

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PEMANFAATAN AIR HUJAN DARI ATAP  
BANGUNAN SEBAGAI SOLUSI MENGHEMAT PEMAKAIAN  
AIR PDAM PADA GEDUNG PERKANTORAN DI  
KECAMATAN MEDAN BELAWAN**

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

**Disusun Oleh:**

**NANDA ALIF KURNIA**  
**1307210072**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nanda Alif Kurnia

NPM : 1307210072

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Bangunan Sebagai Solusi Menghemat Pemakaian Air Pdam Pada Gedung Perkantoran di Kecamatan Medan Belawan

Bidang Ilmu : Keairan

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, Mei 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Penguji

Ir. Hendarmin Lubis

Irma Dewi, S.T, M.Si

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Penguji

Dr. Rumillah Harahap

Dr. Ade Faisal

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua,

Dr. Ade Faisal

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nanda Alif Kurnia  
Tempat/tgl lahir : Padang Sidempuan, 20 januari 1994  
NPM : 1307210072  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Bangunan Sebagai Solusi Menghemat Pemakaian Air Pdam Pada Gedung Perkantoran di Kecamatan Medan Belawan”

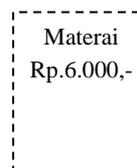
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan menerima sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak ada tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademis di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2017

Saya yang menyatakan,



Nanda Alif Kurnia

## **ABSTRAK**

### **STUDI PEMANFAATAN AIR HUJAN DARI ATAP BANGUNAN SEBAGAI SOLUSI MENGHEMAT PEMAKAIAN AIR PDAM PADA GEDUNG PERKANTORAN DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN**

Nanda Alif Kurnia

1307210072

Ir. Hendarmin Lubis

Irma Dewi, S.T, M.Si

Kebutuhan air perkotaan 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 Medan Belawan, air hujan yang melimpas hanya dialirkan ke saluran pembuangan untuk dibuang ke saluran perkotaan. 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 Medan Belawan salah satunya pada gedung perkantoran di wilayah tersebut. Sehingga dapat mengurangi pemakaian air dari PDAM yang biayanya terbilang cukup mahal. Data yang dikumpulkan berupa luas atap gedung perkantoran dari pemodelan bangunan dengan menggunakan software Autocad 2012 dan Sketchup 2015, data curah hujan harian maksimum dari BMKG Sampali dan kebutuhan air yang diperlukan. Dari hasil analisa didapatkan kapasitas bak penampung pada gedung perkantoran sebesar 100m<sup>3</sup>, dapat menghemat pemakaian air PDAM selama 12 bulan. Dari hasil analisa dapat disimpulkan penggunaan air hujan dapat menghemat air dari PDAM sebesar 78% biaya yang dapat di hemat sebesar Rp 7,093,655 dalam waktu 12 bulan, dari normalnya biaya pembayaran air PDAM yang dikeluarkan sebesar Rp 8,378,424 dalam waktu 12 bulan.

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

## **ABSTRACT**

### ***RAINWATER UTILIZATION STUDY OF THE BUILDING'S ROOF AS A SOLUTION TO CONSERVE THE USE OF WATER PDAM IN OFFICE BUILDING IN THE DISTRICT OF MEDAN BELAWAN***

Nanda Alif Kurnia  
1307210072  
Ir. Hendarmin Lubis  
Irma Dewi, S.T, M.Si

*Urban water needs of the greater as a result of the increase in population and land use change lead to the absence of more land for the absorption of rainwater so that the rainwater runoff increase. During this time in the district of Medan Belawan, excess rainwater simply flowed into the sewer to be discharged into the urban channel. The rainwater is wasted without the raw water used for needs. For that we need to do with water conservation efforts to harvest rainwater, which rainwater is harvested can be used for raw water needs in the district of Medan Belawan one of them out of office building in the region. So as to reduce the use of water from the taps whose cost is quite expensive. Data collected in the form of an office building roof area pf the building by using the modeling software Autocad 2012 and Sketchup 2015, the maximum daily rainfall data from BMKG Sampali and water needs are required. From the analysis result obtained in the container vessel capacity of 100m<sup>3</sup> office building, can save the use of the tap water for 12 month. From the analysis it can be concluded the use of rainwater can save water from taps at 78% charge can be in saving of Rp 7,093,655 within 12 month of normal tap water payment fee of Rp 8,378,424 issued within 12 month.*

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

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Bangunan Sebagai Solusi Menghemat Pemakaian Air Pdam Pada Gedung Perkantoran di Kecamatan Medan Belawan” 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 menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ir. Hendarmin Lubis selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Irma Dewi, S.T, M.Si selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Rumillah Harahap selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Rahmatullah, S.T, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Kedua Orang tua saya yang paling utama, yaitu kepada Bapak Kurnianto dan Ibu Suryanita, terima kasih banyak atas perjuangan dan doanya.
8. Seluruh pegawai biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah bekerja keras demi membantu kelancaran administrasi dari awal sampai akhir pendidikan Strata 1.
9. Kepada seluruh mahasiswa Program Studi Teknik Sipil UMSU Stambuk 2013.

Akhir kata dengan segala keridhaan hati, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Dan apabila dalam penulisan ini terdapat kata-kata yang kurang berkenan, penulis mohon maaf sebesar-besarnya, semoga Allah SWT dapat membalas kebaikan Bapak/Ibu dan kita semua. Amin.

Wassalammu'alaikum. wr. wb

Medan, Mei 2017

Nanda Alif Kurnia

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air	6
2.2. Kebutuhan Air	7
2.2.1. Pemakaian Air Untuk Beragam Keperluan	8
2.2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemakaian Air	10
2.2.3. Perkiraan Pemakaian Air	11
2.3. Hidrologi Umum	12
2.3.1. Siklus Hidrologi	13
2.4. Hujan (Presipitasi)	17
2.5. Analisis Hidrologi	17
2.5.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan	17
2.5.2. Analisis Frekuensi	18
2.5.3. Distribusi Frekuensi	20
2.5.4. Uji Kecocokan Distribusi	21

2.6.	Intensitas Hujan	25
2.7.	Koefisien Pengaliran (C)	26
2.8.	Kecepatan Aliran	29
2.9.	Waktu Konsentrasi	30
2.10.	Ketersediaan Air	32
2.11.	Metode Perhitungan Neraca Air	33
2.12.	Perhitungan Suplai Air	34
2.13.	Perhitungan Debit Air Hujan	34
2.14.	Spektrum Curah Hujan	34
2.15.	Konservasi Air	38
2.15.1.	<i>Low Impact Development</i>	38
2.15.1.1.	Perubahan Hidrologi Pada Lokasi Pembangunan	39
2.15.1.2.	Perbandingan Antara Konvensional Dengan LID	40
2.15.1.3.	Keuntungan LID	41
2.16.	Panen Air Hujan ( <i>Rainwater harvesting</i> )	42
2.16.1.	Komponen Panen Air Hujan	43
2.16.2.	Pemilihan Jenis Tangki	47
2.16.3.	Persyaratan Bahan Pembuatan PAH	49
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>50</b>
3.1.	Bagan Alir Penelitian	50
3.2.	Lokasi Wilayah Studi	51
3.3.	Data Primer	51
3.4.	Data Sekunder	52
3.5.	Analisa Hidrologi	53
3.5.1.	Analisa Frekuensi Curah Hujan	53
3.5.2.	Intensitas Hujan	54
3.6.	Perhitungan Volume Bak Penampung	54
3.6.1.	Ketersediaan Air	54
3.6.1.2.	Area Tangkapan Hujan	54

BAB 4	ANALISA DATA	56
4.1.	Analisis Curah Hujan Rencana	56
4.2.	Analisa Frekuensi	57
4.3.	Pemilihan Jenis Sebaran	60
4.4.	Penentuan Jenis Sebaran Cara Grafis (Ploting data)	61
4.5.	Pengujian Keselarasan Sebaran	62
4.5.1.	Uji Sebaran <i>Smirnov Kolmogorof</i>	62
4.6.	Pengukuran Curah Hujan Rencana	63
4.7.	Intensitas Curah Hujan	65
4.8.	Perhitungan Debit Air Baku	66
4.9.	Perhitungan Kebutuhan Air Baku	67
4.10.	Perhitungan Potensi Suplai Air Hujan	68
4.11.	Perhitungan Metode Pemenuhan Kebutuhan	72
4.12.	Perhitungan Volume Bak Penampung	74
4.13.	Perhitungan Penghematan Biaya Pemakaian Air PDAM Dengan PAH	78
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1.	Kesimpulan	83
5.2.	Saran	83
	DAFTAR PUSTAKA	84
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Volume air dipermukaan bumi	6
Tabel 2.2	Pemakaian air rata-rata setiap hari	9
Tabel 2.3	Nilai kritis untuk uji <i>Smirnov-Kolmogorof</i>	22
Tabel 2.4	Nilai kritis untuk distribusi <i>Chi-square</i>	24
Tabel 2.5	Koefisien aliran (C) secara umum	28
Tabel 2.6	Koefisien pengaliran berdasarkan persentase permukaan yang kedap dengan waktu konsentrasi	29
Tabel 2.7	Nilai koefisien <i>Manning</i>	30
Tabel 2.8	Perbandingan Pelaksanaan LID dan Konvensional	41
Tabel 2.9	Jenis ukuran tangki	48
Tabel 3.1	Data curah hujan harian maksimum (Stasiun BMKG Sampali)	53
Tabel 4.1	Data curah hujan harian maksimum dari Stasiun BMKG Sampali Deli Serdang	56
Tabel 4.2	Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi <i>Gumbel</i>	57
Tabel 4.3	Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi <i>Log Normal</i> dan <i>Log Pearson III</i>	58
Tabel 4.4	Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Sampali	60
Tabel 4.5	Parameter pemilihan distribusi curah hujan	60
Tabel 4.6	Ploting data	61
Tabel 4.7	Perhitungan uji kecocokan <i>Smirnov-Kolmogorof</i>	62
Tabel 4.8	Analisa frekuensi distribusi <i>Log Pearson Tipe III</i>	63
Tabel 4.9	Nilai k untuk distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	64
Tabel 4.10	Perhitungan curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i>	65
Tabel 4.11	Perhitungan intensitas curah hujan	67
Tabel 4.12	Curah hujan tahunan Stasiun BMKG Sampali	69
Tabel 4.13	Probabilitas hujan andalan	70
Tabel 4.14	Curah hujan andalan	70

