterpaduan antara pembangunan dan pengelolaan air, tanah, dan sumber daya lainnya, dengan tujuan untuk memaksimalkan kesejahteraan sosial ekonomi dan memperhatikan keberlanjutan ekosistem. Disamping itu, pengelolaan sumber daya air merupakan suatu metode untuk merumuskan pola dan rencanapengelolaan sumber daya air, dan bukan merupakan tujuan akhir. Pola merupakanperencanaan strategis yang melibatkan identifikasi kebutuhan dari para pemangku kepentingan dalam satu wilayah sungai, sehingga kerangka dasar yang telah disusun dapat disepakati oleh para pemangku kepentingan terkait. (Susanto 2017)

Dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya air dalam hal pemanfaatan dan penyediaannya. Jenis air lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia adalah air sungai atau air danau. Sama halnya dengan air hujan, sungai dan air danau merupakan resapan air hujan yang berasal dari langit.

Berdasarkan gagasan bahwa jumlah air selalu konstan atau tetap, gagasan tersebut tampaknya bahwa air dapat digunakan dalam bentuk siklus hidrologi dengan mengurangi nilainya. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan air yang terintegrasi untuk menciptakan keseimbangan antara pemanfaatan air. Salah satu cara untuk mewujudkan ide tersebut adalah dengan menerapkan konsep (*rainwater harvesting*) pemompaan air hujan, yaitu dengan mengumpulkan air hujan yang ditampung disuatu waduk atau *rainwater tank* dengan menggunakan air yang ditampung sebagai sumber air alternative, sehingga mengurangi penggunaan air tanah.(Kurnia, 2017)

Pengelolaan sumber daya air merupakan suatu proses yang mendorong keterpaduan antara pembangunan dan pengelolaan air, tanah, dan sumber daya lainnya, dengan tujuan untuk memaksimalkan kesejahteraan sosial ekonomi dan memperhatikan keberlanjutan ekosistem. Disamping itu, pengelolaan sumber daya air merupakan suatu metode untuk merumuskan pola dan rencanapengelolaan sumber daya air, dan bukan merupakan tujuan akhir. Pola merupakanperencanaan strategis yang melibatkan identifikasi kebutuhan dari para pemangku kepentingan dalam satu wilayah sungai, sehingga kerangka dasar yang telah disusun dapat disepakati oleh para pemangku kepentingan terkait.(Widayat and Said 2014)

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimana desain bangunan panen air hujan apa yang sesuai di asrama lingkungan kesehatan kabanjahe?
2. Berapa kebutuhan debit air bersih di asrama kesehatan lingkungankabanjahe?
3. Berapa debit air hujan yang dapat dimanfaatkan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini antara lain :

1. Untuk merencanakan desain bangunan panen air hujan
2. Untuk menganalisis debit kebutuhan air bersih di kawasan Kesehatan Lingkungan Kabanjahe
3. Untuk menganalisis debit air hujan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan air bersih di kawasan Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Untuk mendapatkan desain bangunan panen air hujan
2. Untuk mendapatkan kebutuhan debit air bersih dikawasan Kesehatan Lingkungan Kabanjahe menggunakan metode panen air hujan (*rainwater harversting*) dengan sistem PAH

3. Untuk mendapatkan debit air hujan yang dimanfaatkan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan air bersih di kawasan Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe menggunakan metode panen air hujan (*rainwater harvesting*) dengan sistem PAH

1.5. Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini diharapkan bermanfaat untuk:

1. Mempertahankan kelangsungan ketersediaan air bersih di kawasan Kesehatan Lingkungan
2. Memberikan masukan kepada instansi/institusi terkait, alternatif yang dapat dilakukan untuk mengembangkan pelayanan air bersih
3. Memberikan referensi bagi pihak – pihak yang membutuhkan

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan air hujan untuk kebutuhan air bersih dan konservasi dengan metode *RAINWATER HARVESTING* pada kawasan kesehatan lingkungan Kabanjahe” ini tersusun dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang uraian mengenai tinjauan secara umum, Latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan penelitian, Batasan Masalah dan Manfaat penelitian, dan Sistematika penulisan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan uraian teoritis, dan menunjukkan pembahasan mengenai penyusunan terapan dari sejumlah buku, yang dapat menjadi bahan acuan dalam penyusunan ini. Bagian bab ini membahas uraian mengenai siklus hidrologi, spektrum hujan, konsep konservasi air, metode *rainwater harvesting* berdasarkan sumber-sumber pustaka, teori tentang desain hidrolis dari sistem perpipaan, dan uraian data wilayah.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian yang akan dilakukan mengenai langkah-

langkah pengumpulan data-data sehingga dapat dijadikan dasar analisis dan pembahasan masalah berikutnya.

4. BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini berisi tentang pengolahan data mengenai bangunan perkantoran yang diasumsikan. Bab ini juga menguraikan analisis yang dapat dari bab sebelumnya. Dari bab ini akan dihasilkan hasil analisis berupa efisiensi yang terjadi dengan penggunaan konsep Panen Air Hujan dan analisis uji kualitas air hujan.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini mengenai kesimpulan mengenai hasil penelitian dan analisis. Sebagai pelengkap laporan disertakan juga beberapa data hasil analisis sebagai lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

Air merupakan senyawa kimia yang paling berlimpah di alam, namun demikian sejalan dengan meningkatnya taraf hidup manusia, maka kebutuhan air pun meningkat pula, sehingga akhir-akhir ini air menjadi barang yang "mahal". Di kota-kota besar, tidak mudah mendapatkan sumber air bersih yang dipakai sebagai bahan baku air bersih yang bebas dari pencemaran, karena air banyak tersedot oleh kegiatan industri yang memerlukan sejumlah air dalam menunjang produksinya. Di sisi lain, tanah yang merupakan celengan air sudah banyak ditutup untuk berbagai keperluan seperti perumahan, dan industri tanpa mepedulikan fungsi dari tanah tersebut sebagai wahana simpanan air untuk masa datang. Jumlah air yang terdapat di muka bumi ini relatif konstan, meskipun air mengalami pergerakan arus, tersirkulasi karena pengaruh cuaca dan juga mengalami perubahan bentuk. Sirkulasi dan perubahan bentuk tersebut antara lain melalui air permukaan yang berubah menjadi uap (evaporasi), air yang mengikuti sirkulasi dalam tubuh tanaman (transpirasi) dan air yang mengikuti sirkulasi dalam tubuh manusia dan hewan (respirasi). Air yang menguap akan terkumpul menjadi awan kemudian jatuh sebagai air hujan. Air hujan ada yang langsung bergabung di permukaan, ada pula yang meresap masuk ke dalam celah batuan dalam tanah, sehingga menjadi air tanah. Air tanah dangkal akan diambil oleh tanaman, sedangkan air tanah dalam akan keluar sebagai mata air. Sirkulasi dan perubahan fisis akan berlangsung terus sampai akhir zaman. (Susana, 2003)

Tabel 2.1 berikut ini menggambarkan bentuk-bentuk air beserta komposisinya. Dari Tabel terlihat bahwa komposisi air di bumi ini memang bervariasi. Masing-masing penampung air (*reservoir*) mempunyai jumlah air yang berbeda-beda. Namun demikian dimanapun air berada akan berputar sesuai dengan siklusnya.

Tabel 2.1: Volume air dipermukaan bumi (*Water Environment Federation, 2001*).

Reservoir	Volume (km ³ x 10 ⁹)	Persentase (%)
Lautan	1370	97,25
Kutub Es dan Glaciers	29	2,05
Air Tanah	9,5	0,68
Danau	0,125	0,01
Kelembaban Tanah	0,065	0,005
Atmosfer	0,013	0,001
Sungai	0,0017	0,0001
Biosfer	0,0006	0,00004

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi manusia dan makhluk lain di planetini. Khusus bagi manusia, air memegang peranan vital dalam semua aspek kehidupan manusia, seperti konsumsi langsung, pertanian, perikanan, transportasi, dan konstruksi. Dengan pertumbuhan penduduk yang pesat, maka kebutuhan akan air pun semakin meningkat, hanya tinggal menunggu waktu saja kelak keliling dunia akan menjadi sangat langka, dan kebutuhan air tidak akan terpenuhi lagi. Masalah air di Indonesia memang sudah serius. Masalah air di Indonesia tidak hanya terkait dengan krisis air bersih, tetapi juga krisis air secara umum. Di Indonesia terdapat kecenderungan ketimpangan air yang sangat berlawanan antarmusim hujan dan musim kemarau. Saat musim hujan, jumlah airnya banyak yang sering kali menyebabkan banjir.

2.2. Kebutuhan Air

Air adalah sumber kehidupan, tanpa air, kehidupan akan berakhir. Semua makhluk hidup membutuhkan air untuk bertahan hidup. Kualitas air yang dibutuhkan oleh organisme ini juga berbeda. Pemenuhan kebutuhan air akan menjadi sangat penting, jadi segala cara harus diambil untuk mengambil air agar dapat bertahan hidup.

Kebutuhan utama tubuh manusia akan air adalah untuk meminum air, agar tubuh selalu dapat menyerap air untuk menjaga metabolisme tubuh. Selain air minum, hampir semua aktivitas manusia juga membutuhkan air minum, terutama sanitasi dan kesehatan. Air tidak langsung juga dimanfaatkan, seperti lahan

pertanian yang digunakan untuk mengairi lahan manusia dan dalam proses produksi produk yang memenuhi kebutuhan hidup manusia.

2.2.1. Penggunaan Air Untuk Berbagai Keperluan

Kebutuhan air rumah-tangga dan perkotaan (*domestic, commercial and industrial*) kerap-kali disebut juga dengan nama air baku jika air tersebut belum diolah, dan air bersih atau air minum jika air telah diolah dengan menggunakan Instalasi Pengolah Air. Kebutuhan ini sangat penting untuk selalu dipenuhi, sebab kegagalan pemenuhan kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan dapat menimbulkan wabah penyakit dan keresahan masyarakat. Besarnya kebutuhan air ini bergantung pada jumlah penduduk, pola konsumsi yang sejalan dengan naiknya tingkat kesejahteraan, serta ukuran besarnya kota, atau desa yang dapat diasumsikan bergantung pada jumlah penduduk. Pemakaian air bersih diperkotaan biasanya digolongkan sesuai dengan lingkungan penggunaannya. Secara umum kebutuhan air bersih digolongkan sebagai:

a. Rumah Tangga (*Domestic*)

Yaitu air yang digunakan didalam rumah, hotel, dll untuk keperluan pribadi sehari-hari seperti minum, mandi, mencuci serta kegiatan dengan tujuan kebersihan dan kesehatan, sanitasi, memasak, dan penggunaan lainnya. Pemakaian air pada jenis ini bervariasi sesuai dengan tingkat ekonomi pengguna, yakni berkisar 50 liter sampai 250 liter per orang tiap hari (Wijanarko 2011). Besar pemakaian ini sudah termasuk untuk menyiram rumput dan tanaman. Pemakaian rumah tangga ini sekitar 50% dari pemakaian total, dan menjadi lebih besar jika pemakaian totalnya kecil.

b. Industri dan perdagangan (*Commercial and Industrial*)

Air yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan kegiatan industri dan perdagangan seperti pabrik, kantor dan pusat perbelanjaan. Kebutuhan ini berbeda-beda pada tiap tempat sesuai dengan ukuran dan jenis industri serta tingkat ketergantungannya dari sistem air kota yang ada. Jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan industri dan perdagangan berhubungan dengan beberapa faktor, seperti unit produksi, jumlah tenaga kerja, atau luas lantai yang dibangun. Pada kota dengan jumlah penduduk lebih dari 25.000 orang, pemakaian industri dan perdagangan adalah sekitar 15% dari pemakaian total.

c. Penggunaan Umum (*Public Use*)

Air yang digunakan untuk bangunan umum dan digunakan untuk pelayanan masyarakat. Termasuk dalam jenis ini adalah air untuk bangunan-bangunan kota, sekolah, pengelontoran, dan perlindungan terhadap kebakaran. Air yang digunakan untuk keperluan ini adalah sekitar 50 sampai 75 liter per orang tiap hari.

d. Hilang dan Terbuang (*loss and waste*)

Air yang digunakan untuk pemakaian yang tidak spesifik dan tidak terduga serta bukan untuk pemakaian tertentu. Pemakaian ini dapat ditimbulkan oleh karena kesalahan dalam pembacaan meteran, sambungan yang tidak tercatat pemakaiannya atau sambungan yang tidak resmi serta kebocoran pada sistem distribusi. (Kurnia, 2017)

Untuk mengetahui penjelasan mengenai pemakaian air rata-rata setiap hari sesuai penggunaan gedung dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Pemakaian air rata-rata setiap hari berdasarkan SNI 03-7065-2005.

NO	Jenis Gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500	Liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMA/SMK dan Perguruan Tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, Toko Pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/Kursi

Tabel 2.2: *Lanjutan*

No	Jenis Gedung	Pemakaian air	Satuan
12	Hotel Berbintang	250	Liter/Tempat tidur/ hari
13	Hotel Melati/ Penginapan	150	Liter/Tempat tidur/ hari
14	Gd. Pertunjukan, Bioskop	10	Liter/Kursi
15	Gd. Serba Guna	25	Liter/Kursi
16	Stasiun, Terminal	5	Liter/Penumpang tiba dan pergi/orang
17	Tempat Ibadah	10	Liter/orang

Kolam pengumpul air hujan adalah kolam atau wadah yang dipergunakan untuk menampung air hujan yang jatuh di atap bangunan (rumah, gedung perkantoran atau industri) yang disalurkan melalui talang (Permen LH Nomor 12 Tahun 2009)

2.2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Besarnya pemakaian air untuk berbagai keperluan berbeda-beda di tiap daerah. Hal ini tergantung dari karakteristik lokal daerah yang bersangkutan, yang terdiri dari beberapa faktor seperti luas kota/daerah dan jumlah penduduk, perhitungan pemakaian dan efisiensi dari pengelolaan sistem.

Luas daerah tidak berpengaruh langsung terhadap pemakaian air pada masyarakat dengan jumlah warga sedikit yang cenderung lebih sedikit menggunakan air. Pada sisi lain, keberadaan industri yang sangat berkepentingan dengan pemakaian air akan menyebabkan naiknya pemakaian air perkapita. Masyarakat dengan jumlah warga yang sedikit biasanya menempati wilayah yang tidak sepenuhnya dilengkapi dengan sistem jaringan air bersih dan sistem pembuangan limbah, sedangkan penambahan/pemakaian sistem pembuangan limbah dapat menyebabkan meningkatnya pemakaian air.

Industri dan perdagangan mempunyai efek yang nyata terhadap pemakaian total. Pemakaian pada industri tidak berhubungan langsung dengan jumlah penduduk. Seringkali industri menggunakan suplai air tambahan untuk beberapa keperluan, sehingga dapat mejadi salah faktor yang mengurangi pemakaian

mereka dari suplai jaringan kota. Pemakaian komersial/perdagangan sangat tergantung dari jumlah karyawan yang bekerja pada suatu kawasan bisnis dan tidak dapat diperkirakan berdasarkan jumlah rumah tinggal. Pemakaian air untuk sanitasi pada fasilitas bisnis adalah sekitar 55 liter per orang untuk 8 jam kerjatiap hari.

Karakteristik penduduk, terutama tingkat ekonomi dapat menciptakan keragaman mendasar dari pemakaian rata-rata per orang setiap hari. Pada kawasan permukiman mewah di tengah kota maupun di pinggir kota, pemakaian per orang akan tinggi hanya untuk keperluan rumah tangga. Penyiraman rumput dan tanaman juga mempertinggi pemakaian pada daerah ini. Pada kawasan permukiman yang tergolong kumuh. Pemakaian air akan sangat rendah. Pemakaian yang rendah juga terjadi pada kawasan menengah yang tidak memiliki sistem pembuangan limbah dan pasokan air bersih yang tidak mencukupi.

Tanpa keberadaan meteran pengukur, para pemakai tidak terdorong untuk menghemat pemakaian air dan pembuangan limbah menjadi sangat banyak. Pengukuran juga dapat juga dipakai sebagai analisa pemakaian berdasarkan kelas pemakaian serta untuk analisa kehilangan akibat kebocoran pada sistem distribusi. Program penghematan pemakaian dapat dilakukan untuk jangka pendek (selama musim kering dan kurang hujan) maupun untuk jangka panjang dan permanen. Program tersebut dapat berupa pembatasan atau pelarangan menyiram rumput, menggalakan penanaman tumbuhan yang tahan kondisi kurang hujan, membiasakan pemakaian pancuran air yang dapat diatur, toilet hemat air, dan peralatan lain yang hemat air. Cara lain adalah dengan menetapkan harga satuan air yang lebih mahal untuk pemakaian yang lebih besar.

2.3. Hidrologi Umum

Secara umum Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah keberadaan air di bumi (siklus air) dan hidrologi memberikan alternatif bagi pengembangan sumber daya air bagi pertanian dan industri (Suripin, 2004).

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-mahluk hidup (Seyhan, 1990).

Karena perkembangan yang ada maka ilmu hidrologi telah berkembang menjadi ilmu yang mempelajari sirkulasi air. Jadi dapat dikatakan, hidrologi adalah ilmu untuk mempelajari: presipitasi (*precipitation*), evaporasi dan transpirasi (*evaporation*), aliran permukaan (*surface stream flow*), dan air tanah (*groundwater*).

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk, kejadian, dan

distribusinya, sifat alami dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia (Sri 1993).

Sedangkan hidrologi teknik adalah cabang hidrologi terapan yang termasuk keterangan hidrologi yang teruntut bagi teknik, misalnya perancangan, penyelenggaraan, dan perawatan sarana dan bangunan teknik.

Analisis hidrologi diperlukan untuk perencanaan drainase, *culvert*, maupun jembatan yang melintang sungai atau saluran. Dalam analisis hidologi diperlukan data curah hujan, daerah tangkapan air (DTA), analisa curah hujan rencana, pemilihan jenis sebaran, dan analisis debit banjir rencana. Kegagalan dalam perhitungan drainase menyebabkan terjadinya banjir yang tentunya akan menyebabkan keruntuhan pada struktur dari jalan. Untuk itu dalam perhitungan analisa hidrologi diperlukan ketelitian yang pasti baik itu dari pengumpulan data maupun pengolahan data agar dalam perencanaan suatu drainase, *culvert*, maupun jembatan tidak terjadi kekeliruan.