Tabel 4.15	Potensi volume suplai air hujan	72
Tabel 4.16	Perhitungan metode pemenuhan kebutuhan air	74
Tabel 4.17	Perhitungan neraca air	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus hidrologi	15
Gambar 2.2	Contoh saluran a-b pada suatu daerah pengaliran	30
Gambar 2.3	Spektrum hujan dan strategi pemanfaatannya	34
Gambar 2.4	Dampak perubahan fungsi lahan	36
Gambar 2.5	Komponen bagian-bagian pemanen air hujan	44
Gambar 2.7	Tangki air hujan berbahan plastik	46
Gambar 2.8	Tangki air hujan bahan logam	46
Gambar 2.9	Tangki air hujan bahan beton	46
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	49
Gambar 3.2	<i>Catchmen area</i> gedung perkantoran	51
Gambar 3.3	Area tangkapan air hujan	54
Gambar 4.1	Grafik curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i>	64
Gambar 4.2	Grafik curah hujan andalan	70
Gambar 4.3	Grafik perbandingan suplai air hujan dan kebutuhan air baku	72
Gambar 4.4	Grafik neraca air	76
Gambar 4.5	Bak penampung air hujan	77

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas atap sebagai bidang penangkap air (Ha)
C	= Koefisien pengaliran
C <sub>v</sub>	= Koefisien variasi
C <sub>s</sub>	= Koefisien tampungan
C <sub>k</sub>	= Koefisien kurtosis curah hujan
E <sub>j</sub>	= Frekuensi teoritis kelas
I	= Intensitas hujan (mm/jam)
K	= Faktor frekuensi <i>Gumbel</i>
k	= koefisien untuk distribusi Log Pearson
k	= Jumlah kelas
M	= Nomor urut
N	= Banyaknya data
n	= Jumlah data curah hujan
n	= Angka Kekasaran <i>Manning</i>
O <sub>j</sub>	= Frekuensi pengamatan kelas
P (X <sub>m</sub> )	= data sesudah dirangking dari kecil ke besar
Q	= Debit air rata-rata hujan (m <sup>3</sup> /detik)
R	= Jari-jari hidrolis (m)
R <sub>24</sub>	= Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam-mm)
S	= Kemiringan saluran
S <sub>d</sub>	= Deviasi standar curah hujan
S <sub>n</sub>	= <i>Reduced standard deviation</i> , yang juga tergantung pada jumlah sampel/data ke-n
T <sub>c</sub>	= Waktu konsentrasi (jam)
V	= Kecepatan Aliran di dalam Saluran (m/detik)
X	= Nilai rata-rata curah hujan
X <sub>i</sub>	= Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i
X <sub>rt</sub>	= Curah hujan rata-rata

$X_t$  = Curah hujan rencana

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

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

Kebutuhan air bersih yang semakin meningkat saat ini harus diimbangi dengan jumlah air bersih yang tersedia. Terutama didaerah perkotaan seperti kota Medan, seiring pesatnya pembangunan gedung-gedung dan perumahan, kebutuhan air bersih akan selalu meningkat sementara air bersih tersebut semakin langka dan harus dibayar mahal. Sedangkan krisis sumber daya air disebabkan oleh kebutuhan air yang semakin besar akibat dari peningkatan jumlah penduduk dan perubahan fungsi lahan akan berdampak pada perubahan siklus hidrologi. Perubahan fungsi lahan menyebabkan peningkatan volume aliran limpasan air permukaan sehingga volume air yang mengalami infiltrasi dan menjadi air tanah menjadi berkurang. Sedangkan air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kegiatan konsumsi hanya air tawar yang jumlahnya sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah keseluruhan di bumi.

Pada akhirnya hal ini akan menimbulkan krisis air bagi manusia yang akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia yang sangat bergantung akan keberadaan air. Oleh karena itu perlu segera dilakukan konservasi sumber daya air untuk menjaga kelestarian sumber daya air secara berkelanjutan diantaranya melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya air, baik dari sisi penggunaannya maupun penyediaannya sangat diperlukan.

Air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk konsumsi adalah hanya yang berupa air tawar. Sedangkan volume terbesar dari air tersedia di laut berupa air asin sehingga untuk memenuhi kebutuhan air manusia perlu dilakukan manipulasi daur hidrologi agar tersedia air tawar yang cukup banyak. Atas dasar pemikiran bahwa volume air selalu tetap, maka muncul gagasan bahwa air dapat dimanfaatkan dalam salah satu wujud siklus hidrologi dengan mengurangi nilai

aliran limpasan air permukaan yang terjadi, Untuk itulah dibutuhkan manajemen air yang terpadu sehingga dapat tercipta keseimbangan dalam pemanfaatan air. Salah satu cara untuk mewujudkan gagasan tersebut adalah dengan menerapkan konsep panen air hujan (*rainwater hervesting*), yaitu konsep pengumpulan air hujan yang ditampung dalam suatu *reservoir* untuk kemudian air yang telah dikumpulkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif sumber air sehingga dapat mengurangi penggunaan air tanah.

Pada gedung perkantoran, air digunakan untuk keperluan sehari-hari merupakan air PDAM. Air tersebut digunakan untuk semua kegiatan seperti air untuk mencuci, minum, wudhu, pengelontor (*flushing*), mandi cuci kakus, dan sumber air darurat untuk antisipasi kebakaran. Dari kegunaan-kegunaan tersebut terdapat beberapa kegunaan yang tidak terlalu mengutamakan kualitas air yang terlalu baik seperti pengelontor (*flushing*), pemadam kebakaran, dan menyiram tanaman. Untuk kegunaan itu maka dapat digunakan air hujan sebagai alternatif untuk menghemat air PDAM. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menampung air hujan yang biasa disebut dengan panen air hujan. Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan air hujan pada suatu daerah tangkapan yang dalam skripsi ini berupa atap dari gedung perkantoran di Kecamatan Medan Belawan dengan asumsi untuk kemudian dimanfaatkan sehingga dapat mengurangi penggunaan air PDAM.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka dapat diambil rumusan masalah, yaitu:

1. Berapakah kebutuhan air untuk memenuhi keperluan pekerja di gedung perkantoran?
2. Berapakah besarnya intensitas curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan yang didapat dari Stasiun BMKG?
3. Berapakah besar kapasitas bak penampung yang diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan air baku?
4. Berapakah biaya yang dapat dihemat dengan memanfaatkan air hujan sebagai kebutuhan air baku di gedung perkantoran?

### **1.3. Batasan Masalah**

Ruang lingkup dalam pembahasan ini adalah :

1. Analisa luasan atap gedung perkantoran berdasarkan perencanaan.
2. Menentukan curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan didapat dari Stasiun BMKG untuk daerah Kecamatan Medan Belawan.
3. Wilayah yang ditinjau adalah gedung perkantoran di wilayah Kecamatan Medan Belawan dengan asumsi saja.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

1. Untuk memenuhi kebutuhan air pekerja di gedung perkantoran.
2. Untuk memperoleh data intensitas curah hujan rencana dari stasiun BMKG.
3. Untuk mengetahui perhitungan kapasitas bak penampung untuk memenuhi kebutuhan air baku di gedung perkantoran.
4. Untuk mengetahui penghematan biaya pemakaian air PDAM dengan menggunakan air hujan.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan tujuan penelitian, maka penelitian ini akan bermanfaat untuk:

1. Secara akademis sebagai ilmu pengetahuan dan proses belajar untuk bahan masukan serta pertimbangan dalam melakukan kajian ilmiah tentang pemanfaatan air hujan dengan sistem *Rainwater Harvesting*.
2. Secara teoritis meningkatkan pemahaman dalam menganalisa dan pembahasan data untuk mengetahui perbedaan atau perbandingan dari hasil yang dikaji secara umum.
3. Secara praktis dapat mengetahui cara pemanfaatan air hujan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Bangunan Sebagai Solusi Menghemat Pemakaian Air PDAM Pada Gedung Perkantoran di Kecamatan Medan Belawan” 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, Ruang lingkup penelitian, Tujuan 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 mengenai bangunan perkantoran di Kecamatan Medan Belawan.

### **3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas metode penelitian yang akan dilakukan mengenai langkah-langkah pengumpulan data-data sehingga dapat dijadikan dasar analisa 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 menjadi salah satu aspek yang paling menentukan dalam kelangsungan bumi beserta isinya. Air merupakan kandungan zat terbesar di bumi yaitu sekitar sepertiga dari kandungan bumi. Air mempunyai sifat dan bentuk yang berbeda-beda, tergantung dalam kondisi apa air itu berada. Dengan kondisi itulah maka secara umum air di bumi pada dasarnya jumlahnya tetap, yang berbeda adalah bentuknya. 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 <sup>3</sup> x 10 <sup>9</sup> )	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 sepenuhnya menjadi kebutuhan mutlak manusia serta makhluk hidup lainnya di bumi. Terutama bagi manusia, air berperan sangat vital bagi semua aspek kehidupan manusia, untuk konsumsi langsung, pertanian, perikanan transportasi, konstruksi, dan lain-lain. Dengan pesatnya tingkat pertumbuhan populasi manusia, maka kebutuhan akan air pun meningkat dan hanya merupakan masalah waktu hingga suatu saat di berbagai belahan bumi air akan menjadi sangat langka dan kebutuhan akan air tidak akan dapat terpenuhi lagi.

Permasalahan air di Indonesia, telah dalam kondisi yang memprihatinkan. Permasalahan air di Indonesia tidak hanya berkaitan dengan krisis air bersih semata tetapi krisis air secara umum. Di Indonesia muncul kecenderungan terjadinya ketidakseimbangan volume air yang sangat kontras antara musim hujan dan musim kemarau. Pada saat musim hujan, volume air sangat besar sehingga sering menyebabkan timbulnya banjir. Sebaliknya pada saat musim kemarau terjadi kekeringan akibat volume air yang sangat kecil. Hal ini diperburuk dengan adanya fakta bahwa tingkat resapan air tanah semakin kecil akibat perubahan fungsi lahan sebagai lahan permukiman karena air hujan yang jatuh tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah sehingga air hujan akan menjadi air limpasan.

Untuk mengatasi tersebut maka perlu dilakukan aktivitas konservasi air. Konservasi air merupakan upaya yang komprehensif untuk pengamanan, pelestarian air, sumber daya air, lingkungan ekosistem terkait serta upaya-upaya penghematan konsumsi. Konservasi air berdasarkan upaya yang diambil dalam penggunaan air secara efisien terdiri dari dua bagian:

- Konservasi sumber daya air-pengelolaan yang efisien, penyimpanan, alokasi dan penyaluran air baku.
- Konservasi pasokan air-distribusi dengan kehilangan air minimum dan penghematan air.

Untuk melakukan upaya-upaya konservasi air maka kebutuhan air siklus hidrologi sangat penting untuk diketahui.

## **2.2. Kebutuhan Air**

Air adalah sumber kehidupan, tanpa ada air maka kehidupan akan berakhir. Semua makhluk hidup memerlukan air agar dapat bertahan hidup dengan jumlah

dan kualitas air yang dibutuhkan oleh tiap makhluk hidup tersebut berbeda-beda. Pemenuhan kebutuhan air akan sangat penting sehingga segala cara dilakukan untuk mendapatkan air agar dapat bertahan hidup. Diperlukan bahwa beberapa puluh tahun kedepan peperangan yang terjadi adalah akibat dari perebutan sumber daya air.

Kebutuhan air yang utama bagi manusia adalah untuk minum agar tubuh selalu mendapatkan cairan untuk menjaga metabolisme tubuh. Selain untuk minum air juga diperlukan pada hampir seluruh kegiatan manusia terutama untuk kebersihan dan kesehatan. Pemakaian air secara tidak langsung juga dilakukan, misalnya untuk irigasi lahan pertanian bagi sumber makanan manusia dan pada proses produksi yang menghasilkan barang-barang pemenuh kebutuhan hidup manusia.

### **2.2.1. Pemakaian Air Untuk Beragam Keperluan**

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 (Metcalf dan Eddy 2004). 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.

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 <sup>2</sup>
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

### 2.2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemakaian 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 menjadi 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 kerja tiap hari. Perkiraan kadang-kadang dilakukan berdasarkan luas lantai kerja atau berdasarkan luas tanah.

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.

### **2.2.3. Perkiraan Pemakaian Air**

Dalam perhitungan perkiraan kebutuhan air, jumlah penduduk (populasi) merupakan faktor yang paling penting. Sudah jelas bahwa jumlah penduduk yang besar akan memakai air lebih banyak daripada jumlah penduduk yang kecil. Perhitungan perkiraan pemakaian air juga mempertimbangkan faktor-faktor lain

seperti luas daerah, industri dan perdagangan, karakteristik masyarakat, iklim, biaya, dan kualitas pasokan air.

Perhitungan kebutuhan air diperlukan untuk merencanakan sistem pasokan air. Perhitungan dilakukan untuk perencanaan pelayanan masa yang akan datang. Analisa kebutuhan masa depan suatu wilayah dimulai dengan memperhatikan kondisi masyarakat yang ada sekarang. Pemakaian sekarang dapat diperoleh berdasarkan data pencatatan pada stasiun pemompaan dan dengan melakukan survei. Dari data pencatatan dan survei ini kita dapat menentukan besar kebutuhan per kapita untuk perencanaan.

Setelah perhitungan kebutuhan rata-rata perkapita, maka kita harus menghitung jumlah penduduk pada masa yang akan datang sesuai dengan waktu rencana, untuk menentukan kebutuhan total. Aspek ekonomi dalam permasalahan ini adalah dalam mempertimbangkan jangka waktu proyeksi jumlah penduduk. Pernyataan mendasar yang harus dijawab adalah: apakah lebih murah untuk jangka waktu yang panjang untuk merencanakan dan membangun sistem untuk memenuhi kebutuhan yang diperkirakan pada suatu waktu dimasa yang akan datang atau dengan membangun sekarang untuk jangka waktu yang pendek dan merencanakan penambahan yang sesuai dengan kebutuhan yang berkembang di masa yang akan datang. Jawabannya seringkali merupakan suatu kompromi. Beberapa bagian dari sistem mungkin lebih ekonomis jika dibangun secara utuh dengan segera sesuai ukurannya, sementara bagian lain ditunda dulu untuk pengembangan selanjutnya.

Karena adanya ketidakpastian dalam perkiraan jumlah penduduk, suatu perkiraan yang dapat diperluas perlu disiapkan, dan rencana awal harus dikembangkan untuk dapat disesuaikan dengan berbagai kemungkinan. Rencana terbaik adalah menawarkan kemudahan untuk disesuaikan dengan perkembangan masa yang akan datang dan pada saat yang bersamaan tetap cocok dengan permasalahan yang tengah dihadapi.

Di Indonesia perhitungan kebutuhan air dilakukan berdasarkan metode yang terdapat dalam petunjuk teknis yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, termasuk didalamnya adalah tata cara survei pengkajian kebutuhan dan pelayanan air minum.

### **2.3. Hidrologi Umum**

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 teruntuk 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.

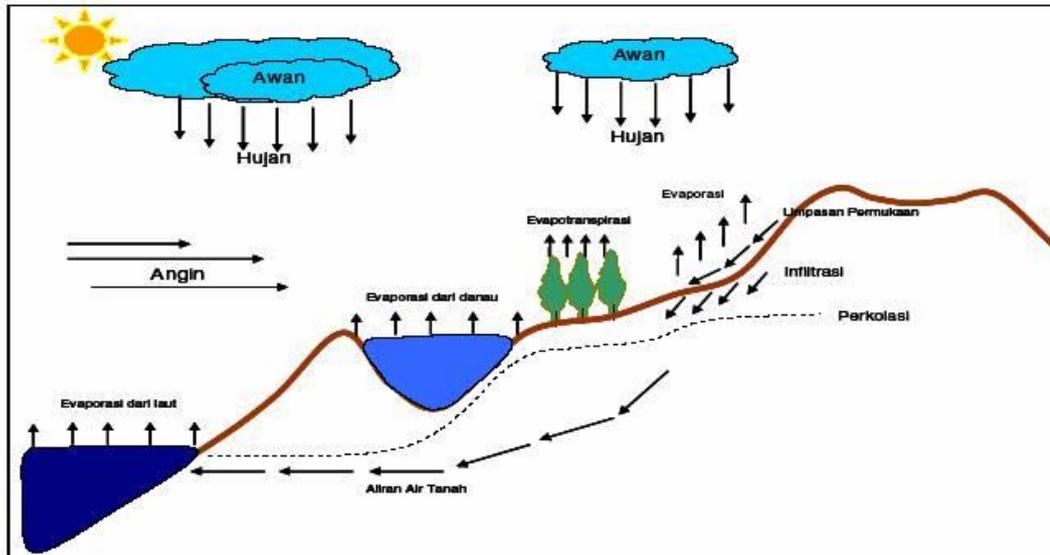
Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung yaitu melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun didalam tanah yang berakhir di laut.

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 tahu kapan 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:

- 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.
- Infiltrasi/perkolasi ke dalam tanah: Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-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.
- 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 (Soemarto, 1987).

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 diatas 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 kedalam tanah atau sering disebut dengan infiltrasi, dan bergerak terus kebawah. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian menguap (evaporasi dan transpirasi) dan membentuk uap air. Sebagian lagi mengalir masuk kedalam tanah (infiltrasi, perkolasi, kapiler). Air tanah adalah air yang bergerak didalam tanah yang terdapat didalam ruang-ruang antara butir-butir tanah dan didalam 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 (*base flow*). 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 (*surface runoff*), 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 ke tempat 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 (Presipitasi)**

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari alam yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmodjo, 1998).

Curah hujan merupakan ketinggian air yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) millimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar, tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Intensitas Hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan banjir, longsor, dan efek negatif terhadap tanaman.

#### **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 Curah Hujan**

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 uang 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 sebaran data 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<sub>i</sub> = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

#### 2. Koefisien Variasi (CV)

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara 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

$S$  = standar deviasi

$X$  = 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 (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi, perhitungan koefisien *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:

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

Dimana:

$C_k$  = koefisien kurtosis curah hujan

- n = jumlah data curah hujan
- X = nilai rata-rata dari data sampel
- X<sub>i</sub> = 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*

#### a. 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:

$$X_T = X + S \times K \quad (2.5)$$

Keterangan rumus:

$X_T$  = hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

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*

b. Distribusi *Log Pearson Type III*

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

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

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

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

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

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-Kolmogorof*

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 2.3.

Tabel 2.3: Nilai kritis untuk uji *Smirnov-Kolmogorof* (Suripin, 2004).

Ukuran Sampel (mm)	Level Of Significance $\alpha$ (%)			
	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 ataukah 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  $\mu^2$  cr dari tabel dengan menentukan taraf signifikan taraf signifikan ( $\alpha$ ) dan derajat kebebasan ( $v$ ).