2.3.1. Siklus Hidrologi

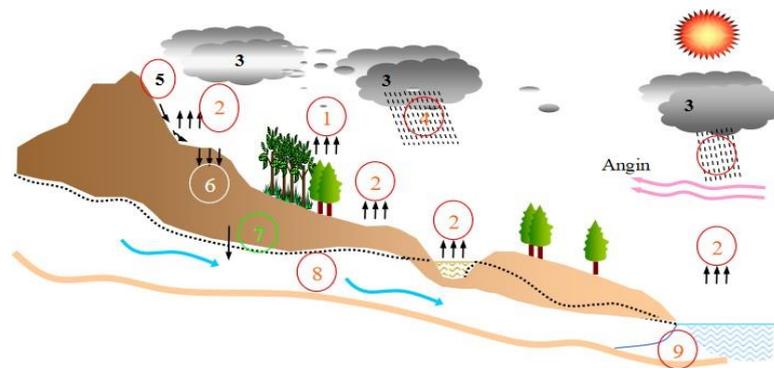
Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah suatu proses yang berkaitan, dimana air diangkut dari lautan ke atmosfer (udara), ke darat dan kembali lagi ke laut. Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung yaitu melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun didalam tanah yang berakhir di laut.

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus, dimana kita tidak tahukapan dan darimana berawalnya dan kapan pula akan berakhirnya (Suripin, 2004).

Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut. Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai

tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontiniu dalam tiga cara yang berbeda:

1. Evapotranspirasi: Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dan sebagainya kemudian akan menguap ke angkasa (atmosfir) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju, dan es.
2. Infiltrasi/perkolasi ke dalam tanah: Air bergerak ke dalam tanah melaluicelah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.
3. Air permukaan: Air bergerak diatas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau, makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah aliran sungai menuju laut. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa) dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen- komponen siklus hidrologi yang tertera pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Siklus hidrologi (Susanto 2017).

Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada dipermukaan bumi akan berubah wujud berupa gas/uap akibat panas matahari dan disebut dengan penguapan atau evaporasi dan transpirasi. Uap ini bergerak di udara (atmosfir), kemudian akibat perbedaan temperatur di udara dari panas menjadi

dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi cairan (*from air to liquid state*). Hujan jatuh ke bumi baik secara langsung maupun melalui media misalnya melalui tanaman (vegetasi). Di bumi air mengalir dan bergerak dengan berbagai cara. Pada retensi (tempat penyimpanan) air akan menetap untuk beberapa waktu. Retensi dapat berupa retensi alam seperti daerah-daerah cekungan, danau tempat-tempat yang rendah. Maupun retensi buatan seperti tampungan, sumur, embung, waduk.

Secara gravitasi, air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah yang lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut. Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di atas muka tanah. Aliran ini biasanya akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju ke sistem jaringan sungai, sistem danau atau waduk. Dalam sistem sungai aliran mengalir mulai dari sistem sungai kecil ke sistem sungai yang besar dan akhirnya menuju mulut sungai atau sering disebut estuari yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut. Air hujan sebagian mengalir meresap ke dalam tanah atau sering disebut dengan infiltrasi, dan bergerak terus ke bawah. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian menguap (evaporasi dan transpirasi) dan membentuk uap air. Sebagian lagi mengalir masuk ke dalam tanah (infiltrasi, perkolasi, kapiler). Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah dan di dalam retak-retak dari batuan. Dahulu disebut air lapisan dan yang terakhir disebut air celah (*fissure water*). Aliran air tanah dapat dibedakan menjadi aliran tanah dangkal, aliran tanah antara dan aliran dasar (*baseflow*). Disebut aliran dasar karena aliran ini merupakan aliran yang mengisi sistem jaringan sungai. Hal ini dapat dilihat pada musim kemarau, ketika hujan tidak turun untuk beberapa waktu, pada suatu sistem sungai tertentu aliran masih tetap dan kontiniu.

Sebagian air yang tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar ke permukaan tanah sebagai limpasan, yakni limpasan permukaan (*surfacerunoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang terkumpul di sungai yang akhirnya akan mengalir ke laut kembali terjadi penguapan dan begitu seterusnya mengikuti siklus hidrologi. Penyimpanan air

tanah besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Kondisi tata guna lahan juga berpengaruh terhadap tampungan air tanah, misalnya lahan hutan yang beralih fungsi menjadi daerah permukiman dan curah hujan daerah tersebut. Sebagai permulaan dari simulasi harus ditentukan penyimpangan awal (*initial storage*).

Hujan jatuh ke bumi baik secara langsung maupun melalui media misalnya melalui tanaman (*vegetasi*), masuk ke tanah begitu juga hujan yang terinfiltrasi. Sedangkan air yang tidak terinfiltrasi yang merupakan limpasan mengalir ketempat yang lebih rendah, mengalir ke danau dan tertampung. Dan hujan yang langsung jatuh diatas sebuah danau (*reservoir*) air hujan (*presipitasi*) yang langsung jatuh di atas danau menjadi tampungan langsung. Air yang tertahan di danau akan mengalir melalui sistem jaringan sungai, permukaan tanah (akibat debit banjir) dan merembes melalui tanah. Dalam hal ini air yang tertampung di danau adalah aliran intra (*inflow*), sedangkan yang mengalir atau merembes adalah (*outflow*).

2.4. Hujan (Curah Hujan)

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian siklus hidrologi air hujan yang jatuh ke permukaan bumi (*presipitasi*) akan bergerak secara kontinu melalui tiga cara yang berbeda. Setiap terjadinya hujan, intensitas yang terjadi tidak selalu sama (konstan) karena dipengaruhi oleh faktor penguapan, kelembaban dan tekanan udara, angin dan sebagainya.

Hujan yang terjadi memiliki distribusi intensitas curah hujan yang berbeda – beda. Distribusi intensitas curah hujan ini dapat digolongkan menjadi kelompok tertentu yang biasa disebut dengan spektrum curah hujan.

Penggolongan spektrum curah hujan ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Hujan kecil dengan intensitas sebesar 75% (0 – 20 mm)
2. Hujan besar, dengan intensitas sebesar 20% (21 – 51 mm)
3. Hujan sangat besar (ekstrim), dengan intensitas sebesar 5% (>50 mm)

Dari sebaran hujan ini sebenarnya tidak semuanya hujan yang jatuh dibiarkan begitu saja menjadi aliran permukaan lalu mengalir ke laut, sebenarnya dapat dilakukan beberapa manajemen praktis berdasarkan spektrum curah hujan yang terjadi.

Untuk hujan kecil dengan intensitas sebesar 75% (0 – 20 mm), hujan ini dapat dimanfaatkan sebagai pengisian kembali air tanah dalam (*deep groundwater*) melalui proses infiltrasi dan juga penerapan Low Impact Development (LID) yang salah satunya metode panen air hujan (rain water harvesting) guna mengurangi volume limpasan yang terjadi.

Untuk hujan besar dengan intensitas sebesar 20% (21 – 50 mm), hujan ini memiliki laju limpasan permukaan yang besar sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk pengisian sumber air tanah dalam sehingga harus dikendalikan laju limpasan permukaan yang terjadi dengan melakukan penyimpanan air pada badan

– badan air (*storing*).

Untuk hujan sangat besar (ekstrim) dengan intensitas sebesar 5% (>50 mm), hujan ini memiliki laju limpasan permukaan yang sangat besar sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk pengisian sumber air tanah dalam dan juga jika hujan seperti ini tidak dikendalikan dapat menyebabkan banjir sehingga diperlukan upaya pengendalian laju limpasan permukaan yang terjadi dengan sistem drainase, reservoir alam/danau yang baik.

Karena air yang dimanfaatkan untuk konsumsi oleh manusia hanya jenis air tawar yang jumlahnya terbatas, maka manusia harus melakukan modifikasi dalam siklus hidrologi dengan membangun sumur – sumur dari lubang bor, waduk, sistem suplai air, sistem drainase, jaringan irigasi, dan fasilitas sejenis.

Seiring dengan perkembangan zaman, maka terjadilah ledakan jumlah penduduk yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan manusia akan air. Maka timbullah fenomena eksploitasi sumber daya air akibat modifikasi siklus hidrologi tanpa memperhatikan kelestariannya dan manajemen air yang buruk sehingga menyebabkan kondisi kelangkaan air. Hal ini diperparah dengan banyaknya perubahan dalam siklus hidrologi.

2.5. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini dikarenakan oleh ketidakpastian siklus hidrologi itu sendiri, rekaman data dan kualitas data. Karena hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi secara pasti seberapa besar curah hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu, maka diperlukan analisis hidrologi (Triatmodjo, 1998).

2.5.1. Analisis Frekuensi Hujan (Persipitasi)

Analisa frekuensi adalah prosedur memperkirakan frekuensi suatu kejadian pada masa lalu ataupun masa yang akan datang. Prosedur tersebut dapat digunakan menentukan hujan rancangan dalam berbagai kala ulang berdasarkan distribusi hujan secara teoritis dengan distribusi hujan secara empiris. Hujan rancangan ini digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang diperlukan dalam memperkirakan laju aliran (debit banjir). Langkah-langkah analisa frekuensi tersebut adalah:

1. Menentukan curah hujan maksimum merata untuk tiap-tiap tahun data.
2. Menentukan parameter statistik dari data yang telah diurutkan dari besar ke kecil, yaitu: *Mean, Standart Deviation, Coeffisient of Variation, Coeffisient of Skewness, Coeffisient of Kurtosis*.
3. Menentukan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan parameter yang ada.

2.5.2. Analisis Frekuensi

Dari curah hujan rata-rata dari berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebarandata curah hujan yang sesuai dengan pola sebaran data curah rata-rata (Soewarno, 1995).

1. Standar Deviasi (S)

Perhitungan standar deviasi digunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

Dimana:

S = standar deviasi curah hujan

X = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

2. Koefisien Variasi (CV)

Koefisien variasi (variation coefficient) adalah nilai perbandingan antar deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Perhitungan koefisien variasi digunakan rumus sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S}{X} \quad (2.2)$$

Dimana:

C_v = Koefisien varian

S = nilai rata-rata curah hujan

X = nilai rata rata varian

Dari nilai-nilai diatas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

3. Koefisien *Skewness* (C_s)

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*assymmetry*) dari suatu bentuk distribusi, perhitungankoefisien *skewness* digunakan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - X)^3}{(n-1).(n-2).S^3} \quad (2.3)$$

Dimana:

C_s = koefisien *skewness*

X_i = nilai varian ke-i

X = jumlah data

n = jumlah data
S = standar deviasi

4. Pengukuran Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal yang mempunyai $C_k = 3$ yang dinamakan mesokurtik, $C_k < 3$ berpuncak tajam yang dinamakan leptokurtik, sedangkan $C_k > 3$ berpuncak datar dinamakan *platikurtik*. Perhitungan kurtosis digunakan rumus sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (2.4)$$

Dimana:

C_k = koefisien kurtosis curah hujan

N = jumlah data curah hujan

\bar{X} = nilai rata-rata dari data sampel

X_i = curah hujan ke- i

S = standar deviasi

2.5.3. Distribusi Frekuensi

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis adat yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemencengan).

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini beberapa jenis distribusi frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini:

- Distribusi *Gumbel*
- Distribusi *Log Person Type III*

1. Distribusi *Gumbel*

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas *Gumbel* dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

(2.5)

$$X_r = X + S \times K$$

Keterangan rumus:

X_r = hujan rencana atau debit dengan periode ulang

X = nilai rata-rata dari data hujan (X)

S = standar deviasi dari data hujan (X)

K = faktor frekuensi *Gumbel*

$$K = \frac{Y_t \cdot Y_n}{S_n} \quad (2.6)$$

Y_t = reduced variate = nilai Y , bias ditentukan berdasarkan Lampiran

S_n = Reduced standart deviasi

Y_n = Reduced mean

2. Distribusi *Log Pearson Type III*

Secara sederhana fungsi kerapatan peluang *Log Pearson type III* ini mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_t = \log X_i + K_T \cdot S_i \quad (2.7)$$

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log X_i}{n} \quad (2.8)$$

$$S_i = \text{standart deviasi} = \sqrt{\frac{(\log X_i - \log X)^2}{(n-1)}} \quad (2.9)$$

$$C_s = \text{koefisien skewness} = \frac{(\log X_i - \log X)^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S_i^3} \quad (2.10)$$

Dimana:

X_i = data ke-i

S_i = standar deviasi

C_s = koefisien *skewness*

n = jumlah data

K_T = koefisien frekuensi

2.5.4. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi adalah untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Untuk pengujian parameter dapat dilakukan dengan Uji Chi-kuadrat (*Chi-square*) atau Uji *Smirnov-Kolmogorof*.

a. Uji *Smirnov-Kolmogoro*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hal itu dikarenakan nilai uji yang terdapat pada Tabel Tabel 2.3: Nilai kritis untuk uji *Smirnov-Kolmogorof* (Suripin, 1981).

Ukuran Sampel (mm)	Level Of Significance α (%)			
	20	10	5	1
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,322	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

Prosedur dasarnya mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif fungsi yang ditinjau. Sampel yang berukuran n , diatur dengan urutan yang meningkat. Dari data yang diatur akan membentuk suatu fungsi frekuensi kumulatif tangga.

Uji *Smirnov-Kolmogorof*

1. Urutkan data (data besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut:

$$X_1P(X_1) \quad ; \quad X_2P(X_2) \quad ; \quad X_n P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data.

$$X_1P'(X_1) \quad ; \quad X_2P'(X_2) \quad ; \quad X_n P'(X_n)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{Maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)]$$

Berdasarkan Tabel 2.3 nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorof test*) tentukan nilai kritis (D_0). Apabila nilai D lebih kecil dari nilai D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, tetapi apabila nilai D lebih besar dari nilai D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak diterima.

b. Uji *Chi-square*

Uji *Chi-square* adalah salah satu uji statistik non parametrik yang cukup sering digunakan dengan penelitian. Uji *Chi-square* ini biasa diterapkan untuk pengujian kenormalan data, pengujian data yang berlevel nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proporsi sampel. Uji *Chi-square* diterapkan pada kasus dimana akan uji diamati (data observasi) berbeda secara nyata atukah tidak dengan frekuensi yang diharapkan. *Chi-square* adalah teknik analisis yang digunakan untuk menentukan perbedaan frekuensi (O_j) dengan frekuensi ekspektasi atau frekuensi harapan (E_j) suatu kategori tertentu. Uji ini dapat dilakukan pada data diskrit atau frekuensi.

Uji *Chi-square* digunakan untuk menguji distribusi pengamatan, apakah sampel memenuhi syarat distribusi yang diuji atau tidak. Adapun prosedur perhitungan *Chi-square* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kelas dengan rumus:

$$K = 1 + 3,22 \log n \quad (2.11)$$

Dengan:

K = jumlah kelas

N = Banyaknya data

2. Membuat kelompok-kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas.
3. Menghitung frekuensi pengamatan $O_j = n/\text{jumlah kelas}$.
4. Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas.
5. Menghitung:

$$X_{h^2} = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad (2.12)$$

Dimana: X_{h^2} = parameter chi-kuadrat terhitung

k = jumlah kelas

O_j = frekuensi pengamatan kelas E_j

= frekuensi teoritis kelas

6. Menentukan μ^2 cr dari tabel dengan menentukan taraf signifikan taraf signifikan (α) dan derajat kebebasan (ν).

Menyimpulkan hasil dari tabel perhitungan apabila μ^2 hitung $<$ μ^2 cr maka distribusi terpenuhi dan apabila nilai μ^2 hitung $>$ μ^2 cr maka distribusi tidak terpenuhi. Untuk melihat nilai distribusi yang tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Nilai kritis untuk distribusi Chi-square (Monarchi, 2009)

d^k	α derajat kepercayaan							
	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,05}$	$t_{0,025}$	$t_{0,01}$	$t_{0,005}$
1	0,039	0,160	0,098	0,393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,100	0,201	0,506	0,103	5,991	6,783	9,210	10,597
3	0,717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278

Tabel 2.4: Lanjutan.

d_k	α derajat kepercayaan							
	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,05}$	$t_{0,025}$	$t_{0,01}$	$t_{0,005}$
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,598
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,884	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,852
20	7,434	8,260	9,591	10,851	34,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,298	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,920	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,920

2.6. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujandiperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara baik secara statistik maupun secara empiris.

Intensitas hujan (I) ialah laju rata-rata dari hujan yang lamanya sama dengan waktu konsentrasi T_c dengan masa ulang tertentu sesuai kebutuhan.

Intensitas hujan adalah termasuk dari karakteristik hujan yang juga terdapat durasi hujan yaitu lama kejadian (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Selanjutnya lengkung intensitas

hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkungan intensitas hujan kala ulang hujan tertentu.

Untuk menentukan intensitas hujan adalah dengan menggunakan rumus- rumus empiris yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan lamanya hujan.

- Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.13)$$

- Rumus Mononobe

Sering digunakan di Jepang, digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap berdasarkan data curah hujan harian.

Dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan mungkin terjadi berdasarkan masa ulang tertentu (curah maksimum dalam 24 jam-mm)

2.7. Koefisien Aliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara jumlah aliran (*run off*) dengan jumlah curah hujan. Sehingga disingkat dengan:

$$C = \frac{\text{jumlah aliran}}{\text{jumlah curah hujan}} \quad (2.14)$$

Untuk daerah tangkapan beraneka ragam, bentuk permukaan dapat dicari koefisien pengalirannya dengan rumus:

$$C = \frac{(A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n)}{\text{jumlah curah hujan}} \quad (2.15)$$

Dimana:

C = koefisien pengaliran

A = luas daerah tangkapan (m²)

Persentase angka pengaliran berangsur-angsur bertambah selama hujan berlangsung, juga harga koefisien pengaliran tersebut berbeda-beda, yang mana hal ini dapat disebabkan antara lain:

1. Faktor Meteorologi, yang mencakup:
 - a. Curah hujan
 - b. Intersepsi
 - c. Evaporasi
 - d. Transpirasi
2. Faktor daerah, yang mencakup:
 - a. Karakteristik daerah pengaliran.
 - b. Faktor fisik, yaitu antara lain:
 - Penggunaan tanah (*land use*).
 - Jenis tanah.
 - Kondisi topografi.