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

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

$d^k$	$\alpha$ 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
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	24,955
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

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

$d^k$	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,05}$	$t_{0,025}$	$t_{0,01}$	$t_{0,005}$
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 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 hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan 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)

$R_{24}$  = curah hujan mungkin terjadi berdasarkan masa ulang tertentu  
(curah maksimum dalam 24 jam-mm)

## 2.7. Koefisien Pengaliran (C)

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 (m<sup>2</sup>)

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
Businees	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 Medan Belawan, digunakan koefisien pengaliran pada Tabel 2.5: Koefisien aliran (C) secara umum (Wesli, 2008) 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 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. Kecepatan 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> ( $n$ )
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

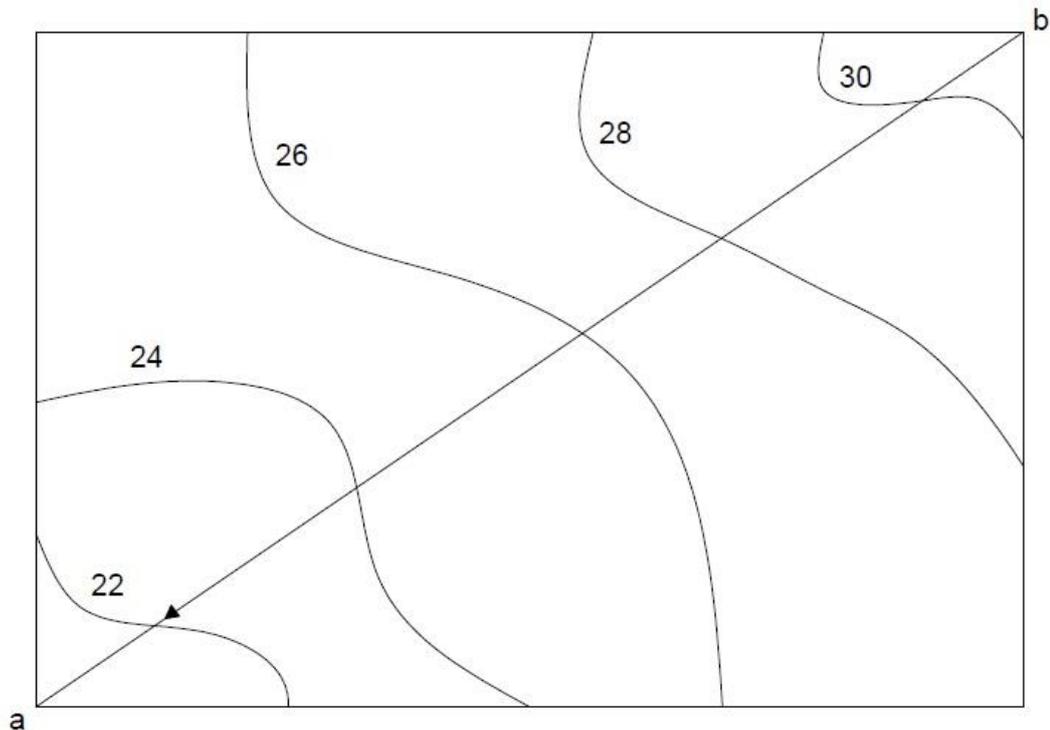
## 2.9. Waktu Konsentrasi

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 (Suyono, 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. Ketersediaan Air

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 es kutub. 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 debit hujan 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 *suplay* dengan *demand* menjadi seimbang.

## 2.12. Perhitungan Suplai 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 (m<sup>3</sup>)

R = curah hujan (mm/bulan)

A = luas daerah tangkapan (m<sup>2</sup>)

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 (m<sup>3</sup>/detik)

C = koefisien *run off* (Tabel 2.5)

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

A = luas atap sebagai bidang penangkap (ha)

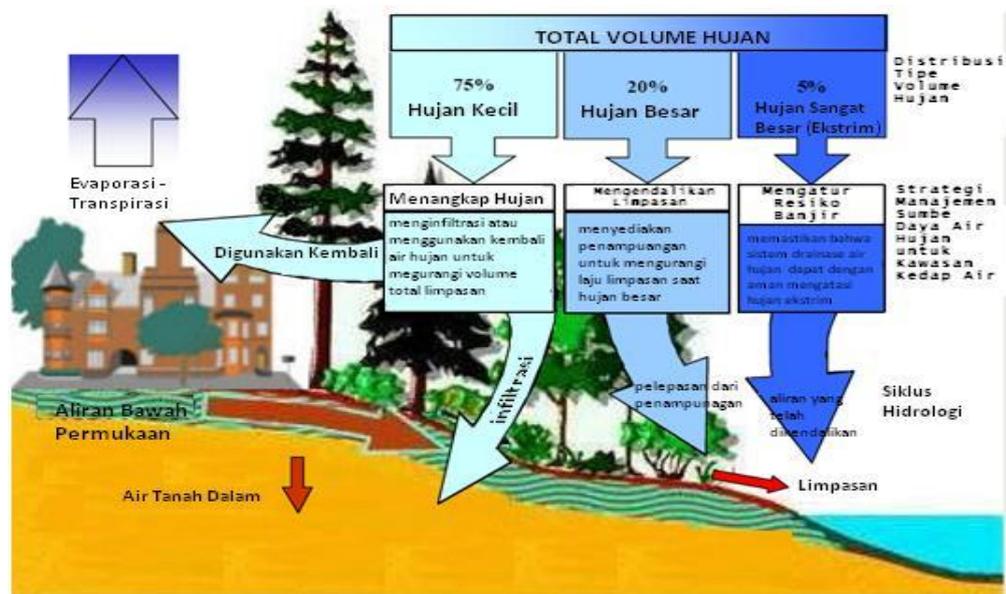
## 2.14. Spektrum Curah Hujan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian siklus hidrologi air hujan yang jatuh ke permukaan bumi (presipitasi) akan bergerak secara kontiniu melalui tiga cara yang berbeda. Setiap terjadinya hujan, intensitas yang terjadi tidak terlalu 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:

- Hujan kecil dengan intensitas sebesar 75% (0-20 mm)
- Hujan besar dengan intensitas sebesar 20% (21-51 mm)
- 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 hujan yang terjadi. Adapun penjelasan mengenai penggolongan spektrum hujan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Spektrum hujan dan strategi pemanfaatannya (*Stormwater planning: A Guide book for british columbia, 2002*).

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

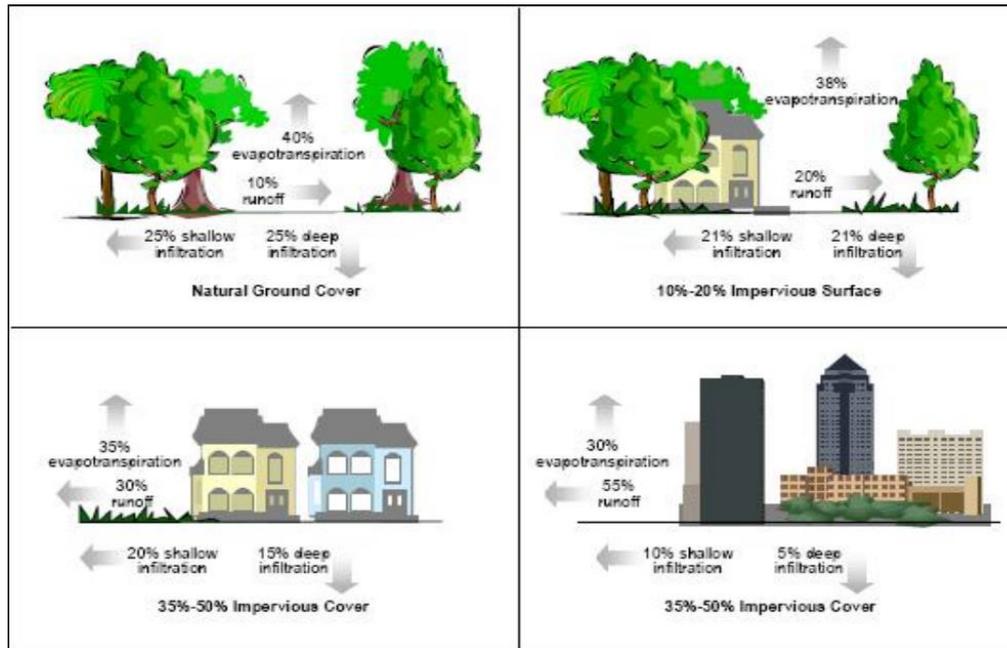
Untuk hujan besar dengan intensitas sebesar 20% (21-50 mm), hujan ini memiliki laju limpasan permukaan yang besar sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk pengisian sumber air tanah dalam sehingga harus dikendalikan laju

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 seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 2.1 yaitu hanya sekitar 0,70% dari total air dunia yang berupa air tawar 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 timbulah fenomena eksploitasi sumber daya air akibat modifikasi siklus hidrologi tanpa memperhatikan kelestariannya dan manajemen air yang buruk sehingga menyebabkan kondisi kelangkaan air. Hal ini diperarah dengan banyaknya perubahan fungsi lahan oleh manusia sehingga berakibat banyaknya terjadi perubahan dalam siklus hidrologi. Sebagian gambaran dapat dilihat dari Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Dampak perubahan fungsi lahan (EPA, 2005).

Dari gambar diatas dapat dilihat kondisi siklus hidrologi pada berbagai kondisi perubahan fungsi lahan. Pada kondisi pertama yang berupa kondisi lahan yang alami terjadi besar *runoff* air hanya sebesar 10% sedang sisanya terjadi evapotranspirasi sebesar 40% dan infiltrasi sebesar 50%. Namun pada kondisi-kondisi berikutnya terjadi perubahan fungsi lahan dimana terlihat terdapat kecenderungan membesarnya nilai *runoff* air hingga pada kondisi ekstrim pada kondisi keempat dimana nilai *runoff* mencapai 55% sedangkan air infiltrasi hanya sebesar 15%.

Pada kondisi ekstrim seperti gambar keempat, jika tidak dilakukan manajemen air yang tepat dan *runoff* langsung ke laut maka jumlah air yang dimanfaatkan hanya sebagian kecil dari jumlah air yang ada. Selain itu timbul dampak buruk akibat *runoff* yang terlalu besar, yaitu terjadinya genangan-genangan air yang juga berpotensi untuk menimbulkan banjir. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka muncul konsep manajemen air *Low Impact Development (LID)* dan *Best Management Practice (BMP)*.

## 2.15. Konservasi Air

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)*

Metode ini dilakukan dengan cara mengatur ulang tata guna lahan sehingga setiap lahan dapat dimanfaatkan untuk menahan, meresap dan menampung air hujan sehingga diharapkan fungsi hidrologinya akan mendekati kondisi awal sebelum pembangunan dan selalu terjaga.

Berdasarkan *Low Impact Development Design Strategies (An Integrated Design Approach)*, tujuan utama dari penerapan metode ini adalah untuk menata ulang fungsi hidrologi pada suatu daerah yang berskala kecil, sehingga keadaannya hampir sama dengan sebelum dilakukannya pembuangan pada daerah tersebut dengan teknik desain *site* yang dapat menyimpan, infiltrasi, evaporasi, dan menangkap limpasan (*runoff*). Fungsi dari teknik ini adalah membantu mengurangi air yang terbuang sebagai limpasan permukaan (*off-site runoff*) dan memastikan adanya penyerapan air pada tanah sebagai air tanah. Karena setiap aspek pembangunan pada lokasi pembangunan akan berpengaruh pada sistem hidrologi pada lokasi pembangunan tersebut. Berikut ini beberapa tujuan utama dan prinsip dari LID:

- Memperbaiki teknologi untuk proteksi lingkungan dalam menerima atau menyimpan air.
- Memberikan insentif ekonomi dengan pembangunan yang peka terhadap lingkungan.
- Mengembangkan perencanaan dan desain *site* yang potensial dan peka lingkungan.
- Mendorong pendidikan partisipasi publik dan usaha proteksi lingkungan.
- Mengurangi biaya konstruksi dan pemeliharaan infrastruktur untuk air hujan.

- Memperkenalkan konsep, teknologi dan tujuan untuk manajemen limpasan air hujan, misalnya dengan mikro manajemen dan multifungsi dari segi lansekap (*bioretention area, swales and conservation area*), menirukan fungsi hidrologi, menjaga integritas ekologi/biologi dalam menerima aliran air.

#### **2.15.1.1. Perubahan Hidrologi Pada Lokasi Pembangunan**

Pembangunan pada perkotaan akan membawa perubahan pada sistem hidrologi antara lain:

- Perubahan kondisi eksisting dari keseimbangan hidrologi.  
Perubahan ini akan merubah yang ditimbulkan antara lain: peningkatan volume limpasan permukaan, dan penurunan evapotranspirasi dan kecepatan penurunan penyerapan air tanah.
- Perubahan frekuensi distribusi aliran puncak  
Peningkatan laju limpasan hujan disebabkan perubahan topografi permukaan dan bertambahnya area yang dapat menyebabkan limpasan pada saat terjadinya hujan.
- Perubahan volume, frekuensi dan waktu aliran dasar.

Diakibatkan oleh luasnya permukaan yang kedap air, seperti trotoar, jalan raya, dll sehingga mengurangi infiltrasi dan filtrasi dan penyerapan air tanah.

Secara khusus perubahan-perubahan yang terjadi pada sistem hidrologi akibat adanya pembangunan adalah sebagai berikut:

- Peningkatan volume limpasan.
- Peningkatan lapisan/area kedap air.
- Peningkatan frekuensi aliran, waktu, kecepatan limpasan puncak.
- Mengurangi infiltrasi (penyerapan air tanah).
- Modifikasi dari pola aliran.
- Waktu puncak lebih cepat dikarenakan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) menjadi pendek pada saat melalui sistem drainase air hujan.
- Kehilangan lokasi untuk penyimpanan air.

Prinsip yang dilakukan dalam LID dalam penataan ulang lahan:

- Mengintegrasikan manajemen limpasan hujan lebih awal saat perencanaan suatu kawasan.
- Menggunakan fungsi alami hidrologi sebagai kerangka kerja yang terintegrasi.
- Fokus pada pencegahan dari pada penanggulangan.
- Menekankan pada kesederhanaan, non struktural, tradisional, dan metode berbiaya rendah.
- Mengatur sedekat mungkin dengan sumber.
- Mendistribusikan aplikasi dalam skala kecil ke seluruh lahan.
- Bergantung pada bentuk dan proses alami.
- Menciptakan kawasan yang multifungsi.

#### **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:

- **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.
- **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.
- **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)*).

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 kedalam 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

- Meningkatkan nilai properti
- Mengurangi konsumsi energi pendingin dan pemanas.
- Mengurangi biaya untuk keperluan limpasan hujan.

- Mengurangi pajak bangunan.
  - Menciptakan lapangan kerja untuk *supplier*, pabrik, pakar keteknikian, kontraktor, *landscaper*, dan banyak lagi.
  - Mengurangi biaya pemeliharaan infrastruktur.
  - Pada beberapa kasus, LID dapat meningkatkan jumlah unit yang dapat dibangun pada suatu kawasan.
  - Daur hidup berjangka menengah atau panjang.
- b. Aspek Lingkungan
- Mengurangi konsumsi energi yang menurunkan tingkat polusi.
  - Mengurangi temperatur udara pada area padat perkotaan.
  - Mengurangi aliran limpasan dan tergenang dari air hujan 50-95%.
  - Menyediakan kawasan hijau dan daerah teduh.
  - Melindungi ekosistem sungai, badan air dan suplai air minum.
  - Meningkatkan persediaan air tanah.
  - Mengurangi erosi sungai.
- c. Aspek Sosial
- Membangun kepekaan masyarakat terhadap lingkungan.
  - Mengubah pemandangan industri dan komersial menjadi arsitektural.
  - Mengintegrasikan bangunan ke dalam lingkungan yang alami dengan estetika.
  - Menciptakan tempat beristirahat yang ideal untuk mengurangi stress dengan menikmati pemandangan.
  - Meningkatkan kepedulian masyarakat.
  - Melindungi kesehatan masyarakat.

## **2.16. Panen Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)**

Panen air hujan adalah metode kuno yang dipopulerkan kembali dengan menampung air hujan untuk kemudian dapat dimanfaatkan kembali. Pertimbangan untuk menggunakan air hujan adalah air hujan memiliki pH yang mendekati netral dan relatif bebas dari bahan pencemar.

Bukti arkeologi mengungkapkan konsep penampungan air hujan kemungkinan telah ada sejak 6000 tahun lalu di China. Reruntuhan bangunan penampung air yang dibangun sejak 2000 SM untuk menyimpan limpasan air dari lereng bukit guna keperluan agrikultur dan kegiatan rumah tangga, masih berdiri di Israel.

Keuntungan-keuntungan dari panen air hujan adalah sebagai berikut:

- a. Air merupakan benda bebas; satu-satunya biaya adalah hanya untuk pengumpulan dan penggunaan.
- b. Tidak dibutuhkan sistem distribusi yang rumit dan mahal.
- c. Air hujan dapat menjadi sumber air alternatif ketika air tanah tidak tersedia atau tidak dapat digunakan.
- d. Panen air hujan mengurangi arus ke aliran limpasan permukaan dan juga mengurangi sumber polusi.
- e. Panen air hujan mengurangi permintaan kebutuhan air puncak musim kemarau.
- f. Panen air hujan mengurangi biaya PDAM.

### **2.16.1. Komponen Panen Air Hujan**

Panen air hujan merupakan proses penangkapan, diversi, dan penyimpanan air hujan untuk beragam tujuan, irigasi, sumber air minum, kebutuhan rumah tangga, dan pengisian kembali akifer.

Pada aplikasi dengan skala kecil, panen air hujan dapat dibuat sederhana dengan menyalurkan aliran air hujan dari atap yang tidak menggunakan talang langsung menuju sebuah daerah lansekap dengan memanfaatkan kontur pada daerah lansekap tersebut. Sistem yang lebih kompleks meliputi talang, saluran pengelontor air hujan pertama (*first flush diverters*), pipa, penampungan, penyaringan, pompa dan unit pengolahan air.

Komponen dasar dari sistem ini tergantung dengan kerumitan dari sistem tersebut. Namun secara umum, sistem panen air hujan domestik memiliki enam komponen dasar, yaitu:

1. Permukaan daerah tangkapan air hujan

Atap bangunan merupakan pilihan sebagai area penangkapan hujan. Jumlah air yang dapat ditampung dari sebuah atap tergantung dari material atap tersebut, dimana semakin baik jika permukaan semakin halus.

2. Talang dan pipa *downspout*: menangkap dan menyalurkan air hujan yang melimpas dari atap menuju penampungan. Material biasanya digunakan pada unit ini adalah PVC, *vynil*, dan *galvanized steel*.
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 kedalam 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. Bak/unit penampungan  
Bagian ini merupakan bagian termahal dalam sistem panen air hujan. Ukuran dari unit penampungan ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain: persediaan air hujan, permintaan kebutuhan air, lama musim kemarau, penampungan area penangkapan, dan dana yang tersedia.
5. Pemurnian dan penyaringan air  
Komponen ini hanya dipakai pada sistem panen air hujan sebagai air minum. Sedangkan contoh komponen lengkap sebuah pemanen air hujan pada sebuah bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Komponen bagian-bagian pemanen air hujan  
([www.watercache.com](http://www.watercache.com)).