Dapat dimengerti betapa sulit untuk menentukan besarnya pengaruh dari setiap faktor itu sendiri-sendiri. Berhubung dengan itu mungkin diperhitungkan semua faktor secara sendiri-sendiri. Pemilihan koefisien pengaliran harus mempertimbangkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari karena dalam hal ini pengaruh koefisien pengaliran sangat besar dalam menentukan besarnya aliran disuatu tempat daerah tertentu berdasarkan jenis daerah aliran tersebut, Koefisien pengaliran secara umum diperlihatkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Koefisien aliran (C) secara umum (Wesli, 2008)

Tipe Daerah Aliran	Kondisi	Koefisien Aliran (C)
Rerumputan	Tanah Pasir, datar, 2%	0,05 – 0,10
	Tanah Pasir, rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
	Tanah Pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
	Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
	Tanah gemuk, curam, 2%	0,25 – 0,35
Business	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	Daerah “Single Family”	0,30 – 0,50
	“Multi units” terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	“Multi units” tertutup	0,60 – 0,75
	“Suburban”	0,25 – 0,40
	Daerah rumah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	Daerah ringan	0,50 – 0,80
	Daerah berat	0,60 – 0,90
Pertamanan, kuburan	-	0,10 – 0,25
Tempat beribadah	-	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	-	0,20 – 0,40
Taman bermain	-	0,20 – 0,35
Jalan	Beraspal	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Batu bata, paving	0,70 – 0,85
Untuk berjalan dan naik	-	0,70 – 0,85
Atap bangunan	-	0,75 – 0,95

Pada perencanaan bak penampungan air hujan di kawasan MedanBelawan, digunakan koefisien pengaliran pada Tabel 2.5: Koefisien aliran (C) secara umum dengan alasan-alasan sebagai berikut:

1. Harga-Harga koefisien *run off* (koefisien pengaliran pada Tabel 2.5) merupakan hasil yang disurvei (diselidiki) pada sebagian besar di Amerika Serikat.

2. Harga-harga koefisien pada Tabel 2.5 tidak tergantung pada lamanya hujan.
3. Harga-harga koefisien pengaliran pada Tabel 2.5 sangat sesuai untuk studi kasus ini, karena persentase daerah kedap dapat disurvei di lapangan.

Koefisien pengaliran dapat di presentasikan berdasarkan permukaan yang kedap dengan melihat waktu konsentrasinya seperti yang terlihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Koefisien pengaliran berdasarkan persentase permukaan yang kedap dengan waktu konsentrasi (Wesli, 2008)

t _c	Persentase permukaan yang kedap										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	0,149	0,189	0,229	0,269	0,309	0,350	0,390	0,430	0,470	0,510	0,550
20	0,236	0,227	0,318	0,360	0,401	0,442	0,483	0,524	0,566	0,607	0,648
30	0,287	0,329	0,372	0,414	0,457	0,499	0,541	0,584	0,626	0,669	0,711
45	0,334	0,377	0,421	0,464	0,508	0,551	0,594	0,638	0,681	0,730	0,768
60	0,371	0,415	0,458	0,502	0,546	0,590	0,633	0,677	0,721	0,764	0,808
75	0,398	0,442	0,486	0,530	0,574	0,618	0,661	0,705	0,749	0,793	0,837
90	0,422	0,465	0,509	0,552	0,596	0,639	0,682	0,736	0,769	0,813	0,856
105	0,445	0,487	0,530	0,572	0,615	0,657	0,699	0,742	0,784	0,827	0,869
120	0,463	0,505	0,546	0,588	0,629	0,671	0,713	0,754	0,796	0,837	0,879

2.8. Laju Aliran

Kecepatan aliran adalah kecepatan rata-rata suatu aliran dalam waktu tertentu.

Rumus kecepatan aliran metode *Manning* antara lain adalah:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran air (m/detik)

n = koefisien *manning*

R = jari-jari hidraulis (m)

S = kemiringan saluran

Kecepatan aliran metode Manning dalam waktu tertentu juga dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Nilai koefisien Manning (Triatmodjo, 1993)

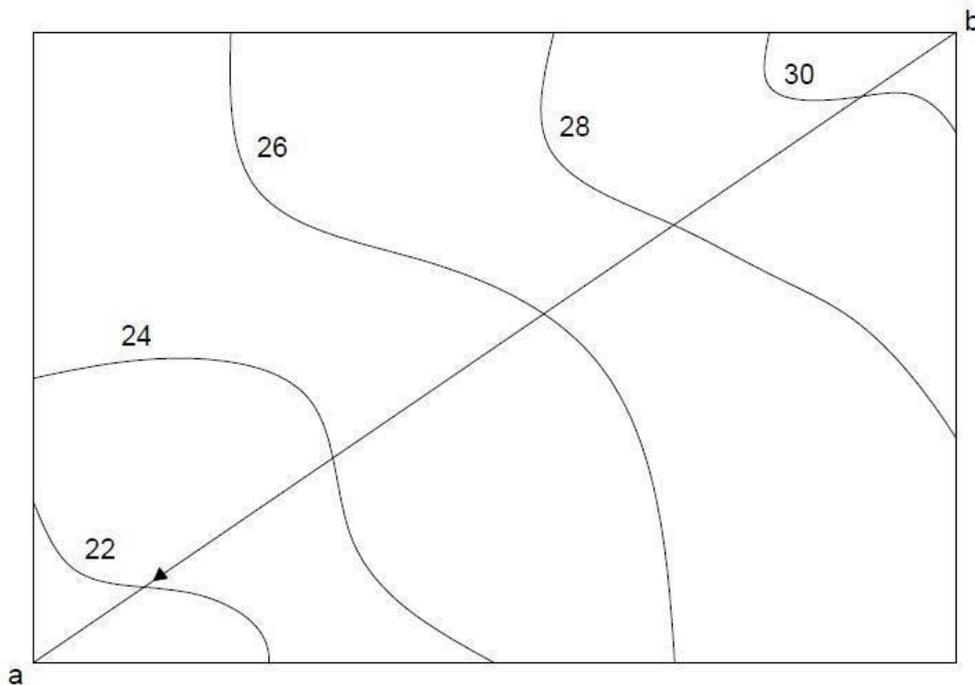
Bahan	Koefisien <i>Manning</i> (<i>n</i>)
Besi tuang lapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Beta dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

2.9. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi pada daerah pengaliran adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari daerah yang terjauh ke suatu pembuang (*outlet*) tertentu, yang diasumsikan bahwa lamanya hujan sama dengan waktu konsentrasi pada semua bagian daerah pengaliran dimana air hujan berkumpul bersama-sama untuk mendapatkan suatu debit yang maksimum pada *outlet*,

Waktu konsentrasi terdiri dari 2 (dua) bagian:

- a. Waktu pemasukan (*inlet time*) atau *time of entry* yaitu waktu yang dibutuhkan oleh aliran permukaan untuk masuk ke saluran.
- b. Waktu pengaliran (*Conduit Time*) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Contoh saluran a-b pada suatu daerah pengaliran (Suryono, 1976)

Dari gambaran ini dapat dijelaskan adalah waktu pemasukan adalah waktu yang dibutuhkan air hujan dari titik terjauh masuk ke titik pengaliran misalnya titik A, sedangkan waktu pengaliran adalah waktu yang dibutuhkan oleh air dalam perjalanan dari titik A ke B.

Waktu pemasukkan (inlet time) dipengaruhi oleh:

1. Kekasaran permukaan daerah pengaliran.
2. Kejenuhan daerah pengaliran.
3. Kemiringan daerah pengaliran.
4. Sisi dari bagian daerah atau jarak areal pembagi ke saluran.
5. Susunan atap yang ada pada daerah tersebut.

Dalam hal ini untuk curah hujan yang berasal dari atap, waktu pemasukannya tidak lebih dari 5 menit. Pada daerah komersial yang relatif datar, waktu pemasukan yang dibutuhkan sekitar 10 sampai 15 menit, dan pada daerah permukiman penduduk yang relatif datar waktu yang dibutuhkan sekitar 20 sampai 30 menit.

Waktu pengaliran (*time of flow*) tergantung pada perbandingan panjang saluran dan kecepatan aliran. Menurut rumus empiris dari Kirpich yang diasumsikan dari rumus *Manning* untuk koefisien kekasaran rata-rata dan jari-jari hidraulis yang berlaku umum. Waktu konsentrasi juga dapat

dihitung dengan rumus:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (2.17)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi.

L = Panjang maksimum aliran (meter).

S = Kemiringan saluran.

2.10. Air Yang Tersedia

Dibumi kita ini 97% adalah air asin. Dan hanya 3% berupa air tawar yang lebih dari 2 per tiga bagiannya berada dalam bentuk es di glasier dan eskutub. Air tawar yang tidak membeku dapat ditemukan terutama didalam tanah berupa air tanah, dan hanya sebagian kecil berada diatas permukaan tanah dan di udara.

Perkembangan wilayah pada suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air terus meningkat seiring dengan laju penduduk. Pemenuhan kebutuhan pangan dan aktivitas penduduk selalu erat kaitannya dengan kebutuhan air. Tuntutan tersebut tidak dapat dihindari, tetapi haruslah diprediksi dan direncanakan pemanfaatan sebaik mungkin. Kecenderungan yang sering terjadi adalah adanya ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air di masa mendatang. Diperlukan upaya pengkajian komponen-komponen kebutuhan air, serta efisiensi pengguna air.

Perhitungan hujan andalan dilakukan melalui pengolahan data debihujan tahunan yang ada dengan mengurutkan peringkat dan debit rerata tahunan dari nilai tertinggi ke nilai terendah berdasarkan besar curah hujan rata-rata tahunan. Lalu diperhitungkan peluang masing-masing dengan rumus:

$$P (\%) = \left(\frac{m}{(n+1)} \right) \times 100\% \quad (2.18)$$

Dengan:

m = nomor urut

n = jumlah data

P = peluang

Prosedur analisis debit andalan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data. Apabila terdapat data debit dalam jumlah cukup panjang, maka analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan melakukan analisis frekuensi terhadap data debit tersebut.

2.11. Metode Perhitungan Neraca Air

Ukuran kapasitas tangki penampungan air hujan dapat memenuhi permintaan kebutuhan air sepanjang tahun atau maksimal sepanjang musim hujan. Metode yang kami pakai dalam perencanaan ini Metode Perhitungan Neraca Air.

Pada metode ini, perhitungan PAH ditentukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air yang terjadi. Ketersediaan air berasal dari atap sedangkan kebutuhan air merupakan volume air yang dibutuhkan. Ketersediaan air berbeda setiap harinya karena perbedaan curah hujan setiap hari dan ditambah lagi dengan dua musim yang terjadi di Indonesia sehingga suplai air pada musim penghujan melimpah dan pada musim kemarau suplai atau ketersediaan air sangat sedikit, sedangkan kebutuhan air setiap bulan dianggap sama. Maka dengan metode ini menyesuaikan dengan kondisi antara dua musim ini, sehingga suplai air yang ditampung pada musim penghujan ada sebagian yang ditabung untuk menutupi kekurangan air sehingga neraca *supply* dengan *demand* menjadi seimbang.

2.12. Perhitungan Pasokan Air

Untuk menghitung ketersediaan air atau volume air hujan yang jatuh diatas bangunan, dapat digunakan Pers. 2.19.

$$V = R . A . C \quad (2.19)$$

Dimana:

V = volume air tertampung (m³)

R = curah hujan (mm/bulan)

A = luas daerah tangkapan (m²) C = koefisien *run off* (Tabel 2.5)

2.13. Perhitungan Debit Air Baku

Untuk menghitung debit air baku, dapat digunakan Pers. 2.20:

$$Q = 0,00278 . C . I . A \quad (2.20)$$

Dimana:

Q = debit air rata-rata hujan (m³/detik)

C = koefisien *run off* (Tabel 2.5)

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

A = luas tampungan basement sebagai bidang penangkap (ha)

2.14. Spektrum Curah Hujan

Curah hujan ialah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah selama periode tertentu bila tidak terjadi penghilangan oleh proses evaporasi, pengaliran dan peresapan, yang diukur dalam satuan tinggi. Tinggi air hujan 1 mm berarti air hujan pada bidang seluas 1 m² berisi 1 liter. Unsur-unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah jumlah curah hujan, dan intensitas atau kekuatan tetesan hujan. (Arifin, 2010)

Siklus hidrologi air hujan yang jatuh ke bumi akan bergerak secara kontinu melalui tiga cara berbeda. Setiap terjadinya hujan, intensitas yang terjadi tidak selalu sama (konstan) karena dipengaruhi oleh faktor penguapan, kelembaban dan tekanan udara, angin dan sebagainya (Susana, 2012).

Hujan yang terjadi memiliki distribusi intensitas hujan yang berbeda-beda. Distribusi intensitas curah hujan ini dapat digolongkan ke dalam kelompok-kelompok tertentu yang biasa disebut dengan spektrum curah hujan.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian siklus hidrologi, air hujan yang jatuh ke permukaan bumi (presipitasi) akan bergerak terus menerus dengan tiga cara yang berbeda. Setiap kali hujan, intensitas yang terjadi tidak sama (konstan) karena dipengaruhi oleh penguapan, kelembaban dan tekanan udara, angin dan sebagainya. Penggolongan spektrum curah hujan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Hujan kecil dengan intensitas sebesar 75% (0-20 mm)
2. Hujan besar dengan intensitas sebesar 20% (21-51 mm)
3. Hujan sangat besar (ekstrim) dengan intensitas sebesar 5% (> 50 mm)

Dari sebaran hujan ini tidak semuanya air hujan yang jatuh dibiarkan begitu saja mengalir ke sungai atau laut, sebenarnya dapat dilakukan beberapa manajemen praktis berdasarkan hujan yang terjadi (Susana, 2012).

2.15. Pemanenan air hujan

Pemanenan air hujan (Rain Water Harvesting) 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; Abdulla et al.,2009). Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak tersedia air tanah (Abdulla et al., 2009).

Berdasarkan UNEP (2001), beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut :

- a. Meminimalisasi dampak lingkungan: penggunaan instrumen yang sudah ada (atap rumah, tempat parkir, taman, dan lain-lain) dapat menghemat pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan. Selain itu meresapkan kelebihan air hujan ke tanah dapat mengurangi volume banjir di jalan-jalan di perkotaan setelah banjir;
- b. Lebih bersih: air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut;
- c. Kondisi darurat: air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Selain itu air hujan bisa diperoleh di lokasi tanpa membutuhkan sistem penyaluran air;
- d. Sebagai cadangan air bersih: pemanenan air hujan dapat mengurangi kebergantungan pada sistem penyediaan air bersih;
- e. Sebagai salah satu upaya konservasi; dan
- f. 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

Untuk mengatasi permasalahan air pada situasi sekarang ini maka harus dilakukan suatu usaha konservasi air untuk mengembalikan daur hidrologi kembali alami. Pelaksanaan dalam mewujudkan hal tersebut dapat dilakukan mengikuti konsep *Low Impact Development*.

2.15.1. *Low Impact Development (LID)*

Pengelolaan air hujan secara lokal yang ramah lingkungan dikenal dengan teknik “Low Impact Development” (LID). Konsep pengelolaan air hujan dengan teknik ini adalah pengelolaan air hujan dengan skala mikro yang dilakukan dilokasi atau di sekitar daerah tangkapan air hujan. Pengembangan prinsip LID dimulai dengan pengembangan teknik bioretensi di *Prince Gorge’s County*, Maryland pada pertengahan tahun 1980.

LID dikembangkan untuk mempertahankan kondisi lingkungan dari dampak negatif yang terjadi akibat perkembangan ekonomi dan keterbatasan praktek pengelolaan air hujan konvensional. Sistem drainasi konvensional direncanakan dengan konsep mengumpulkan, mengalirkan dan membuang air limpasan permukaan secepat dan efisien mungkin. Sistem drainasi konvensional yang efisien kinerjanya akan menurunkan penambahan air tanah, meningkatkan volume limpasan permukaan, mempersingkat waktu pengaliran, meningkatkan frekuensi dan menambah besarnya banjir. Hal ini akan menambah tingkat kemungkinan terjadi banjir/genangan di daerah hilir daerah tangkapan air, penurunan kualitas badan air, dan erosi. LID dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi yang telah ada dan murah tetapi dapat mempertahankan kelestarian lingkungan.

Teknologi LID diharapkan mampu untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat pengembangan suatu daerah dengan mencapai keseimbangan antara konservasi, perkembangan, proteksi ekosistem dan kualitas hidup. Saat ini teknologi



LID dimanfaatkan untuk mengontrol polusi air limpasan permukaan, mengurangi volumenya, memperpanjang waktu pengaliran, dan menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan ekologi. Konservasi dan peran serta masyarakat untuk

menenggulangi daya rusak air (yang termasuk pilar-pilar UU No.7 Tahun 2004) merupakan elemen kunci dari LID seperti di ilustrasikan pada gambar.

Gambar 2.3: Elemen kunci pada teknologi “*Low Impact Development*” (Coffman, 2000)

Teknologi LID di dalam mengelola air hujan ialah mempertahankan kondisi hidrologi suatu daerah yang dikembangkan sama dengan kondisi hidrologi awal daerah tersebut pada saat sebelum dikembangkan. Usaha yang perlu dilakukan adalah mempertahankan dan meningkatkan intensitas infiltrasi, penyaringan, penampungan, penguapan dan tahanan limpasan permukaan. Saat ini pengelolaan air hujan dengan teknologi LID sudah banyak di aplikasikan di negara-negara maju seperti USA, Australia dan Eropa, meskipun demikian penelitian pengembangan tentang LID masih terus berlangsung. Di Indonesia penelitian pemanfaatan teknologi LID juga sedang dilakukan di Balai Sungai BALITBANG PU untuk mengkaji efektifitas aplikasi LID di suatu pembangunan kompleks perumahan. Konsep hidrologi yang diterapkan dalam teknologi LID adalah penggunaan retensi dan detensi air hujan, mengurangi luas daerah kedap, dan memperpanjang alur pengaliran dan waktu pengaliran (Coffman, 2000).