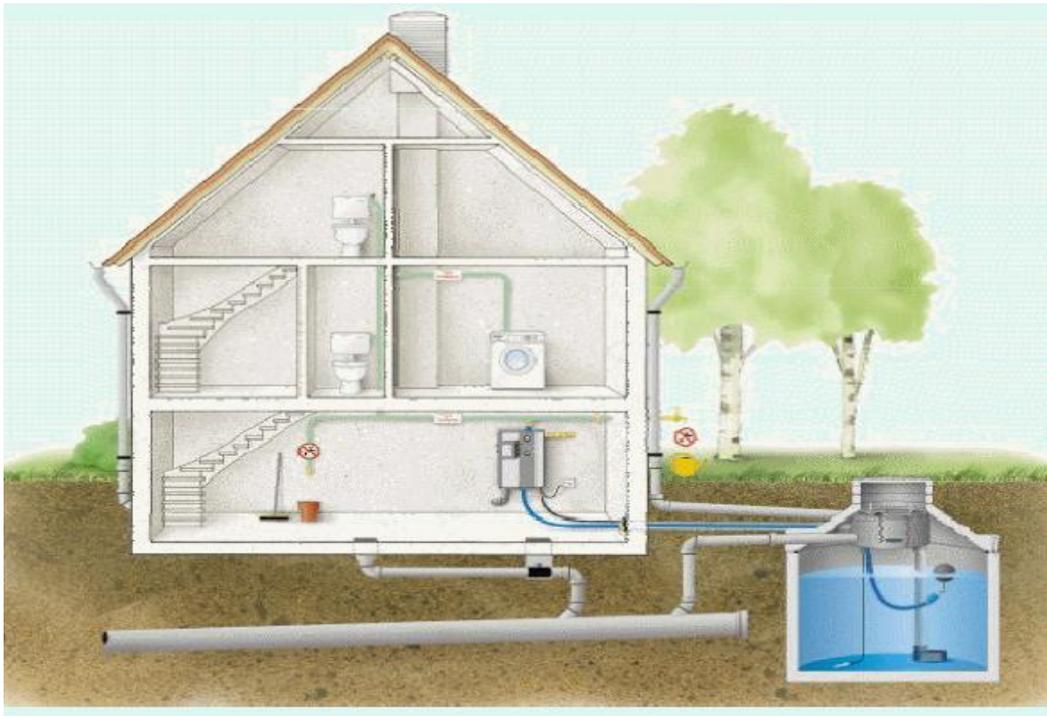
Penjelasan dari notasi gambar:

1. Bidang pengumpul air hujan
2. Talang pembawa air
3. Talang dengan saringan daun
4. Inlet air hujan
5. Pencegah sedimen atau puing, alat penggelontor
6. Inlet tangki
7. Tangki penampung air
8. Pipa *overflow* pada tangki
9. Katup penutup otomatis
10. Pompa air

11. Saringan air

12. Indikator ketinggian air

Setelah menginstal sistem jaringan pipa penghubung dari talang ke tangki penampungan, pipa tersebut dapat dihubungkan dengan jaringan pipa didalam bangunan yang menghubungkan dengan jaringan pipa air bersih seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Sistem plumbing pemanfaatan air hujan pada perumahan (Maryono, 2007).

Dalam menentukan letak tangki air sebaiknya direncanakan dengan sebaik mungkin. Tangki air yang efektif harus berada lebih tinggi dari tempat yang akan dialiri sehingga dalam hal ini tidak diperlukan pompa tetapi menggunakan gravitasi air itu sendiri. Bila tidak memungkinkan bisa juga dengan meletakkan tangki dibawah tanah dengan penggunaan pompa untuk menaikkan air ke tempat yang memerlukan air.

### 2.16.2. Pemilihan Jenis Tangki

Dalam kaitan dengan penyediaan air hujan maka diperlukan sebuah bak penampungan air (*reservoir*) yang tepat dan dapat digunakan secara maksimal. Ada beberapa jenis tangki air dan bahan yang umum digunakan yaitu:

1. Tangki air plastik
2. Tangki air bahan logam
3. Tangki air beton
4. Tangki air *fiberglass*

Dalam memilih tangki juga perlu diperhatikan ukuran isi tangki apakah sesuai dengan kebutuhan tempat menaruh tangki apakah diatas permukaan tanah maupun dibawah tanah. Biaya perawatan dan juga daya tahan. Berikut beberapa contoh beberapa jenis tangki yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, 2.8, dan 2.9.



Gambar 2.7: Tangki air hujan berbahan plastik (Maryono, 2007).



Gambar 2.8: Tangki air hujan bahan logam (Maryono, 2007).



Gambar 2.9: Tangki air hujan bahan beton (Maryono, 2007).

Adapun beberapa jenis tangki sebagai PAH dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Jenis ukuran tangki (Maryono, 2007).

No	Bahan	Ukuran (m <sup>3</sup> )	Keterangan
1	Beton	di atas 37.85	Kuat, tahan lama, beresiko mengalami retak, letak permanen, dapat berpengaruh pada bau dan rasa
2	Fiberglass	1.89-75.70	Dapat bertahan selama puluhan tahun, mudah diperbaiki
3	Besi las	113.5-3785	Kokoh, dapat berpindah, mampu menampung dalam jumlah yang cukup besar
4	Metal	0.57-9.46	Ringan dan mudah berpindah
5	Kayu	2.65-189.25	Baik dalam segi estetika biasanya digunakan pada perumahan

Selain dari jenis tangki pada Tabel 2.9 juga ada konstruksi tangki PAH dari pasangan batu bata. Jenis tangki ini terhitung lebih murah daripada tangki beton dan pengerjaan konstruksinya sederhana.

### **2.16.3. Persyaratan Bahan Pembuatan PAH**

Pembuatan penampung air hujan (PAH) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya, 2009).

1. PAH harus dilaksanakan oleh orang yang berpengalaman.
2. Lokasi tempat PAH dipilih pada daerah-daerah kritis.
3. Pelaksanaan konstruksi PAH harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. PAH dipasang di lokasi atau daerah rawan air minum.
5. Penempatan PAH harus dapat menampung air hujan atau pada kondisi tertentu dapat menampung air minum dari PDAM yang didistribusikan melalui mobil tangki air.
6. Adanya partisipasi masyarakat setempat dalam pelaksanaan pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan PAH.
7. PAH dapat digunakan secara individual maupun kelompok masyarakat.
8. Air hujan jatuh pertama setelah musim kemarau tidak boleh ditampung.
9. PAH harus kedap air.

Kapasitas bak penampung ditentukan berdasarkan berikut ini:

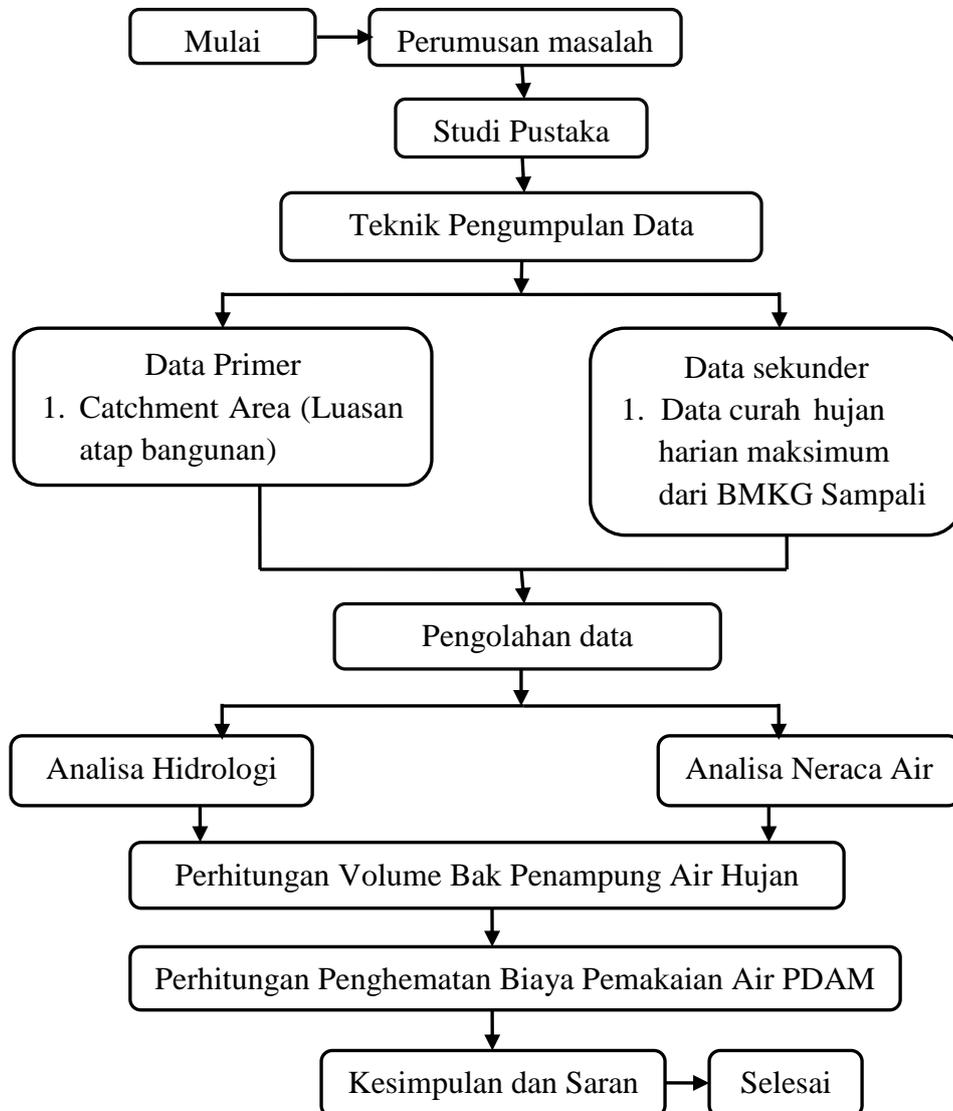
1. Luas bidang penangkap air (minimal sama dengan luas satu atap rumah)
2. Kebutuhan pokok pemakaian air.
3. Jumlah air kemarau.
4. Jumlah penduduk terlayani.

## BAB 3

### METODOLOGI 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 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

### **3.2. Lokasi Wilayah Studi**

Dalam penelitian pada tugas akhir ini, lokasi wilayah studi diperlukan untuk mengumpulkan sejumlah informasi mengenai daerah serta lingkungan tempat atau lokasi penelitian. Untuk itu dilakukan pengambilan data baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengambilan data langsung maksudnya adalah peninjauan dan pencatatan atau pengukuran langsung dilapangan. Dan yang dimaksud dengan pengambilan data tidak langsung ialah pengambilan data kepada instansi atau pejabat yang berkaitan dengan pengadaan data-data guna membantu memenuhi dan melengkapi data.