2.15.1.1. Prinsip Sistem Drainase LID

LID memanfaatkan praktek pengelolaan air hujan yang terintegrasi antara sistem drainasi lokal, skala kecil, dan pengendalian sumber daya air regional. Praktek pengelolaan air hujan yang terintegrasi ini tidak hanya tergantung pada jaringan saluran drainasi dan bangunan pengontrolnya, tetapi juga memanfaatkan gedung-gedung, infrastructure drainasi dan penataan lahannya dalam usaha menahan aliran air hujan ke daerah hilir. Untuk mempertahankan kondisi hidrologi dari wilayah yang dikembangkan seperti kondisi awal, teknologi pengelolaan air hujan dengan LID memfokuskan pada beberapa elemen utama hidrologi.

Elemen utama yang harus diperhatikan adalah meminimumkan limpasan permukaan dengan mengurangi perubahan lahan menjadi lahan kedap air. Selain itu perlu pula memperbanyak tumbuh-tumbuhan penutup tanah seperti lahan yang tertutup rumput dan tanam-tanaman. Memperlama waktu konsentrasi (T_c) dengan memperpanjang jalur aliran, meningkatkan kekasaran dengan mengurangi penggunaan saluran pasangan atau pipa, melakukan konservasi dari sistem drainasi alam sehingga

dapat menurunkan puncak banjir. Tampungannya air yang permanen atau sementara sangat diperlukan untuk mengontrol volume dan puncak banjir, serta kualitas air limpasan.

Cara berikut adalah teknik tradisional yang sering dipakai untuk menampung air agar volume dan puncak banjir menurun:

1. Menggunakan saluran dengan bangunan check yang menahan aliran.
2. Saluran lebar dengan kemiringan kecil (Long Storage).
3. Penampungan air hujan dengan tangki air penampung.
4. Penampungan air hujan di atap rumah.
5. Penampungan dangkal dilapangan parkir.
6. Lahan basah dan kolam-kolam tampungan

2.15.1.2. Perbandingan Antara Konvensional Dengan LID

Pada konsep lama, penanganan masalah limpasan hujan difokuskan pada desain untuk mengumpulkan, membawa dan menyerapkan limpasan air hujan sebatas yang mungkin bisa terserap, sedangkan konsep LID lebih menekankan pada penyerapan air hujan semaksimal mungkin dan menjaga kualitas dan kuantitas limpasan tersebut. Ada beberapa pendekatan dalam metode LID, diantaranya:

1. Pendekatan Kontrol Distribusi
Pendekatan ini lebih menitik beratkan desain hidrologi yang bertujuan untuk mengurangi volume limpasan dengan cara meniru keadaan hidrologi seperti pada saat sebelum pembangunan.
2. Pendekatan Fungsi Hidrologi Kawasan
Pendekatan ini dilakukan dengan cara membiarkan area yang tidak terbangun sebanyak mungkin, untuk mengurangi volume limpasan dan kecepatan limpasan dengan memaksimalkan kapasitas infiltrasi.
3. Pendekatan Manajemen LID yang terintegrasi
Pendekatan ini mengintegrasikan semua faktor yang berpengaruh pada lingkungan dalam penentuan metode yang akan digunakan dengan prinsip berpikir secara mikro manajemen, yang mempertimbangkan untuk menggunakan area yang kecil.

Mengenai perbandingan pelaksanaan LID dan konvensional dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Perbandingan Pelaksanaan LID dan Konvensional (*Low Impact Development Design Strategies (An Integrated Design Approach)*). (Budinetro, Fatchan, and Sahid 2012)

Low Impact Development	Konvensional
------------------------	--------------

Berwawasan lingkungan dengan menggunakan bentuk asli alam	Membutuhkan lahan yang luas untuk membangun infrastruktur
Bersifat dengan kontrol dalam skala mikro sehingga lebih mudah diatur	Kontrol bersifat sentral
Biaya pembangunan dan pemeliharaan yang lebih rendah	Membutuhkan biaya pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur
Daur hidup untuk jangka menengah dan panjang	Daur hidup untuk jangka pendek
Volume limpasan 20%-30% lebih kecil daripada sistem konvensional	Volume limpasan besar
Air lebih banyak berinfiltrasi ke dalam tanah	Air dikumpulkan ke dalam danau, sungai, kolam, dll

2.15.1.3. Keuntungan LID

Selain kelebihan dari LID yang terlihat dari tabel perbandingan diatas, secara lebih luas LID dapat memberikan keuntungan dari berbagai aspek, yaitu aspek ekonomi, aspek lingkungan dan aspek sosial. Keuntungan dari LID dipandang dari ketiga aspek tersebut antara lain:

a. Aspek Ekonomi

1. Meningkatkan nilai properti
2. Mengurangi konsumsi energi pendingin dan pemanas.
3. Mengurangi biaya untuk keperluan limpasan hujan.
4. Mengurangi pajak bangunan.
5. Menciptakan lapangan kerja untuk *supplier*, pabrik, pakar keteknikan, kontraktor, *landscaper*, dan banyak lagi.
6. Mengurangi biaya pemeliharaan infrastruktur.
7. Pada beberapa kasus, LID dapat meningkatkan jumlah unit yang dapat dibangun pada suatu kawasan.
8. Daur hidup berjangka menengah atau panjang.

b. Aspek Lingkungan

1. Mengurangi konsumsi energi yang menurunkan tingkat polusi.
2. Mengurangi temperatur udara pada area padat perkotaan.
3. Mengurangi aliran limpasan dan tergenang dari air hujan 50-95%.

4. Menyediakan kawasan hijau dan daerah teduh.
 5. Melindungi ekosistem sungai, badan air dan suplai air minum.
 6. Meningkatkan persediaan air tanah.
 7. Mengurangi erosi sungai.
- c. Aspek Sosial
1. Membangun kepekaan masyarakat terhadap lingkungan.
 2. Mengubah pemandangan industri dan komersial menjadi arsitektural.
 3. Mengintegrasikan bangunan ke dalam lingkungan yang alami dengan estetika.
 4. Menciptakan tempat beristirahat yang ideal untuk mengurangi stress dengan menikmati pemandangan.
 5. Meningkatkan kepedulian masyarakat.
 6. Melindungi kesehatan masyarakat

2.16. Pemanfaatan Air Hujan

Air hujan merupakan sumber daya air yang sangat penting bagi makhluk hidup. Air hujan sangat bermanfaat untuk mengisi sumber air guna keperluan pertanian, domestik dan industri. Sistem Pemanfaatan Air Hujan (SPA) terdiri atas sistem Penampungan Air Hujan (PAH) dan sistem pengolahan air hujan. PAH dilengkapi dengan talang air, saringan pasir, bak penampung dan Sumur Resapan (Sures). Sumur resapan dapat digunakan untuk melestarikan air tanah dan mengurangi resiko genangan air hujan atau banjir yang dilakukan dengan membuat sumur yang menampung dan meresapkan curahan air hujan. Kegunaan utama dari pemanfaatan air hujan ada dua. Pertama, mengurangi kebutuhan pasokan PDAM atau ekstraksi air tanah. Kedua, juga mengurangi limpasan air hujan ke sistem drainase kota sehingga mengurangi masalah banjir.

2.16.1. Komponen Air Hujan

Pemanenan air hujan adalah proses pengumpulan, penganekaragaman, dan penyimpanan air hujan untuk berbagai keperluan, irigasi, sumber air minum, kebutuhan rumah tangga, dan pengisian akuifer.

Dalam aplikasi skala kecil, pengumpulan air hujan dapat disederhanakan dengan menggunakan garis besar area lanskap untuk mengarahkan air hujan dari atap yang tidak menggunakan talang ke area lanskap. Sistem yang lebih kompleks termasuk saluran air,

pengalih flush pertama, pipa, reservoir, filter, pompa, dan perangkat pengolahan air. Komponen dasar sistem tergantung pada kompleksitas sistem. Namun secara umum, sistem penampung air hujan memiliki enam komponen dasar, yaitu:

1. Permukaan daerah tangkapan air

Atap bangunan merupakan daerah resapan air hujan. Banyaknya air yang dapat ditampung oleh atap tergantung dari bahan atapnya, jika permukaannya lebih halus maka efeknya akan lebih baik.

2. Talang dan pipa bawah

Sistem drainase atau pengangkutan air hujan dari permukaan atap ke wadah penyimpanan menggunakan saluran drainase dan pipa vertikal. Saat memilih saluran air dan pipa vertikal, penting untuk mempertimbangkan 3 faktor, yaitu ukuran, pemasangan yang benar, dan estetika. Ukuran parit drainase harus cukup untuk memindahkan air hujan dengan intensitas tinggi. Sebagai aturan umum, gunakan saluran air minimal 3-5 inci. Gunakan pipa air vertikal ukuran diameter 3-8 inchi, yang akan diteruskan ke tangki penampung/reservoir. Jumlah pipa pembuangan dapat dihitung dengan rumus

kontinuitas :

$$Q = v.A \quad (2.21)$$

Dimana :

Q = Debit Pengaliran ($m^3/detik$)

v = Kecepatan Pengaliran ($m/detik$) A = Luas Lingkaran Pipa (m^2)

3. Saringan daun, saluran pengelontor air hujan pertama (*first flush diverters*), dan pencuci atap

Komponen penghilang kotoran dari air yang ditangkap oleh permukaan penangkap sebelum menuju penampungan. Umumnya sebelum air hujan masuk ke dalam penampungan air hujan yang pertama kali turun dialirkan terlebih dahulu melalui saluran pengelontor air hujan pertama (*first flush diverters*). Karena air hujan yang pertama kali jatuh membasahi atap membawa berbagai kotoran, zat kimia berbahaya, dan beberapa jenis bakteri yang berasal dari sisa – sisa organisme.

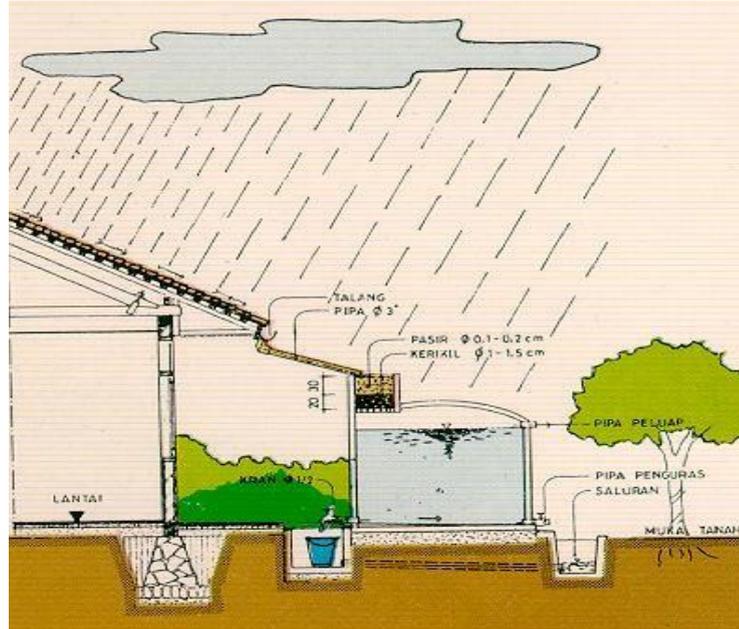
4. Tangki/unit penampungan

Bagian ini merupakan bagian termahal dalam sistem panen air hujan. Ukuran dari unit penampungan ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain : persediaan air

hujan, permintaan kebutuhan air, lama musim kemarau, penampung area penangkap, dan dana yang tersedia.

5. Pemurnian dan penyaringan air

Komponen ini hanya dipakai pada sistem panen air hujan sebagai sumber air minum.



Gambar 2.4 Sistem Penampungan Air Hujan (Kementrian PUPR)

2.16.2. Kesepadanan Air dan Penentuan Ukuran Cistern

Aturan utama untuk menentukan ukuran waduk adalah jumlah air hujan yang dapat ditampung harus sama atau melebihi kebutuhan air. Variabel permintaan air hujan dan air menggambarkan hubungan antara luas daerah tangkapan air yang dibutuhkan dan kapasitas penyimpanan air. Dalam beberapa kasus, perlu dilakukan perluasan daerah tangkapan air dan penambahan kapasitas penyimpanan air untuk memenuhi kebutuhan air. Sistem penyimpanan air harus mampu menampung lebih banyak air untuk memenuhi kebutuhan air dengan syarat hujan tidak turun dalam waktu yang lama. Ini menunjukkan bagaimana menghitung jumlah air hujan, memperkirakan kebutuhan air, dan jumlah air yang dibutuhkan untuk menyimpannya sebagai persediaan air.

Secara teori, diperkirakan air yang dapat ditampung sebesar 0,62 galon per kaki persegi area penangkapan ($1 \text{ galon} = 0,003785 \text{ m}^3$, $1 \text{ kaki} = 0,3048 \text{ m}$). Tetapi pada praktiknya, sejumlah air hujan hilang menuju saluran pengelontor

Air hujan pertama (*first flush diverters*), melimpas dari talang saat hujanderas

atau kemungkinan mengalami kebocoran. Hal ini berdampak cistern tidak dapat mencapai efisiensi yang maksimal dalam menangkap semua air pada saat hujan puncak. Apalagi pada saat penampungan sudah penuh maka air hujan akan hilang sebagai air limpasan. Untuk keperluan perencanaan, inefisiensi yang terjadi dalam sistem ini harus diperhitungkan.

2.17. Metode Cistern

Metode panen air hujan dengan cistern merupakan salah satu upaya konservasi air, dimana air hujan yang dipanen dapat digunakan dengan melalui komponen komponen sistem panen air hujan sehingga dapat menutupi kekurangan air yang selama ini menggunakan air PAM.

2.17.1. Keuntungan Cistern

Metode reservoir dipilih karena pada dasarnya reservoir lebih mudah dilaksanakan, jumlah air yang ditampung cukup besar, dan tidak memerlukan lahan yang luas. Secara lebih rinci, keuntungan menggunakan tangki adalah:

1. Air yang ditampung dapat disimpan untuk kemudian hari digunakan pada musim kemarau atau pada saat hujan tidak turun dalam waktu yang lama, dan pada saat persediaan air tanah berkurang.
2. Dapat mengurangi jumlah permintaan air untuk penggunaan air yang tidak diminum seperti menyiram tanaman, sehingga dapat terjadi penghematan biaya dan penghematan air guna konservasi air.
3. Dapat mengurangi volume limpasan air hujan, sehingga air dapat ditahan dan digunakan untuk memenuhi permintaan kebutuhan akan air

2.17.2. Langkah Pembuatan Cistern

Agar cistern yang dibuat dapat memenuhi efisiensi yang maksimal seperti yang diinginkan, maka langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan reservoir adalah :

1. Menghitung ukuran reservoir

Pada tahap ini dilakukan perhitungan volume air hujan yang tertampung sebagai limpasan dilakukan melalui talang untuk kemudian ditampung ke dalam unit penampung air, dalam hal ini waduk. Dari perhitungan tersebut ditentukan volume tampungan yang harus dibuat untuk dapat menampung air hujan.

2. Pemilihan jenis tampungan

Pemilihan jenis reservoir yang akan digunakan merupakan langkah yang sangat penting dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan masing-masing material cistern. Pada dasarnya reservoir harus memenuhi kriteria sebagai berikut: kedap air, tahan lama, dapat dibersihkan, dan memiliki permukaan bagian dalam yang halus.

3. Penempatan tampungan

Tangki dapat ditempatkan di dalam tanah atau di atas tanah. Penyimpanan yang ditempatkan di atas tanah lebih murah daripada tangki di tanah. Sebuah reservoir yang terletak di dalam tanah membutuhkan desain yang lebih rumit karena dalam menyalurkan air membutuhkan pompa untuk melawan gaya gravitasi. Pada reservoir yang terletak di atas permukaan tanah, dengan memanfaatkan ketinggian, air hujan dari reservoir dialirkan dengan bantuan gaya gravitasi.

4. Pembangunan sistem distribusi air ke waduk

Pada tahap ini yang dilakukan adalah membuat talang, downspouts dan flush diverter pertama sesuai dengan volume air yang mengalir sehingga meminimalkan limpasan dari saluran dan membuat pipa filter untuk mencegah masuknya kotoran atau daun ke dalam cistern.

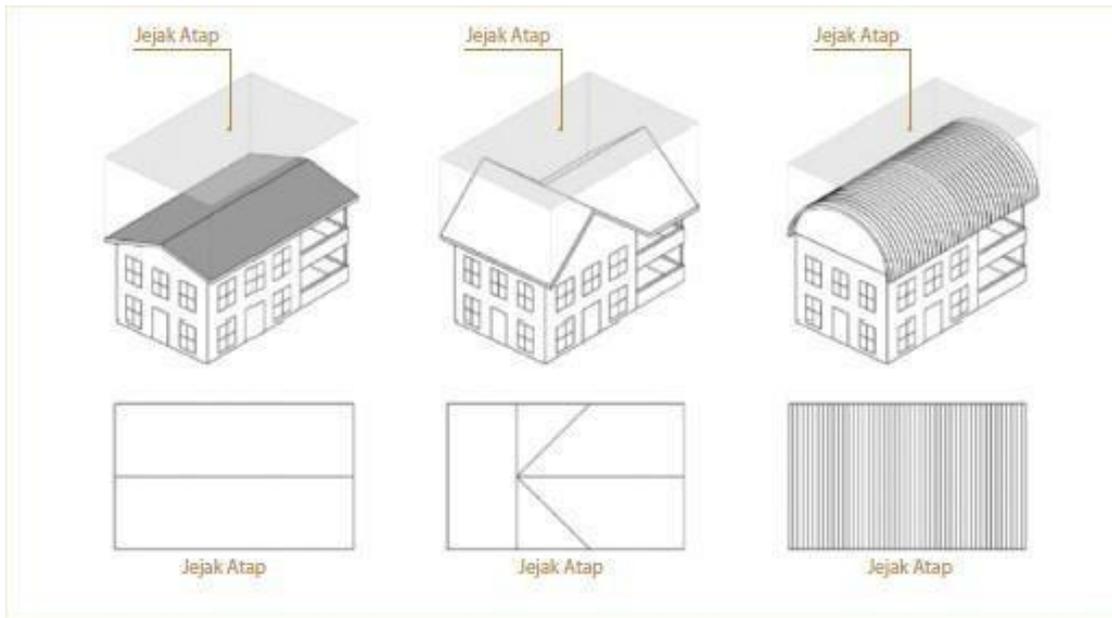
2.17.3. Keterbatasan Cistern

Metode tampungan memiliki keterbatasan, yaitu :

1. Air yang dihasilkan dari tadah memiliki kualitas yang rendah karena tidak adanya fasilitas pengolahan air primer yang dapat menghilangkan polutan.
2. Ketergantungan nilai efisiensi tangki dengan volume tangki yang harus disediakan. Jadi untuk mencapai efisiensi maksimum, volume tangki harus lebih besar.
3. Jika volume air telah terlampaui, maka volume yang mampu ditampung oleh waduk akan menjadi air limpasan yang terbuang.

2.17.4. Area Tangkapan Air Hujan

Ukuran area tangkapan air pada atap akan menentukan berapa banyak air hujan yang dapat dimanfaatkan. Area tersebut berdasarkan pada “jejak” dari atap, yang dapat dihitung dengan mencari luas gedung ditambah area teritisan.



Gambar 2.5 Jejak Atap (Pergub, 2012)

2.17.5. Perhitungan Volume Cistern

Besar kecilnya daya tampung harus mampu memenuhi kebutuhan air sepanjang tahun atau paling tidak pada saat musim hujan. Untuk itu sebelum melakukan pembangunan tadah perlu dilakukan perhitungan volume air hujan

yang dapat ditampung oleh atap dengan memperhitungkan terjadinya kebocoran dan limpasan dengan asumsi efisiensi air yang ditampung adalah 75-90% dari total volume air yang dapat ditampung.

Penentuan ukuran penampung/cistern dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Metode 1 – Pendekatan dari segi kebutuhan air

Metode ini merupakan metode perhitungan paling sederhana dimana hanya menghitung volume air yang dibutuhkan yang langsung dianggap sebagai volume cistern yang harus disediakan. Adapun persamaan yang berlaku adalah:

$$V_{\text{demand}} = V_{\text{cistern}} \quad (2.22)$$

Metode ini mengambil asumsi bahwa curah hujan dan daerah tangkapan memadai secara konsisten seperti kondisi di atas. Untuk itu dilakukan

$$V_{\text{supply}} = V_{\text{cistern}} \quad (2.23)$$

2. Metode 3 – Perhitungan neraca air

Pada metode ini, perhitungan volume cistern ditentukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air yang

terjadi. Ketersediaan air berasal dari atap sedangkan kebutuhan air merupakan volume air yang dibutuhkan.

$$V = R \times A \times k \tag{2.24}$$

Dimana :

V = volume air tertampung (m³)

R = curah hujan (m)

A = luas daerah tangkapan (m²)

K = koefisien limpasan air

Perhitungan hujan andalan dilakukan melalui pengolahan data curah hujan bulanan yang ada dengan mengurutkan peringkat data curah hujan berdasarkan besar curah hujan rata – rata bulanan dengan menggunakan rumus :

$$m = (0,2. n) + 1 \tag{2.25}$$

Dimana :

m = Data urutan ke m yang dipakai sbg curah hujan efektif

n = Banyak Tahun Pengamatan

2.18. Kebutuhan Air Bersih

Analisis kebutuhan air bersih untuk masa mendatang menggunakan standart standart perhitungan yang telah ditetapkan. Kebutuhan air untuk fasilitas – fasilitas sosial ekonomi harus dibedakan sesuai peraturan PDAM dan memperhatikan kapasitas produksi sumber yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Faktor utama dalam analisis kebutuhan air adalah jumlah penduduk pada daerah studi. Untuk menganalisis proyeksi 10 tahun ke depan dipakai metode Aritmatik dan metode Geometrik. Dari proyeksi tersebut, kemudian dihitung jumlah kebutuhan air dari sektor domestik dan sektor non domestik berdasarkan kriteria Ditjen Cipta Karya 1996.

2.18.1. Kebutuhan domestik

Analisis sektor domestik merupakan aspek penting dalam menganalisis kebutuhan penyediaan di masa mendatang.

Untuk mengetahui kriteria perencanaan air bersih pada tiap – tiap kategori dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut ini :

Tabel 2.9 Kriteria Perencanaan Air Bersih

	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)
--	---

URAIAN	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/org/hari)	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/org/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)	600 – 900	600 – 900		600	
b. Niaga Besar (liter/unit/hari)	1000 – 5000	1000 – 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/detik/ha)	0.2 – 0.8	0.2 – 0.8		0.2 – 0.8	
d. Pariwisata (liter/detik/ha)	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3		0.1 – 0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 *hari maks	1.75 *hari maks
7. Jumlah Jiwa Per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa Per HU (Jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa Tekan Di penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Analisis sektor domestik untuk masa mendatang dilaksanakan dengan dasar analisis pertumbuhan penduduk pada wilayah yang direncanakan. Kebutuhan air domestik untuk kota dibagi dalam beberapa kategori, yaitu :

- Kota kategori I (Metropolitan)
- Kota kategori II (Kota Besar)
- Kota kategori III (Kota Sedang)
- Kota kategori IV (Kota Kecil)
- Kota kategori V (Desa)

2.18.2. Kebutuhan Non Domestik

Analisis sektor non domestik dilaksanakan dengan berpegangan pada

analisis data pertumbuhan terakhir fasilitas – fasilitas sosial ekonomi yang ada pada wilayah perencanaan. Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan pada Dinas PU dapat dilihat dalam Tabel berikut ini :

Tabel 2.10 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2000	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2 - 0,8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1 - 0,3	liter/detik/hektar

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Tabel 2.11 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	1200	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Mushola	2000	liter/unit/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Komersial / Industri	10	liter/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Tabel 2.13 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori lain

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Lapangan Terbang	10	liter/orang/detik
Pelabuhan	50	liter/orang/detik
Stasiun KA dan TerminalBus	10	liter/orang/detik
Kawasan Industri	0,75	liter/detik/hektar

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

2.19. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Jumlah kebutuhan air untuk tiap orang pada umumnya dari tahun ke tahun akan meningkat, hal ini disebabkan antara lain:

- Meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya air bersih untuk kesehatan
- Meningkatnya kebutuhan air untuk pemakaian yang makin beragam, misalnya untuk mencuci mobil, mesin pendingin udara dan sebagainya.

Pemakaian air oleh masyarakat bertambah besar selaras dengan kemajuan masyarakat tersebut. Sehingga pemakaian air seringkali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya suatu masyarakat.

Kebutuhan air untuk pemakaian non domestic antara lain dipengaruhi oleh jenis sarana yang membutuhkan air. Sebagai contoh kebutuhan air untuk rumah sakit akan berbeda dengan kebutuhan air untuk perkantoran.

Pada umumnya kebutuhan air dibagi dalam tiga kelompok :

2.19.1. Kebutuhan Rata – Rata

Pemakaian air rata – rata menggunakan persamaan berikut :

$$Q_h = \frac{Q_d}{T} \quad (2.26)$$

Dimana : Q_h = Pemakaian air rata – rata (m^3/jam)

Q_d = Pemakaian air rata – rata sehari (m^3)

T = Jangka waktu pemakaian (jam)

2.19.2. Kebutuhan harian maksimum

Kebutuhan air harian dengan menggunakan rumus :

Kebutuhan air per hari = jumlah penduduk x kebutuhan rata – rata per hari

2.19.3. Kebutuhan pada jam puncak

Jam puncak merupakan jam dimana terjadi pemakaian air terbesar. Faktor jam puncak mempunyai nilai yang berbalik dengan jumlah penduduk. Semakin tinggi jumlah penduduk maka besarnya faktor jam puncak akan semakin kecil. Hal terjadi karena dengan bertambahnya jumlah penduduk maka aktivitas penduduk tersebut semakin beragam sehingga fluktuasi pemakaian air semakin kecil (Suhardiyanto 2017).

Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan dasar dan nilai kebocoran dengan pendekatan sebagai berikut :

$$Q_h - max = C_1 \cdot Q_h \quad (2.27)$$

Dimana :

C_1 = Konstanta (1,2 – 2,0)

2.20. Pertumbuhan Penduduk

Dalam perencanaan suatu sistem distribusi air minum, diperlukan beberapa kriteria sebagai dasar perencanaan. Tujuan dari pengajuan beberapa kriteria perencanaan adalah untuk mendapatkan suatu hasil perencanaan yang tepat dan terkondisi untuk suatu wilayah perencanaan.

Kebutuhan air bersih semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di masa yang akan datang. Untuk itu diperlukan proyeksi penduduk untuk tahun perencanaan. Walaupun proyeksi bersifat ramalan, dimana kebenarannya bersifat subyektif, namun bukan berarti tanpa pertimbangan dan metoda

2.20.1. Metode Arithmatika

Metode perhitungan dihitung berdasarkan rata-rata pertambahan penduduk dengan menggunakan data terakhir dan rata-rata terakhir. Dengan demikian, pembangunan dan pertumbuhan penduduk akan bersifat linier. Perhitungan ini menggunakan persamaan berikut :

$$P_n = P_t + I (n) \text{ dan } (P_o - P_t) / t \quad (2.28)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_t = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

P_o = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

t = Jumlah tahun yang diketahui

n = Jumlah interval

2.20.2. Metode Geometrik

Perhitungan perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata – rata pertahun. Presentase pertumbuhan penduduk rata – rata dapat dihitung dari data sensus tahun sebelumnya. Persamaan yang digunakan untuk metode Geometrik ini adalah :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2.29)$$

Dimana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

n = jumlah interval

2.20.3. Metode *Least-square*

Metode ini umumnya digunakan pada daerah yang tingkat pertambahan penduduk cukup tinggi. Perhitungan pertambahan jumlah penduduk dengan metode ini didasarkan pada data tahun-tahun sebelumnya dengan menganggap bahwa pertambahan jumlah penduduk suatu daerah disebabkan oleh kematian, kelahiran, dan migrasi. Persamaan untuk metode ini adalah :

$$\hat{Y} = a \cdot X + b \tag{2.30}$$

Dimana :

\hat{Y} = nilai variabel berdasarkan garis regresi

X = variabel independen

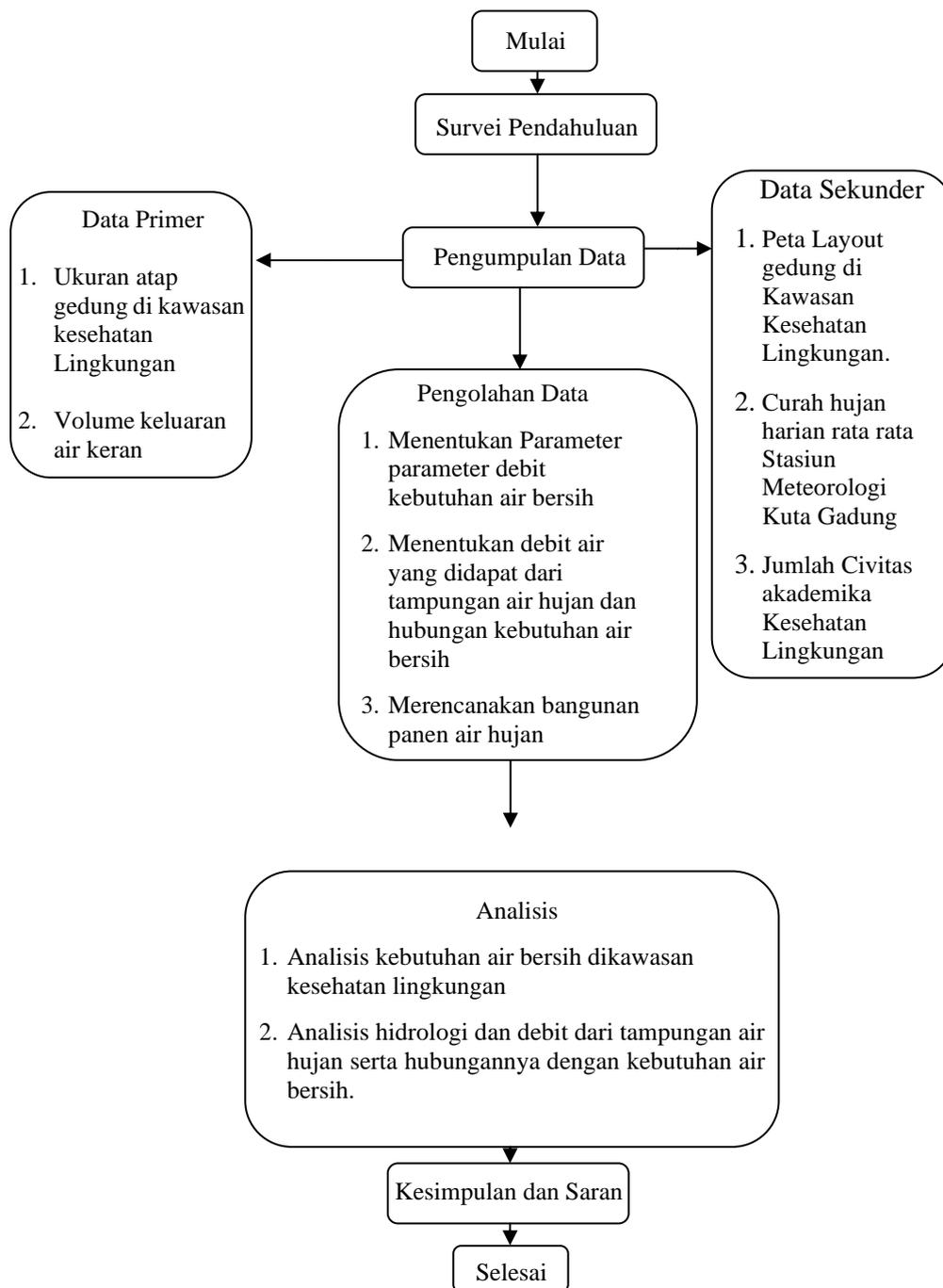
a = konstanta

b = koefisien arah regresi linear

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dipergunakan sebagai gambaran langkah-langkah yang akan diambil dalam proses perencanaan terdapat beberapa proses identifikasi masalah yang ada, proses pengumpulan data, dan proses menganalisa data seperti pada Gambar 1.0



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.

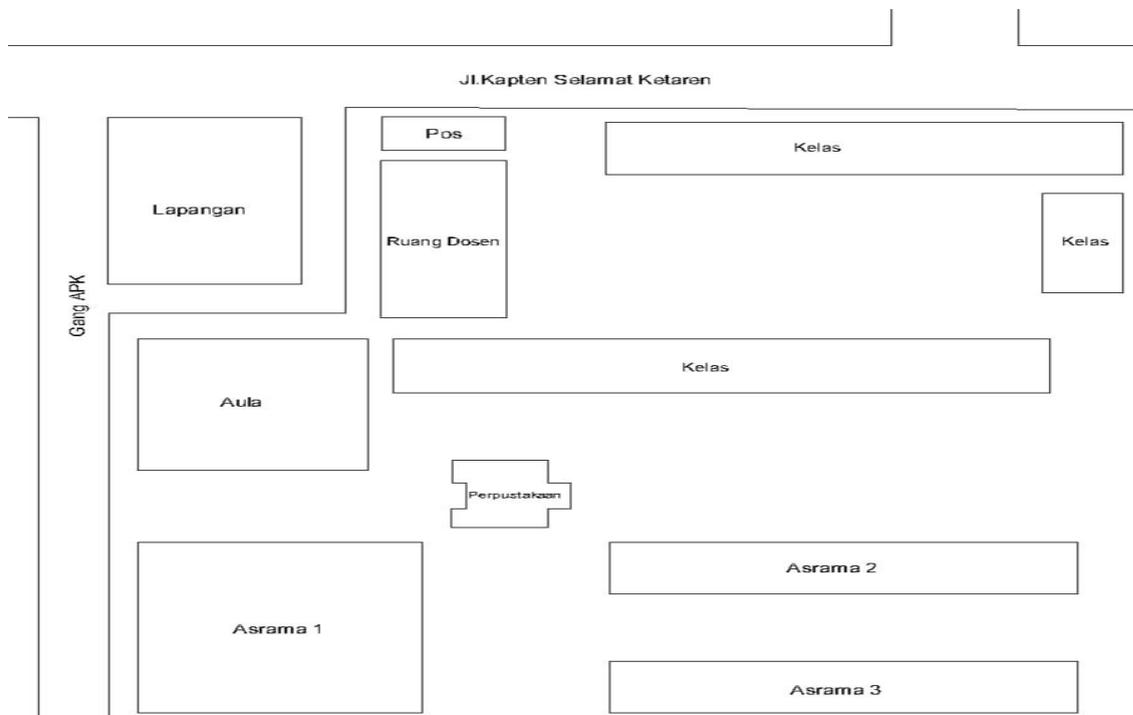
3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.2. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Poltekkes Kemenkes, asrama KesehatanLingkungan Kabanjahe, yaitu mencankup tentang pemanfaatan air hujandidaerah tersebut.

3.3 Wilayah Studi



Gambar 3.3. Peta Layout Lokasi Penelitian

Gedung – gedung yang menjadi wilayah studi yaitu:

1. Gedung Asrama II
2. Gedung Asrama III

3.4 Metode Penelitian

Adapun teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan beberapa metode yaitu:

1. Wawancara
Pengambilan data dengan cara menanyakan langsung dengan civitas akademik asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.
2. Dokumentasi
Kegiatan yang berkaitan dengan foto dan penyimpanan foto.
3. Observasi
Melakukan pengamatan pada lokasi penelitian.