#### **3.2.1. Kondisi Umum Lokasi Studi**

Adapun lokasi studi pada tugas akhir ini diambil pada kawasan Kecamatan Medan Belawan dikarenakan di wilayah ini terjadi musim kemarau berkepanjangan dan air PDAM yang keruh dan kuning sehingga perlu adanya pemanfaatan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan menghemat pemakaian air PDAM di wilayah Kecamatan Medan Belawan. Untuk menentukan optimasi dari penggunaan sistem *Rainwater harvesting* maka harus diketahui kapasitas air hujan yang tertampung dari atap gedung perkantoran sebagai daerah tangkapan air hujan dimana dibutuhkan data curah hujan di daerah tersebut. Data mengenai curah hujan harian maksimum wilayah Kecamatan Medan Belawan didapat melalui Stasiun BMKG Sampali.

### **3.3. Data Primer**

*Catchment Area* untuk peninjauan jumlah air yang jatuh ke dalam bak penampung adalah atap bangunan dari pemodelan dengan menggunakan software Autocad 2012 dan Sketchup 2015 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: *Catchmen area* gedung perkantoran.

### 3.4. Data Sekunder

Data curah hujan yang tersedia di gedung perkantoran Kecamatan Medan Belawan merupakan data curah hujan harian (lampiran 1). Dari data tersebut dapat diolah menjadi data curah hujan bulanan yang terdiri dari dua metode perhitungan yaitu metode rata-rata (*average*) dan metode nilai tengah (*median*). Metode rata-rata merupakan metode perhitungan curah hujan dengan menjumlahkan seluruh data curah hujan selama sebulan dibagi dengan jumlah hari dalam sebulan. Metode nilai tengah adalah metode perhitungan yang mengurutkan besarnya nilai curah hujan dari data terkecil hingga data curah hujan yang terbesar dan kemudian diambil nilai yang di tengah-tengah urutan tersebut. Adapun data curah hujan di gedung perkantoran berupa data curah hujan bulanan dengan metode rata-rata dan hanya terdiri dari data mulai tahun 2007 hingga 2016 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) stasiun Medan Sampali.

Berikut data curah hujan maksimum harian (mm) Kecamatan Medan Belawan seperti yang terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Data curah hujan harian maksimum (Stasiun BMKG Sampali).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2007	50	51	31	35	0	40	58	63	100	98	103	79
2008	17	9	95	22	38	0	115	137	94	95	109	190
2009	74	34	0	30	68	48	72	92	87	57	96	36
2010	42	18	21	43	23	62	71	51	39	53	59	101
2011	36	2	54	46	28	62	39	49	46	45	50	0
2012	45	59	0	0	0	17	0	40	0	37	51	43
2013	50	54	7	114	44	0	76	67	56	65	54	64
2014	21	59	7	92	63	49	38	85	100	39	31	81
2015	58	0	2	11	81	75	32	77	69	63	57	43
2016	58	64	48	1	34	41	85	27	59	109	22	16

### 3.5. 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 Kota Medan, yaitu: Stasiun BMKG Sampali.

#### 3.5.1. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa perioda 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*.

### **3.5.2. Intensitas Hujan**

Intensitas 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.

### **3.6. Perhitungan Volume Bak Penampung**

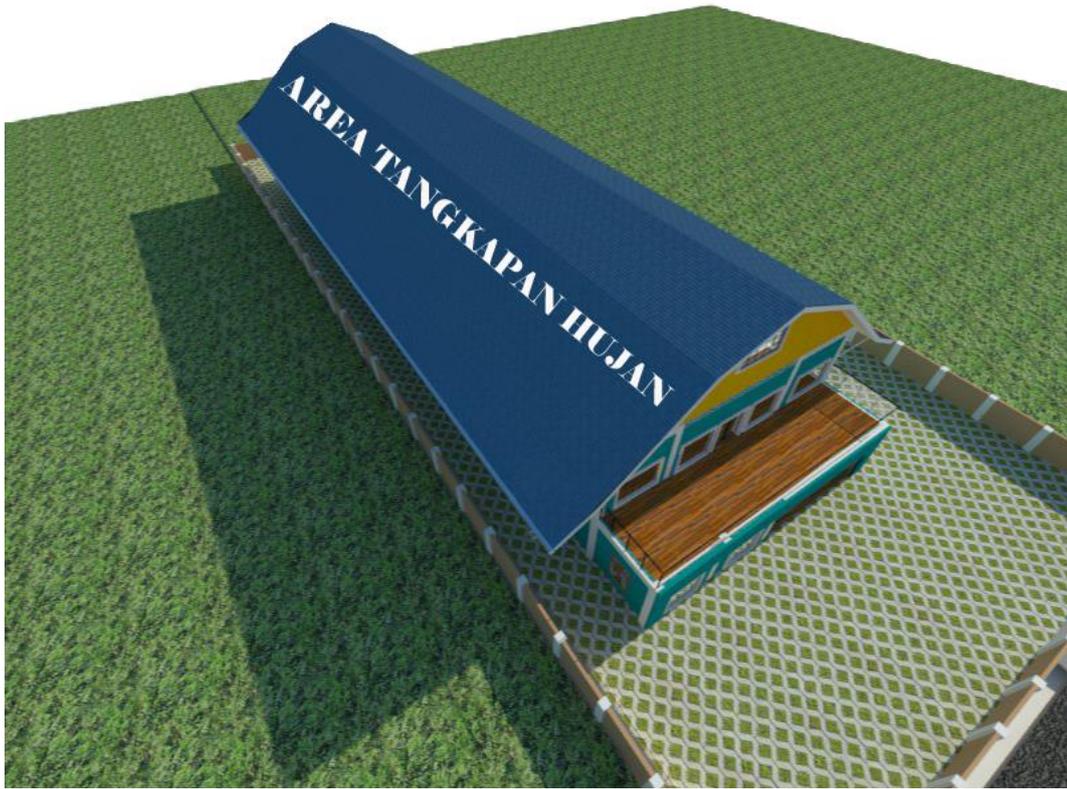
Untuk menentukan volume bak penampung air, maka perlu diketahui volume air terpanen dan volume air yang dibutuhkan. Jadi dalam menentukan volume bak penampung, maka data dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu data ketersediaan air yang berupa data volume air hujan tertampung dan data kebutuhan air yang berupa data volume air hujan tertampung dan data kebutuhan air yang berupa data kebutuhan air di gedung perkantoran Kecamatan Medan Belawan.

#### **3.6.1. Ketersediaan Air**

Ketersediaan air yang dimaksud adalah air hujan yang dapat terkumpul di atap gedung perkantoran. Banyaknya air yang dapat terkumpul dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terjadi di Kecamatan Medan Belawan, luasan daerah tangkapan dalam hal ini adalah atap gedung perkantoran.

##### **3.6.1.2. Area Tangkapan Hujan**

Area tangkapan hujan merupakan jejak kaki (*footprint*) dari atap, dalam hal ini atap gedung perkantoran. Dengan kata lain, daerah tangkapan hujan efektif adalah luasan yang diliputi oleh saluran pengumpul. Jadi, jika talang hanya berada pada salah satu sisi atap, maka luasan yang diperhitungkan hanya luasan atap yang terdapat pada talang. Area tangkapan hujan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Area tangkapan air hujan.

Keterangan luasan area tangkapan air yang berupa atap gedung perkantoran dijelaskan di bawah ini:

1. Jenis gedung : Gedung perkantoran swasta
2. Luas atap : 1435 m<sup>2</sup>
3. Jenis Material : Genteng

## 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 BMKG Sampali Deli Serdang.

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2007	103
2008	190
2009	96
2010	101
2011	62
2012	59
2013	114
2014	100
2015	81
2016	109
N = 10 Tahun	Total = 1015

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.

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

Tahun	Xi	X	Xi-X	(Xi - X) <sup>2</sup>	(Xi - X) <sup>3</sup>	(Xi - X) <sup>4</sup>
2007	103	101,5	1,5	2,25	3,375	5,0625
2008	190	101,5	88,5	7832,25	693154,1	61344140
2009	96	101,5	-5,5	30,25	-166,375	915,0625
2010	101	101,5	-0,5	0,25	-0,125	0,0625
2011	62	101,5	-39,5	1560,25	-61629,9	2434380
2012	59	101,5	-42,5	1806,25	-76765,6	3262539
2013	114	101,5	12,5	156,25	1953,125	24414,06
2014	100	101,5	-1,5	2,25	-3,375	5,0625
2015	81	101,5	-20,5	420,25	-8615,13	176610,1
2016	109	101,5	7,5	56,25	421,875	3164,063
Σ = 10 Tahun	1015			11866,5	548352	67246173

Parameter Statistik:

Curah hujan rata-rata (X):

$$X = \frac{\sum Xi}{N} = \frac{1015}{10} = 101,5$$

Standart deviasi (Sd) berdasarkan Pers. 2.1:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi-X)^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{11866,5}{9}} = 36,3111$$

Koefisien variasi (Cv) berdasarkan Pers. 2.2.

$$Cv = \frac{S}{x} = \frac{36,3111}{101,5} = 0,3577$$

Koefisien skewness (Cs) berdasarkan Pers. 2.3.

$$Cs = \frac{N \cdot \sum(Xi-X)^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot Sd^3} = \frac{10 \cdot (548352)}{(9) \cdot (8) \cdot (36,3111)^3} = 1,5908$$

Pengukuran kurtosis (Ck) berdasarkan Pers. 2.4.