3.5 Metode Analisis

Adapun metode yang digunakan untuk analisis yaitu:

1. Kebutuhan air bersih di asrama Kesehatan Lingkungan.
2. Perhitungan hidrologi dan debit dari tampungan air hujan serta hubungannya dengan kebutuhan air bersih.
3. Perencanaan bangunan panen air hujan.

3.6 Pengambilan Data

Adapun jenis data data yang digunakan terbagi menjadi dua data yaitu:

3.6.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui pengambilan data yang didapatkan dengan mengambil data sendiri tanpa perantara atau langsung kelapangan.

Adapun data – data yang akan diambil berupa:

1. Ukuran atap gedung di kawasan kesehatan Lingkungan.

Adapun data data yang diambil berupa:

- a) Gedung Asrama II

$$\text{Luas atap } (10 \times 37) / \text{Cos}30 = 445,78 \text{ m}^2$$

b) Gedung Asrama III

$$\text{Luas atap } (10 \times 30) / \cos 30 = 361,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah Luas Asrama} = 807,18 \text{ m}^2$$

2. Volume keluaran air keran.

3.6.2 Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh melalui wawancara langsung kepada civitas asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo.

Adapun data data yang akan diambil berupa:

1. Jumlah civitas asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.
2. Data curah hujan Stasiun Meteorologi Kuta Gadung

Berikut data curah hujan maksimum harian (mm) Stasiun meteorologi Kuta Gadung:

Tabel 3.1: Data curah hujan maksimum harian (mm) Stasiun meteorologi Kuta Gadung

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2012	64	105	109	108	73	181	168	183	160	91	268	203
2013	87,1	87,2	85,9	87	85,6	84,9	87,1	88,6	87,4	86,5	87,8	87,6
2014	87	89	92	88,9	82,8	88,9	88,2	88,6	88,6	87	90,2	89,7
2015	39	22	61	348	155	36	17	139	214	263	204	191
2016	146	53	20	214	186	95	64	142	123	345	243	216
2017	88,6	88,5	88,3	88,7	88,6	88,1	88,3	88,8	87,8	86,7	85,7	90
2018	87,6	88,4	87,4	87,3	90	908,2	90,5	88,3	117,4	113,7	86,9	88,6
2019	4	2	3	5	8	0,4	2	3	6	6	9	5
2020	163	145	134	143	118	17	137	63	99	321	140	288
2021	86	60	136	200	109	95	232	54	190	175	0	199

3.7 Analisa Hidrologi

Analisa Hidrologi yang dilakukan pada studi ini meliputi kegiatan mengolah data mentah. Data hujan yang dipakai untuk analisis ini berasal dari stasiun yang berada di wilayah Kabanjahe yaitu Stasiun Meteorologi Kuta Gadung.

3.7.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa periode ulang. Data hujan yang digunakan adalah data bulanan maksimum. Pada analisis ini digunakan beberapa metoda analisis distribusi untuk memperkirakan curah hujan dengan tahun periode ulang tertentu. Metoda yang dipakai nantinya harus ditentukan dengan melihat karakteristik distribusi hujan daerah setempat.

1. Metoda Distribusi *Gumbel*.
2. Metoda Distribusi *Log Normal*.
3. Metoda Distribusi *Log Pearson Type III*.

3.7.2 Intesitas Hujan

Intesitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

3.8 Perhitungan Volume Bak Penampung

Untuk menentukan volume bak penampung air, maka perlu diketahui volume air terpanen dan volume air yang dibutuhkan. Jadi dalam menentukan volume bak penampung, maka data dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu data ketersediaan air yang berupa data volume air hujan tertampung dan data kebutuhan air yang berupa data volume air hujan tertampung dan data kebutuhan air yang berupa data kebutuhan air di Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.

3.8.1 Ketersediaan Air

Ketersediaan air yang dimaksud adalah air hujan yang dapat terkumpul di atap Asrama Kesehatan. Banyaknya air yang dapat terkumpul dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terjadi di Kabanjahe, luasan daerah tangkapan dalam hal ini adalah Asrama Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.

3.9 Alat Alat Penelitian

Adapun alat alat penelitian berupa:

1. Laptop
2. Meteran

3. Kamera
4. Seperangkat alat tulis

BAB 4 ANALISA DATA

4.1. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana adalah analisis curah hujan untuk mendapatkan tinggi curah hujan tahunan tahun ke- n yang mana akan digunakan untuk mencari debit air. Jika didalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan area. Untuk mendapatkan harga curah hujan areal dapat dihitung dengan metode rata-rata aljabar seperti yang terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Data curah hujan harian maksimum dari Stasiun Klimatologi KutaGadung.

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2012	280
2013	88,6
2014	90,2
2015	348
2016	345
2017	90
2018	908,2
2019	9
2020	288
2021	395
N = 10 Tahun	Total = 2842

Dari data curah hujan rata-rata maksimum tersebut kemudian dihitung pola distribusi sebarannya dengan menggunakan perhitungan analisa frekuensi. Distribusi sebaran yang akan dicari analisa frekuensinya antara lain adalah distribusi *Gumbel*, distribusi *Log Normal*, dan distribusi *Log Pearson Tipe III*.

4.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah prosedur memperkirakan frekuensi suatu kejadian pada masa lalu ataupun masa yang akan datang. Prosedur tersebut dapat digunakan menentukan hujan rancangan dalam berbagai kala ulang berdasarkan distribusi hujan secara teoritis dengan distribusi hujan secara empiris. Hujan rancangan ini digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang diperlukan dalam memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir) seperti yang tersaji pada

Tabel 4.2: Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi *Gumbel*.

Tahun	X_i	X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$
2012	280	276,9	3,1	9,61	29,791	92,3521
2013	88,6	276,9	-188,3	35.456,89	-6676.532	1257191.048
2014	90,2	276,9	-186,7	34.856,89	-6507.781	1215002.780
2015	348	276,9	71,1	5.055,21	359.425,43	25555.148,14
2016	345	276,9	68,1	4.637,61	315.821,24	21507.426,51
2017	90	276,9	-186,9	34.931,61	-6.528.718	1220217377
2018	908,2	276,9	631,3	398.539,7	251.598.106	158.833.884.505
2019	9	276,9	-267,9	71.770,41	-19.227.293	5.150.991.752
2020	288	276,9	11,1	123,21	1.367,631	15.180,7041
2021	395	276,9	118,1	13.947,61	1.647.212,7	194.535.824,7
$\Sigma = 10$ Tahun	2842		73	599.328,7	214.981.639	167.918.901.135

Parameter Statistik:

Curah hujan rata-rata (X):

$$X = \frac{\Sigma X_i}{N} = \frac{2842}{10} = 284,2$$

Standart deviasi (Sd) berdasarkan Pers. 2.1:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{599.328,7}{9}} = 258,054$$

Koefisien variasi (Cv) berdasarkan Pers. 2.2.

$$Cv = \frac{s}{x} = \frac{258,054}{284,2} = 0,908$$

Koefisien skewness (Cs) berdasarkan Pers. 2.3.

$$Cs = \frac{N \cdot \sum(X_i - X)^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot Sd^3} = \frac{10 \cdot (214.981.639)}{(9) \cdot (8) \cdot (258,054)^3} = 1,7375$$

Pengukuran kurtosis (Ck) berdasarkan Pers. 2.4.

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^4}{Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} (167.918.901.135)}{(258,054)^4} = 3,786$$

Untuk mengetahui perhitungan analisa frekuensi dengan menggunakan metode distribusi *Log Normal* dan *Log Pearson Type III* seperti pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3: Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi *Log Normal* dan *Log Pearson Type III*.

Tahun	X_i	$Y_i = \text{Log } X_i$	$\text{Log } Y_i - \text{Log } Y$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^2$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^3$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^4$
2012	280	2,447158	0,03934849	0,266642	0,346039	0,373773
2013	88,6	1,947434	-0,05985084	0,167443	0,246839	0,274574
2014	90,2	1,955207	-0,05812089	0,169173	0,248569	0,276304
2015	348	2,541579	0,05579013	0,283084	0,36248	0,390215
2016	345	2,537819	0,05514713	0,282441	0,361837	0,389572
2017	90	1,954243	-0,05833507	0,168959	0,248355	0,27609
2018	908,2	2,958181	0,12171129	0,349005	0,428402	0,456136
2019	9	0,954243	-0,36965477	-0,14236	-0,06296	-0,03523

2020	288	2,459392	0,04151431	0,268808	0,348205	0,375939
------	-----	----------	------------	----------	----------	----------

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Tahun	X_i	$Y_i = \text{Log } X_i$	$\text{Log } Y_i - \text{Log } Y$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^2$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^3$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^4$
2021	395	2,596597	0,06509104	0,292385	0,371781	0,399516
$\Sigma = 10$ Tahun	$2842:10 = 284,2$	$\text{Log } Y = \sum \log X_i/N = 2,235185$	-0,16735917	2,105577	2,899544	3,176887

Parameter Statistik

Standart deviasi (Sd) berdasarkan Pers. 2.1.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - Y)^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{2,105577}{9}} = 0,4837$$

Koefisien variasi (Cv) berdasarkan Pers. 2.2.

$$Cv = \frac{S}{x} = \frac{0,4873}{284,2} = 0,0017146$$

Koefisien skewness (Cs) berdasarkan Pers. 2.3.

$$Cs = \frac{N \cdot \sum(\log y_i - y)^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot Sd^3} = \frac{10 \cdot (2,899544)}{(9) \cdot (8) \cdot (0,4837)^3} = 3,5585$$

Pengukuran kurtosis (Ck) berdasarkan Pers. 2.4.

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^4}{Sd^4} = \frac{10 \cdot (3,176887)}{0,4837^4} = 5,8036$$

Untuk mengetahui hasil dispersi parameter statistik dan parameter hasil logaritma pengukuran dispersi stasiun sampali dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Kuta Gadung.

No.	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Parameter Statistik	Parameter Hasil Logaritma
1	Sd	258,054	0,4837
2	Cv	0,908	0,0017146
3	Cs	1,7375	3,5585
4	Ck	3,786	5,8036

4.3. Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam parameter pemilihan distribusi curah hujan tercantum dalam

Tabel 4.5: Parameter pemilihan distribusi curah hujan.

Jenis sebaran	Criteria	Hasil	Keterangan
Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$	$Cs = 1,7375$ $Ck = 3,786$	
<i>Log Normal</i>	$Cs = 3 Cv + Cv^3$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	$Cs = 3,5585$ $Ck = 5,8036$	
<i>Gumbel</i>	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	$Cs = 1,7375$ $Ck = 3,786$	
<i>Log Pearson Tipe III</i>	$Cs \neq 0$	$Cs = 3,5585$	Dipilih

Berdasarkan parameter data hujan skala normal maka dapat mengestimasi distribusi yang cocok dengan curah hujan tertentu. Adapun distribusi yang dipakai dalam perhitungan ini adalah metode *Log Pearson Tipe III*.

4.4. Penentuan jenis sebaran cara grafis (Ploting data)

Disamping metode analisis kita juga melakukan metode, yaitu dengan cara plotting pada kertas probabilitas. Untuk mendapatkan jenis distribusi yang sesuai dengan distribusi data debit yang ada di daerah studi, maka perlu dilakukan pengeplotan data pada kertas probabilitas (*Gumbel, Log Normal, Log Pearson Type III*). Dari Ploting pada kertas probabilitas tersebut, bisa dilihat sebaran yang cocok/mendekati garis regresinya. Sebelum dilakukan penggambaran posisi (plotting positions) yang dipakai adalah cara yang dikembangkan oleh *Weinbull* dan *Gumbel*, yaitu:

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \times 100 \%$$

Dimana:

$P(X_m)$ = data sesudah dirangking dari kecil ke besar

M = nomor urut

N = jumlah data (10)

Untuk mengetahui hasil dari plotting data yang sesuai dengan distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Ploting data.

Tahun	X_i	M	(X_i)	$P(X_m)$	$P(X_m)$
2012	280	1	908,2	9,090	11,111
2013	88,6	2	395	18,181	22,222
2014	90,2	3	348	27,272	33,333
2015	348	4	345	36,363	44,444
2016	345	5	288	45,454	55,555
2017	90	6	280	54,545	66,666
2018	908,2	7	90,2	63,636	77,777
2019	9	8	88,6	72,727	88,888
2020	288	9	90	81,818	99,999
2021	395	10	8	90,909	100,000

Agar lebih meyakinkan, setelah dilakukan plotting data pada kertas probabilitas, perlu dilakukan uji keselarasan sebaran (*Goodness of fit test*) yaitu dengan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorof*.

4.5. Pengujian Keselarasan Sebaran

Uji kecocokan distribusi adalah untuk menentukan kecocokan (*Goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

4.5.1. Uji Sebaran *Smirnov Kolmogorof*

Perhitungan uji kecocokan sebaran dengan *Smirnov-Kolmogorof* untuk metode *Log Pearson Type III* pada daerah studi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Perhitungan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*.

M	Xi	Log Xi	P(Xm)	Log Xi	P(Xm<)	Sd	P(Xm)	P(Xm<)	D
1	280	2,44715	0,090	0,3493	0,090	0,4837	0,111	0,888	0,020
2	88,6	1,94743	0,181	0,3493	1,181	0,4837	0,222	1,777	0,040
3	90,2	1,95520	0,272	0,3493	2,272	0,4837	0,333	2,666	0,060
4	348	2,54157	0,363	0,3493	3,363	0,4837	0,444	3,555	0,080
5	345	2,53781	0,454	0,3493	4,454	0,4837	0,555	4,444	0,101
6	90	1,95424	0,545	0,3493	5,545	0,4837	0,666	5,333	0,121
7	908,2	2,95818	0,636	0,3493	6,636	0,4837	0,777	6,222	0,141
8	9	0,95424	0,727	0,3493	7,727	0,4837	0,888	7,111	0,161
9	288	2,45939	0,818	0,3493	8,818	0,4837	0,999	8,000	0,181
10	395	2,59659	0,909	0,3493	9,090	0,4837	1,000	8,888	0,202

Dari perhitungan nilai D menunjukkan nilai $D_{max} = 0,202$, data pada peringkat $m = 10$. Dengan menggunakan data pada Tabel 2.4 untuk derajat kepercayaan 5% atau $\alpha = 0,05$, maka diperoleh $D_0 = 0,409$. Karena nilai D_{max} lebih kecil dari nilai D_0 kritis ($0,202 < 0,409$), maka persamaan distribusi yang diperoleh dapat diterima.

4.6. Pengukuran Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode distribusi *Log Pearson III*, seperti yang terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Analisa frekuensi distribusi *Log Pearson Tipe III*.

No.	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi – Log Xrt	(Log Xi – Log Xrt) ²	(Log Xi – Log Xrt) ³
1	2012	280	2,44715	0,211973	0,044932	0,009524
2	2013	88,6	1,94743	1,59812	2,553988	4,08158
3	2014	90,2	1,95520	1,955207	3,822833	7,474427
4	2015	348	2,54157	2,541579	6,459625	16,41765
5	2016	345	2,53781	2,537819	6,440526	16,34489
6	2017	90	1,95424	1,954243	3,819064	7,463377
7	2018	908,2	2,95818	2,958181	8,750838	25,88657
8	2019	9	0,95424	0,954243	0,910579	0,868913
9	2020	288	2,45939	2,459392	6,048611	14,87591
10	2021	395	2,59659	2,596597	6,742316	17,50708
Jumlah			22,35185	19,7674	45,59331	110,9299
Rata-rata		2842	2,235185			

Rumus *Log Pearson Type III* :

$$\text{Log}(X_t) = \text{Log } X_{rt} + k \times S$$

$$X_t = 10^{\text{Log } X_{rt} + k \times S}$$

Dimana:

Koef. G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,922	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178

X_t = curah hujan rencana

X_{rt} = curah hujan rata-rata

k = koefisien untuk distribusi *Log Pearson Type III* (Tabel 4.9)

S = standar deviasi

Untuk nilai Koefisien distribusi *Log Pearson Type III* (k) pada perhitungan curah hujan hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Nilai k untuk distribusi *Log Pearson Type III* (Soewarno, 1993).

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson Type III*. Diketahui sebagai berikut:

$$\text{Log}(X_t) = \text{Log } X_{rt} + k \times S$$

$$X_t = 10^{\text{Log } X_{rt} + k \times S}$$

$$\text{Log } R = 22,35185 / 10 = 2,235185$$

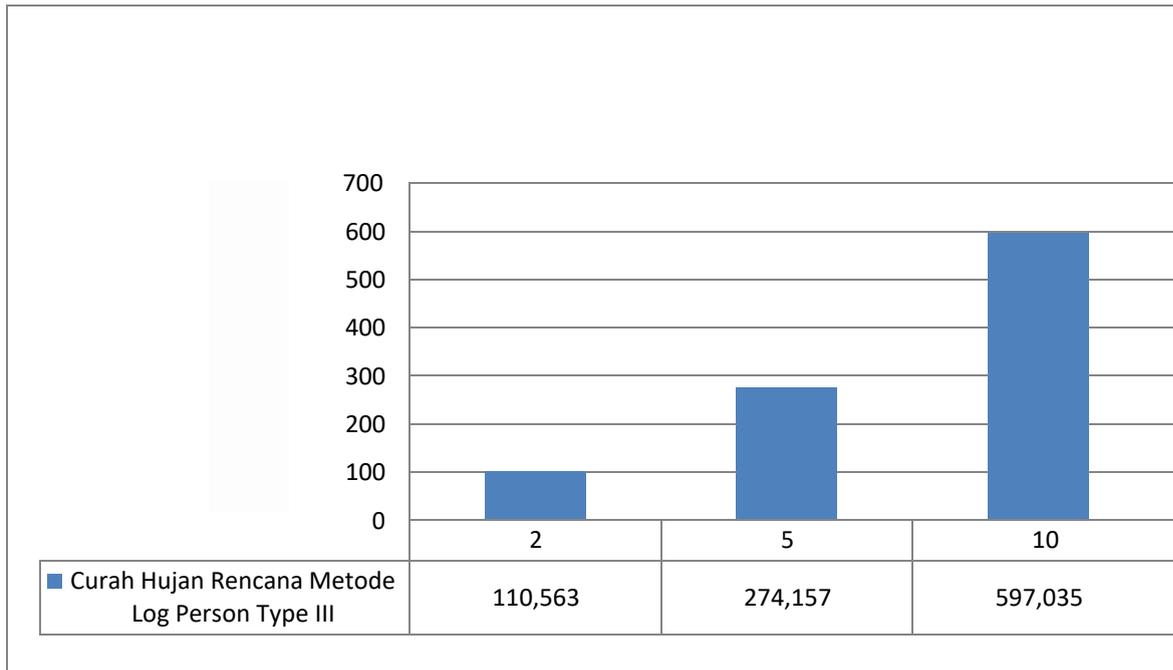
$$\text{Log } R_r = 2,235185 + (-0,396 \times 0,4837) = 2,04361$$

$$R_r = 10^{2,04361} = 110,563 \text{ mm}$$

Tabel 4.10: Perhitungan curah hujan rencana metode *Log Pearson Type III*.

No.	Periode	Rata-rata Log Xi	Sd	Cs	Nilai k	Log Pearson Type III	
						Log Rr	Rr (mm)
1	2	2,235185	0,4837	3,5585	-0,396	2,004	110,563
2	5	2,235185	0,4837	3,5585	0,420	2,438	274,157
3	10	2,235185	0,4837	3,5585	1,1180	2,776	597,035

Grafik curah hujan rencana dengan menggunakan metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1: Grafik curah hujan rencana metode *Log Pearson Type III*.

4.7. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, umpamanya mm/jam untuk curah hujan jangka pendek, dan besarnya intensitas curah hujan tergantung pada lamanya curah hujan. Beberapa rumus yang menyatakan hubungan antara intensitas dan lamanya curah hujan adalah sebagai berikut:

Metode dr. Mononobe

Rumus Untuk mencari intensitas curah hujan Mononobe digunakan persamaan Rumus:

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

tc = Lamanya curah hujan (menit) dapat dilihat pada Pers. 2.17.

R₂₄ = Curah hujan yang mungkin terjadi berdasarkan masa ulang tertentu (curah hujan maksimum dalam waktu 24 jam-mm).

Perhitungan debit rencana dengan periode ulang 2 tahun (Q₂). Diketahui data sebagai

berikut:

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times 0,054^2}{1000 \times 0,00093} \right)^{0,385}$$

$$T_c = 0,10 \text{ jam} = 6 \text{ menit}$$

$$I = \frac{110,563}{24} \times \left[\frac{24}{0,10} \right]^{2/3}$$

$$I = 177,912 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Intensitas curah hujan untuk periode 5 dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Perhitungan intensitas curah hujan.

No.	Periode	R24 (mm)	C	Tc (jam)	I (mm/jam)
1	2	110,563	0,95	0,10	177,912
2	5	274,157	0,95	0,10	338,8
3	10	597,035	0,95	0,10	960,71

4.8. Perhitungan Debit Air Baku

Untuk menghitung debit air baku, dapat digunakan Pers. 2.20:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dimana:

Q = debit air rata-rata hujan (m³/detik)

C = koefisien pengaliran (Tabel 2.5)

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas atap sebagai bidang penangkap air (Ha)

Perhitungan debit air baku pada atap bangunan untuk kala ulang 2 tahun:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 177,912 \cdot 0,00080718$$

$$Q = 0,003792 \text{ m}^3/\text{detik} = 3,792 \text{ liter/detik}$$

Perhitungan debit air baku pada atap bangunan untuk kala ulang 5 tahun:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 338,8 \cdot 0,00080718$$

$$Q = 0,007222 \text{ m}^3/\text{detik} = 7,222 \text{ liter/detik}$$

Perhitungan debit air baku pada atap bangunan untuk kala ulang 10 tahun:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 237,672 \cdot 0,00080718$$

$$Q = 0,0248 \text{ m}^3/\text{detik} = 20,48 \text{ liter/detik}$$

Perhitungan dimensi talang air (Pipa pengumpul):

- Digunakan lebar dasar saluran talang trapesium sebesar 0,20 m

$$\text{Luas penampang talang (A)} = (B + mh) \cdot H$$

$$= (0,20 + 1 \times 0,20) \cdot 0,20 = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling Basah (P)} = B + 2h \cdot (m^2 + 1)^{0,5}$$

$$= 0,20 + 2 \times 0,20 \times (1^2 + 1)^{0,5} = 0,77 \text{ m}$$

$$\text{Jari Jari Hidraulis, (R)} = \frac{A}{P} = \frac{0,08}{0,77} = 0,139 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran} = V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000618}{0,08} = 0,007725 \text{ m/detik}$$

$$\text{Koefesien } \textit{manning} = 0,025 \text{ (Tabel 2.7)}$$

$$\text{Rumus } \textit{manning} : V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,00725 = \frac{1}{0,025} \times 0,10390^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

1

$$\text{Kemiringan Saluran, (S)} S^{\frac{1}{2}} = 0,00088 \text{ m/detik}$$

$$S = 0,000088^2$$

$$S = 0,00000077$$

4.9. Perhitungan Kebutuhan Air Baku

Untuk menghitung kebutuhan air baku digunakan standar SNI 03-7065-2005 untuk pemakaian kebutuhan air sesuai fungsi bangunan. Untuk kawasan permukiman memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Jenis bangunan : Asrama Politeknik Kesehatan
2. Lokasi : Jl. Kapt Selamat Ketaren Kecamatan Kabanjahe
3. Luas area : 12.839 m^2
4. Jumlah civitas : 51 orang (Asumsi)
5. Luasan atap : $807,18 \text{ m}^2$

Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan air baku untuk Asrama:

Kebutuhan air rata-rata : 120 liter/mahasiswa/hari

Kebutuhan air baku per hari : Jumlah civitas x kebutuhan air rata-rata
: $51 \times 120 \text{ liter/hari}$
: 6120 liter/hari
: $6,120 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan air baku perbulan : Kebutuhan air baku perhari x jumlah hari
: $6,120 \text{ m}^3/\text{hari} \times 27$
: $165,240 \text{ m}^3/\text{bulan}$

4.10. Perhitungan Potensi Suplai Air Hujan

Metode yang digunakan untuk menghitung hujan kawasan adalah dengan metode rerata aritmatik. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Dalam penelitian ini, stasiun yang digunakan adalah Stasiun BMKG Kutabangun yang jaraknya sekitar 7,57 Km dari wilayah Kecamatan Kabanjahe. Data hujan yang digunakan adalah data dari tahun 2012-2021 (10 tahun).

Untuk perhitungan tahun berikutnya dilakukan dengan persamaan yang samadan dimasukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Curah hujan tahunan Stasiun BMKG Sampali.

No.	Tahun	Curah hujan (mm/tahun)
1	2012	1713
2	2013	1042,7
3	2014	1060,9
4	2015	1689
5	2016	1847
6	2017	1058,1
7	2018	1934,3
8	2019	53,4
9	2020	1768
10	2021	1536

Untuk menghitung curah hujan andalan dapat ditentukan dengan menghitung curah hujan total tahunan stasiun tersebut. Kemudian diperhitungkan probabilitas masing-masing.

Contoh perhitungan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya hujan andalan urutan no.1 (satu) sebagai berikut:

$$P(\%) = \left(\frac{m}{n+1} \right) \times 100\%$$

$$P(\%) = \left(\frac{1}{10+1} \right) \times 100\%$$

$$P(\%) = 9,09 \%$$

Perhitungan probabilitas hujan andalan urutan berikutnya dapat dilihat pada Tabel4.13.

Tabel 4.13: Probabilitas hujan andalan.

No.	Tahun	Curah hujan (mm/tahun)	No.	Urutan Curah hujan (mm/tahun)	Andalan (%)	Tahun
1	2012	1713	1	1934,3	9,090	2018
2	2013	1042,7	2	1847	18,181	2016
3	2014	1060,9	3	1768	27,272	2020
4	2015	1689	4	1713	36,363	2012
5	2016	1847	5	1689	45,454	2015
6	2017	1058,1	6	1536	54,545	2021
7	2018	1934,3	7	1060,9	63,636	2014
8	2019	53,4	8	1058,1	72,727	2017
9	2020	1768	9	1042,7	81,818	2013
10	2021	1536	10	53,4	90,909	2017

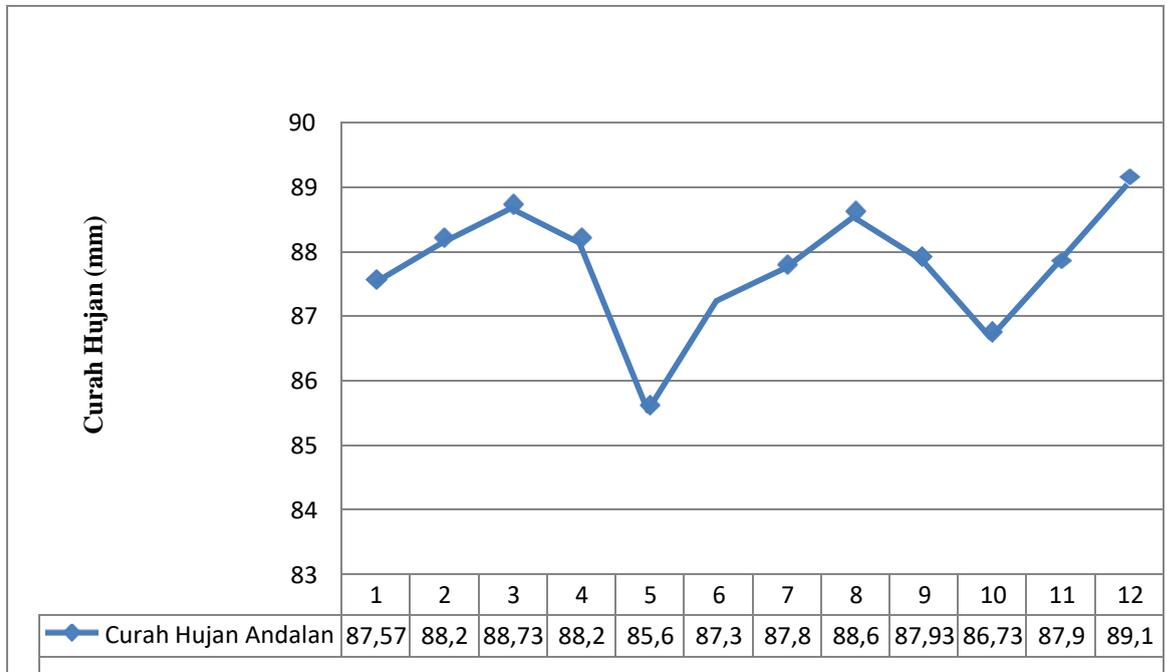
Dari Tabel 4.13 diatas didapat peluang hujan yang mendekati andalan 80% yaitu data curah hujan tahun 2014, 2017, dan 2013 dengan curah hujan masing-masing 1060,9, 1058,1 dan 1042,7 mm/tahun.

Tabel 4.14: Curah hujan andalan.

Tahun	Bulan												
	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	agu	sep	okt	nov	des	total
2014	87	89	92	88,9	82,8	88,9	88,2	88,6	88,6	87	90,2	89,7	1060,9
2017	88,6	88,5	88,3	88,7	88,6	88,1	88,3	88,8	87,8	86,7	85,7	90	1058,1
2013	87,1	87,2	85,9	87	85,6	84,9	87,1	88,6	87,4	86,5	87,8	87,6	1043
CH Andalan	87,57	88,2	88,73	88,2	85,6	87,3	87,8	88,6	87,93	86,73	87,9	89,1	1053,9

CH andalan pada Tabel 4.14 didapatkan dengan memilih curah hujan bulanyang nilainya mendekati CH rerata. Tujuan dari perhitungan dari Tabel 4.14tersebut adalah untuk mempermudah menghitung ketersediaan air dan neraca air sesuai data hujan yang data karena berbagai variasi stasiun hujan. Dari

pengolahan data pada Tabel 4.14 tersebut diperoleh curah hujan andalan dan curah hujan rerata. Secara grafik maka dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik curah hujan andalan.

Pada bulan Februari samai Mei curah hujan sangat kecil <50 mm/bulan. Dari perhitungan curah hujan andalan ini dihitung volume suplai air yang bisa ditampung untuk tiap bulannya. Dengan data luas atap masing-masing wilayah hasil pemodelan area dapat dilakukan perhitungan volume ketersediaan air hujan dapat digunakan Pers. 2.18. Contoh perhitungan volume ketersediaan air untuk suplai bulan Januari sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total luasan atap (A)} & : 807,18 \text{ m}^2 \\
 \text{Koefisien run off (C)} & : 0,95 \text{ (Tabel 2.5)} \\
 \text{Volume air tertampung} & : R \times A \times C \\
 \text{Bulan januari} & : (87,57 \times 10^{-3} \text{ mm}) \times 807,18 \text{ m}^2 \times 0,95 \\
 & : 67,150 \text{ m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

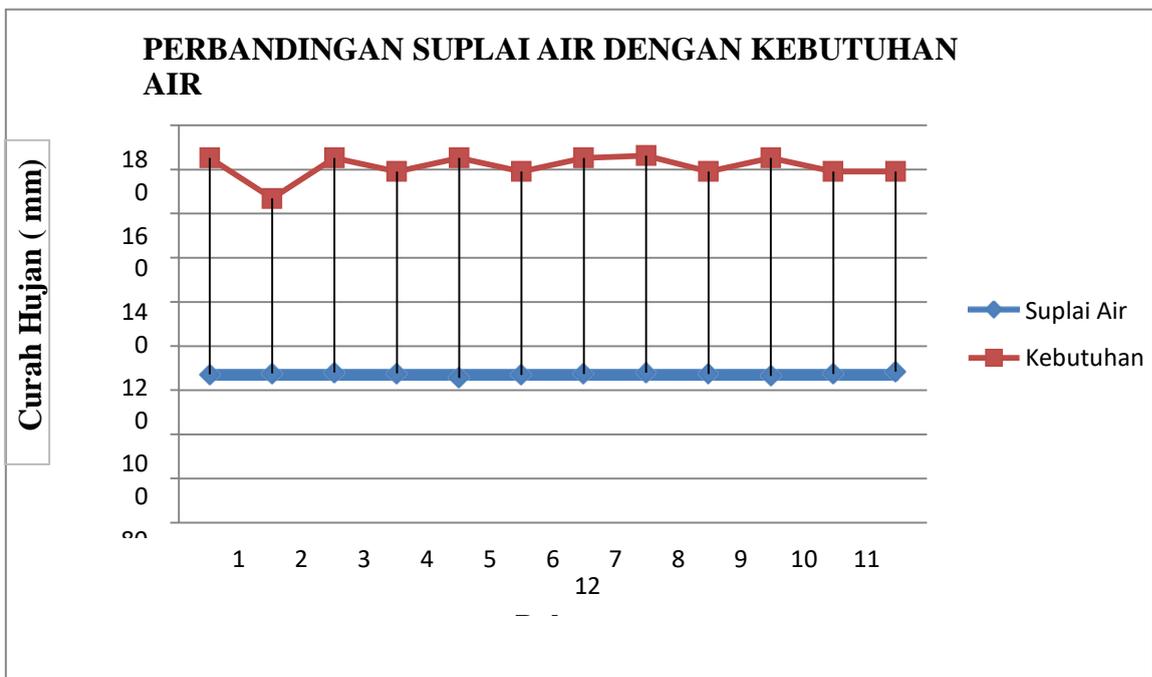
Volume ketersediaan air hujan untuk bulan Januari sampai Desember dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Potensi volume suplai air hujan.

Bulan	Jumlah hari	Hujan andalan (mm)	Luas Atap (m ²)	Suplai air hujan (m ³)
Januari	27	87,57	807,18	67,150
Februari	24	88,2	807,18	67,63
Maret	27	88,73	807,18	68,04
April	26	88,2	807,18	67,633
Mei	27	85,6	807,18	65,64
Juni	26	87,3	807,18	66,94
Juli	27	87,8	807,18	67,32
Agustus	26	88,6	807,18	67,94
September	26	87,93	807,18	67,426
Oktober	27	86,73	807,18	66,50
November	26	87,9	807,18	67,403
Desember	26	89,1	807,18	68,323
Jumlah	316	1053,9		808,15

4.11. Perhitungan Metode Pemenuhan Kebutuhan

Hasil perhitungan kebutuhan air dan potensi suplai air hujan diatas ditampilkan melalui Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Grafik perbandingan suplai air hujan dan kebutuhan air baku.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa suplai air pada bulan kemarau yaitu Februari–April tidak dapat memenuhi kebutuhan air oleh karena itu perlu dilakukan metode pemenuhan kebutuhan yaitu metode dalam menyimpan atau menampung suplai air hujan agar dapat memenuhi kebutuhan air.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *supply–demand* pada gedung perkantoran:

Januari:

Curah hujan andalan (R) : 87,57 mm

Luas atap (A) : 807,18 m²

Koefisien run off (C) : 0,95 (Tabel 2.5)

Volume suplai air : $(87,57 \times 10^{-3} \text{ mm}) \times 807,18 \text{ m}^2 \times 0,95$
: 67,150 m³/bulan

Kebutuhan air : 166,32 m³/bulan

Kekurangan air : Suplai air – Kebutuhan air
: 67,150 – 166,150
: -11,4743 m³/bulan

Tabel 4.16: Perhitungan metode pemenuhan kebutuhan air.

Bulan	Jumlah hari	Hujan andalan (mm)	Luas Atap (m ²)	Suplai air hujan (m ³)	Kebutuhan air (m ³)	Kekurangan air (m ³)	Kelebihan air (m ³)
Januari	27	87,57	807,18	67,150	165,24	98,09	-
Februari	24	88,2	807,18	67,63	146,88	79,25	-
Maret	27	88,73	807,18	68,04	165,24	97,2	-
April	26	88,2	807,18	67,633	159,12	91,487	-
Mei	27	85,6	807,18	65,64	165,24	99,6	-
Juni	26	87,3	807,18	66,94	159,12	92,18	-
Juli	27	87,8	807,18	67,32	165,24	97,92	-
Agustus	27	88,6	807,18	67,94	165,24	98,38	-
September	26	87,93	807,18	67,426	159,12	91,694	-
Oktober	27	86,73	807,18	66,50	165,24	98,74	-
November	26	87,9	807,18	67,403	159,12	91,717	-
Desember	26	89,1	807,18	68,323	159,12	90,797	-
Jumlah	316	1053,66		807,945	1933,92	1127,055	-

Dari Tabel 4.16 diatas suplai air hujan pada Asrama sebesar 807,945 m³ sedangkan kebutuhan air mencapai 1935 m³, hanya mampu memenuhi 41,7% dari kebutuhan air yang dibutuhkan. Jika terjadi kekurangan pada suplai air makadapat digunakan sumber air dari PDAM.

4.12. Perhitungan Volume Bak Penampung

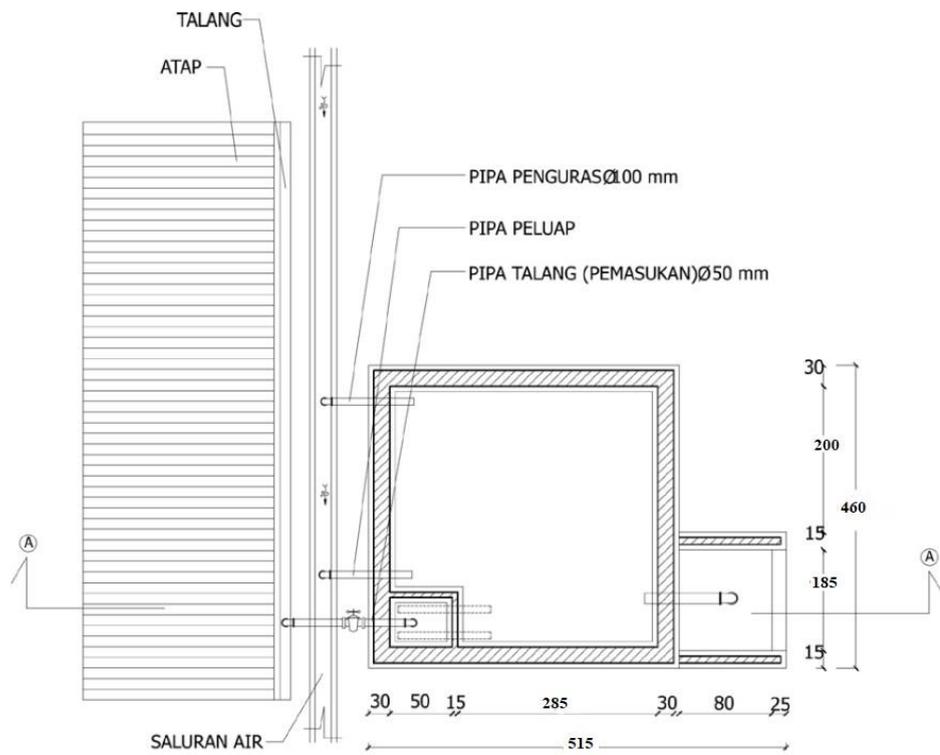
Dalam menentukan volume bak penampung terdapat 3 metode, metode yang dipilih adalah metode perhitungan neraca air. Metode ini menyesuaikan dengan kondisi antara dua musim, sehingga suplai air yang ditampung pada musim

penghujan ada sebagian yang ditabung untuk menutupi kekurangan air sehingga neraca *supply* dengan *demand* menjadi seimbang.

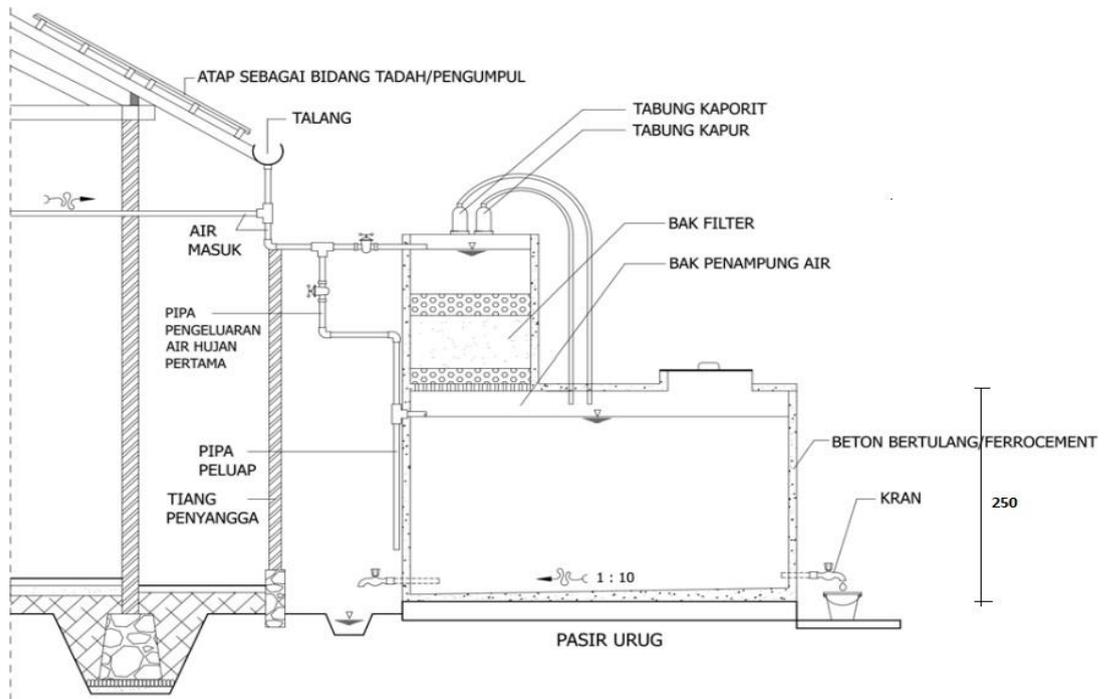
Perhitungan neraca air pada asrama di bulan Januari dilakukan pengisian bak penampung dengan volume awal bulan sebesar 0,0 m³. Kemudian pada akhir bulan Januari volume bak penampung telah terisi sesuai dengan kapasitas bak penampung dikurangi kebutuhan air baku selama satu bulan. Berikut perhitungan neraca air bulan Januari sampai Desember.

Dari perhitungan diatas Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November dan Desember suplai air hujan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pemakaian air, Sehingga perlu menggunakan air PDAM untuk memenuhi kekurangannya.

Dari Tabel 4.16 didapat volume maksimal bak penampung air hujan terletak pada bulan Maret dengan volume 68,3 m³. Dikarenakan keterbatasan lahan dan biaya desain bak penampung pada asrama menggunakan bak penampung beton bertulang. Dimensi bak penampungan panjang 4 m x lebar 3,5 m dengan tinggi 2,5 m total volume 35 m³ dengan jumlah 2 buah bak. Lokasi penempatan bak penampung air hujan dapat dilihat seperti gambar pada lampiran, untuk bentuk bak penampung air hujan dengan ukuran panjang 4 m x lebar 3,5 m dengan tinggi 2,5 m dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5: Bak penampung air hujan tampak atas.



Gambar 4.6: Bak penampung air hujan tampak samping.

4.13. Perhitungan Penghematan Biaya Pemakaian Air PDAM dengan PAH

Perhitungan tarif dasar air PDAM didasarkan pada golongan tempat tinggal, gedung ataupun bangunan lain. Perhitungan penghematan biaya pemakaian air PDAM pada Gedung Asrama Kesehatan lingkungan dapat dilihat sebagai berikut:

1. Jenis bangunan : Asrama (Asumsi)
 2. Golongan : N2 (Niaga Menengah)
 3. Jumlah Pegawai : 51 orang (Asumsi)
 4. Kebutuhan air rata-rata : 120 liter/mahasiswa/hari
- Januari:
- Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 27 hari kerja/bulan
: 165240 liter – Volume suplai air hujan
165240 liter – 67150 liter
: 98090 liter = 98,090 m³
- Tarif pemakaian air : 98,090 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 572,649,
Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
Total = Rp 575,649,-
- Februari:
- Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 24 hari kerja/bulan
: 146880 liter – Volume suplai air hujan
146880 liter – 67630 liter
: 79250 liter = 79,250 m³
- Tarif pemakaian air : 79,250 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 462,661
Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
Total = Rp 465,661
- Maret:
- Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 27 hari kerja/bulan
: 165240 liter – Volume suplai air hujan
165240 liter – 68040 liter
: 97200 liter = 97,200 m³
- Tarif pemakaian air : 97,200 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 567,453
Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
Total = Rp 570,453,-

- April:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 26 hari kerja/bulan
 - : 159120 liter – Volume suplai air hujan
 - 159120 liter – 67633 liter
 - : 91487 liter = 91,487 m³
 - Tarif pemakaian air : 91,487 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 534,101
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 537,101

- Mei:
 - Volume air yang digunakan : 50 x 120 x 27 hari kerja/bulan
 - : 165240 liter – Volume suplai air hujan
 - 165240 liter – 65640 liter
 - : 99600 liter = 99,600m³
 - Tarif pemakaian air : 99,600m³ x Rp 5838/m³ = Rp 581,464
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 584,464

- Juni:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 26 hari kerja/bulan
 - : 159120 liter – Volume suplai air hujan
 - 159120 liter – 66940 liter
 - : 92180 liter = 92,128m³
 - Tarif pemakaian air : 92,180 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 531,846
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 534,846

- Juli:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 27 hari kerja/bulan
 - : 165240 liter – Volume suplai air hujan
 - 165240 liter – 67320 liter
 - : 97920 liter = 97,920 m³
 - Tarif pemakaian air : 97,920 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 571,657
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 574,0567

- Agustus:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 27 hari kerja/bulan
 - : 165240 liter – Volume suplai air hujan
 - 165240 liter – 67940 liter
 - : 97300 liter = 97,300 m³
 - Tarif pemakaian air : 97,300 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 568,037
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 571,037

- September:
 - Volume air yang digunakan : 50 x 120 x 26 hari kerja/bulan
 - : 159120 liter – Volume suplai air hujan
 - 159120 liter – 674246 liter
 - : 91694 liter = 91,694 m³
 - Tarif pemakaian air : 91,694 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 535,309
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 538,309

- Oktober:
 - Volume air yang digunakan : 50 x 120 x 27 hari kerja/bulan
 - : 165240 liter – Volume suplai air hujan
 - 165240 liter – 66500 liter
 - : 987400 liter = 98,740 m³
 - Tarif pemakaian air : 98,740 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 576,444
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 579,444

- November:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 26 hari kerja/bulan
 - : 159120 liter – Volume suplai air hujan
 - 159120 liter – 67403 liter
 - : 91717 liter = 91,717 m³
 - Tarif pemakaian air : 91,717 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 535,443
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 538,443

- Desember:
 - Volume air yang digunakan : 51 x 120 x 27 hari kerja/bulan
 - : 159120 liter – Volume suplai air hujan
 - 159120 liter – 90797 liter
 - : 90797 liter = 90,797 m³
 - Tarif pemakaian air : 90,797 m³ x Rp 5838/m³ = Rp 530,072
 - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
 - Total = Rp 533,072

Dari uraian diatas mengenai tarif pemakaian air diperoleh pengeluaran biaya pemakaian air PDAM selama 12 bulan adalah Rp 6,573,442 dibanding tarif normal tanpa menggunakan suplai air hujan biaya yang dikeluarkan selama 12 bulan adalah Rp 11,290,225 maka biaya yang dihemat dalam 12 bulan dengan pemanfaatan suplai air hujan adalah Rp 11,290,225 - 6,573,442 = Rp 4,716,783.

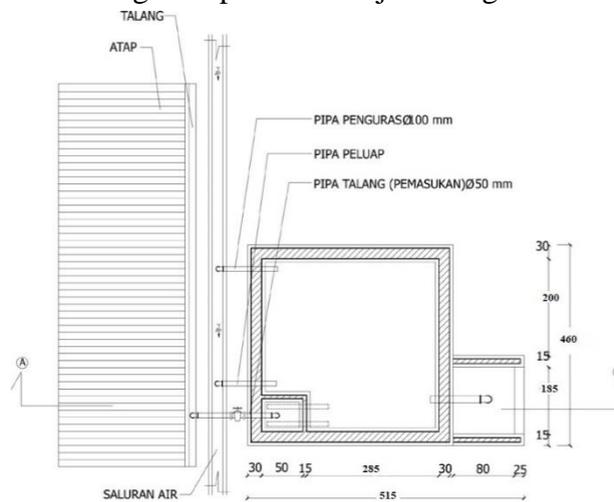
BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada bab ini akan dijelaskan uraian dan rangkuman berdasarkan data-data baik perhitungan secara teknis maupun program, maka penyusun dapat mengambil kesimpulan, yaitu:

1. Adapun desain bangunan panen air hujan sebagai berikut



Untuk ukuran dimensi bak penampung air hujan yang dapat menghemat air PDAM selama 12 bulan adalah 5,15 m x 4,6 m x 2,5 m dengan total 2 buah bangunan panen air hujan.

2. Kebutuhan pemakaian air rata-rata adalah 3m³ setiap hari atau sekitar 165,24m³/bulan dihitung berdasarkan hari masuk mahasiswa.
3. Dengan menggunakan distribusi *Log Pearson Type III*, diperoleh data curah hujan rencana maksimum pada periode ulang 10 tahun adalah 960,71mm/jam yang disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi.

5.2. Saran

1. Diperlukan penelitian lebih mendalam lagi tentang kualitas air hujan sebagaimana menurut Permen PUPR No.4 tahun 2020 tentang prosedur operasional standar penyelenggaraan sistem penyediaan air minum.
2. Sebelum membangun bangunan pemanfaatan air hujan sebagai mana tertulis menurut Permen PU No.11 Tahun 2014 pasal 1 ayat 16 adanya IMB (Izin membangun bangunan), dan selesai membangun menurut pasal 1 ayat 17 harus

adanya Sertifikat Laik Fungsi yang disingkat SLF.

3. Setelah bak penampung yang direncanakan dapat direalisasikan, bak penampung harus rutin dilakukan perawatan dari segala kotoran yang menempel di dinding keramik bak penampung pada saat bak penampung sedang tidak ada suplai air hujan.

LAMPIRAN



Gambar L.1 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe



Gambar L.2 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe



Gambar L.3 : Kondisi Asrama Poltekes Kabanjahe

DAFTAR PUSTAKA

- Saraswati, Resapan. 2011. 5–29.
- Andrian, David, and Desrina Yusi Irawati. 2018. “Dampak Proses Pengolahan Air Bersih.” *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC* 16(1): 13–21.
- Ariwibowo, Mohammad Lutfi, S Suripin, and Pranoto Samto Atmojo. 2018. “Aplikasi Penginderaan Jauh Dan EPA-SWMM Untuk Simulasi Debit Banjir Akibat Perubahan Lahan Sub DAS Banjaran.” *Teknik* 38(2): 119.
- Budinetto, Hermono S, A Karim Fatchan, and M Nur Sahid. 2012. “Pengendalian Aliran Permukaan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Dengan Konsep Low Impact Development.” *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS 2012 (Lid)*: 100–111.
- Hidayat, M Q, K A Shofa, S E Wahyuni, 2013. “Perencanaan Bendungan Manonjaya Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat.” *Karya Teknik Sipil*.
- Suripin, Dr.Ir., M. 2004. “Siklus Hidrologi.” : 20.
- Kurnia, Nanda Alif. 2017. “Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Air PDAM Pada Gedung Perkantoran .”
- Lestari, E. 2016. “Penerapan Konsep Zero Runoff Dalam Mengurangi Volume Limpasan Permukaan (Perumahan Puri Bali, Depok).” *Jurnal Forum Mekanika*.
- PEMPROV, JAKARTA. 2012. “Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta.” *Pemprov DKI* 5(38).
- Seyhan, Ersin. 1990. “Dasar-Dasar Hidrologi.” : 1–371.
- Suhardiyanto, Suhardiyanto. 2017. “Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih Dan Air Buangan Pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai.” *Jurnal Teknik Mesin* 5(3):
- Suripin, 2004. “Sistem Drainase yang berkelanjutan.”.
- Susana, Tjutju. 2003. “Air Sebagai Sumber Kehidupan.” *Oseana* 28(3): 17–25.
- Susanto, M. Yanuar J. Purwanto dan Agus. 2017. “Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air.” *Modul Pengelolaan Sumberdaya Air* 1(1): 1–51.
- Wesli, Wesli, and Universitas Malikussaleh. 2015. “Wesli - Drainase Perkotaan.” (November).
- Widayat, Wahyu, and Nusa Idaman Said. 2014. “Pengisian Air Tanah Buatan, Pemanenan Air Hujan Dan Teknologi Pengolahan Air Hujan.” *Teknologi Lingkungan* 3(3): 256–66.
- Wijanarko, Aris. 2011. “Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Unit Kedawung PDAM Seragen.” : 56.

Sandi, Sulvahrenra et al. 2018. “Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Permeabilitas dan Waktu Penggenangan”.

Soewarno, 1995. “*Hidrologi Jilid i*”N o v a :18-39.

Sampe, dkk., di dalam Juknis Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan Vol.II, 1998.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Asmaul Khairi
Panggilan : Heri
Tempat, Tanggal Lahir : Banda Aceh, 02 Januari 1998 Jenis Kelamin : Laki – Laki
Alamat Sekarang : Jl. Kawat III. No.35/42 Tanjung Mulia Hiilir
HP/Tlpn Seluler : 082167101765

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210052
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Alamat
Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	: SD Negeri 06866 Medan	2010
SMP	: SMP Negeri 11 Medan	2013
SMA	: SMK Negeri 5 Medan	2016