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Xi-X)^4}{Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} \cdot (67246173)}{36,3111^4} = 3,8682$$

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	Xi	Yi = Log Xi	Log Yi - Log Y	(Log Yi - Log Y) <sup>2</sup>	(Log Yi - Log Y) <sup>3</sup>	(Log Yi - Log Y) <sup>4</sup>
2007	103	2,0128372	0,00617	0,21522	0,27744	0,29596
2008	190	2,2787536	0,06006	0,26911	0,33133	0,34985
2009	96	1,9822712	-0,0005	0,20858	0,2708	0,28932
2010	101	2,0043214	0,00433	0,21338	0,2756	0,29412
2011	62	1,7923917	-0,0442	0,16485	0,22707	0,24559
2012	59	1,770852	-0,0495	0,1596	0,22182	0,24033
2013	114	2,0569049	0,01558	0,22463	0,28685	0,30537
2014	100	2	0,0034	0,21244	0,27466	0,29318
2015	81	1,908485	-0,0169	0,1921	0,25432	0,27284

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Tahun	$X_i$	$Y_i = \text{Log } X_i$	$\text{Log } Y_i - \text{Log } Y$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^2$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^3$	$(\text{Log } Y_i - \text{Log } Y)^4$
2016	109	2,0374265	0,01145	0,2205	0,28272	0,30123
$\Sigma = 10$ Tahun	1015	19,844244		2,080403	2,702603	2,887791

### Parameter Statistik

Standart deviasi (Sd) berdasarkan Pers. 2.1.

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma(Y_i - Y)^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{2,080403}{9}} = 0,4808$$

Koefisien variasi (Cv) berdasarkan Pers. 2.2.

$$Cv = \frac{S}{x} = \frac{0,4808}{101,5} = 0,00474$$

Koefisien skewness (Cs) berdasarkan Pers. 2.3.

$$Cs = \frac{N \cdot \Sigma(X_i - X)^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot Sd^3} = \frac{10 \cdot (2,702603)}{(9) \cdot (8) \cdot (0,4808)^3} = 3,3772$$

Pengukuran kurtosis (Ck) berdasarkan Pers. 2.4.

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \Sigma_{i=1}^n (X_i - X)^4}{Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} \cdot (2,887791)}{0,4808^4} = 5,4039$$

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

Tabel 4.4: Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Sampali.

No.	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Parameter Statistik	Parameter Hasil Logaritma
1	Sd	36,3111	0,4808
2	Cv	0,3577	0,00474
3	Cs	1,5908	3,3772
4	Ck	3,8682	5,4039

### 4.3. Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam parameter pemilihan distribusi curah hujan tercantum dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Parameter pemilihan distribusi curah hujan.

Jenis sebaran	Criteria	Hasil	Keterangan
Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$	$Cs = 1,5908$ $Ck = 3,8682$	
<i>Log Normal</i>	$Cs = 3$ $Cv + Cv^3 = 0,2773$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3,7676$	$Cs = 3,3772$ $Ck = 5,4039$	
<i>Gumbel</i>	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	$Cs = 1,5908$ $Ck = 3,8682$	
<i>Log Pearson Tipe III</i>	$Cs \neq 0$	$Cs = 3,3772$	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	$X_i$	$M$	$(X_i)$	$P(X_m)$	$P(X_m)$
2007	103	1	190	9,090	11,111
2008	190	2	114	18,181	22,222
2009	96	3	109	27,272	33,333
2010	101	4	103	36,363	44,444
2011	62	5	101	45,454	55,555
2012	59	6	100	54,545	66,666
2013	114	7	96	63,636	77,777
2014	100	8	81	72,727	88,888
2015	81	9	62	81,818	99,999
2016	109	10	59	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	$X_i$	Log $X_i$	$P(X_m)$	Log $X_i$	$P(X_m <)$	Sd	$P(X_m)$	$P(X_m <)$	D
1	190	2,279	0,090	0,2976	0,090	0,4808	0,111	0,888	0,020
2	114	2,054	0,181	0,2976	1,181	0,4808	0,222	1,777	0,040
3	109	2,037	0,272	0,2976	2,272	0,4808	0,333	2,666	0,060
4	103	2,013	0,363	0,2976	3,363	0,4808	0,444	3,555	0,080
5	101	2,004	0,454	0,2976	4,454	0,4808	0,555	4,444	0,101
6	100	2	0,545	0,2976	5,545	0,4808	0,666	5,333	0,121
7	96	1,982	0,636	0,2976	6,636	0,4808	0,777	6,222	0,141
8	81	1,908	0,727	0,2976	7,727	0,4808	0,888	7,111	0,161
9	62	1,792	0,818	0,2976	8,818	0,4808	0,999	8,000	0,181
10	59	1,770	0,909	0,2976	9,090	0,4808	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	$X_i$	$\log X_i$	$\log X_i - \log X_{rt}$	$(\log X_i - \log X_{rt})^2$	$(\log X_i - \log X_{rt})^3$
1	2007	103	2,013	-1,70262	-3,72206	-7,774
2	2008	190	2,279	-1,64872	-3,66816	-7,7201
3	2009	96	1,982	-1,70936	-3,7288	-7,78074
4	2010	101	2,004	-1,70457	-3,72401	-7,77595
5	2011	62	1,792	-1,75313	-3,77257	-7,82451
6	2012	59	1,770	-1,75849	-3,77793	-7,82987
7	2013	114	2,056	-1,69344	-3,71288	-7,76482
8	2014	100	2	-1,70544	-3,72488	-7,77681
9	2015	81	1,908	-1,72589	-3,74533	-7,79727
10	2016	109	2,037	-1,69748	-3,71691	-7,76885
Jumlah		1015	19,841	-17,0991	-37,2935	-77,8129
Rata-rata		1015	1,9841	-62,17389		

Rumus *Log Pearson Type III*:

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

$$X_t = 10^{\log X_t}$$

Dimana:

$X_t$  = 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).

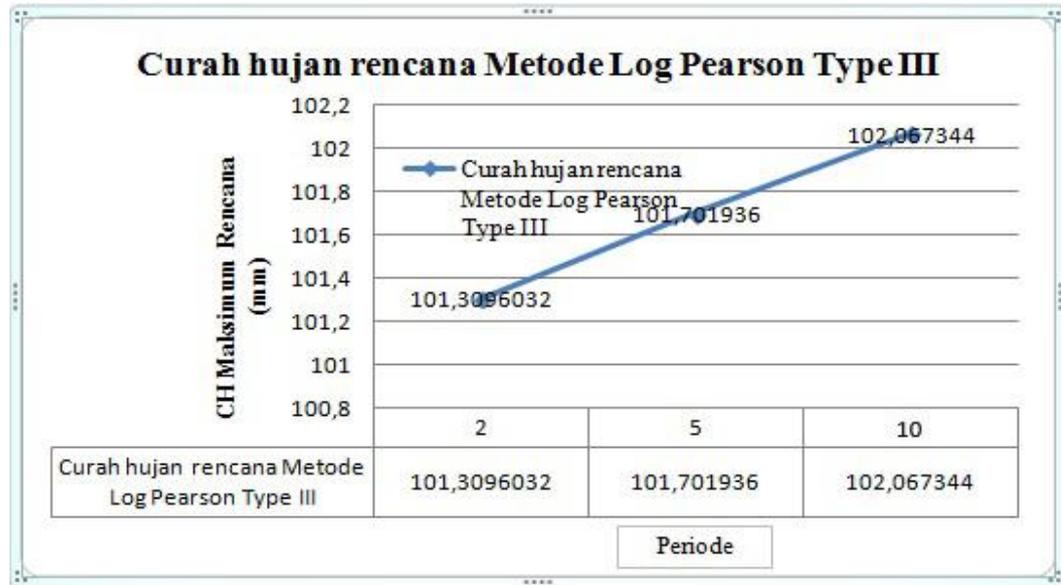
Koef. G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-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	2,192	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

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

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	19,841	0,4808	3,3772	-0,396	2,006	101,3096
2	5	19,841	0,4808	3,3772	0,420	2,007	101,7019
3	10	19,841	0,4808	3,3772	1,180	2,008	102,0673

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.

$R_{24}$  = 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:

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

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

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

$$I = \frac{101,3096}{24} \times \left[ \frac{24}{0,10} \right]^{2/3}$$

$$I = 163,022 \text{ mm/jam}$$

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	101,3096	0,95	0,10	163,022
2	5	101,7019	0,95	0,10	163,654
3	10	102,0673	0,95	0,10	162,632

#### 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 (m<sup>3</sup>/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:

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

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 163,022 \cdot 0,001435$$

$$Q = 0,000618 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,618 \text{ liter/detik}$$

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

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

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 163,654 \cdot 0,001435$$

$$Q = 0,000620 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,62 \text{ liter/detik}$$

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

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

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 162,632 \cdot 0,001435$$

$$Q = 0,000616 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,616 \text{ liter/detik}$$

Perhitungan dimensi talang air (Pipa pengumpul):

- Digunakan lebar dasar saluran talang trapesium sebesar 0,20 m  
Luas penampang talang (A) = (B + mh) · H

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

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

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

$$\text{Jari-jari hidraulis, (R)} = \frac{A}{P} = \frac{0,08}{0,77} = 0,1039 \text{ m}$$

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

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

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

$$0,007725 = \frac{1}{0,025} \cdot 0,1039^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan saluran, (S)} \quad S^{\frac{1}{2}} &= 0,00088 \text{ m/detik} \\ S &= 0,00088^2 \\ S &= 0,00000077 \end{aligned}$$

#### 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 : Perkantoran swasta (Asumsi)
2. Lokasi : Kecamatan Medan Belawan
3. Luas area : 2292 m<sup>2</sup>
4. Jumlah pegawai : 60 orang (Asumsi)
5. Luasan atap : 1435 m<sup>2</sup>

Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan air baku untuk gedung perkantoran:

Kebutuhan air rata-rata : 50 liter/pegawai/hari

Kebutuhan air baku per hari : Jumlah penduduk x kebutuhan air rata-rata  
: 60 x 50 liter/hari  
: 3000 liter/hari  
: 3,00 m<sup>3</sup>/hari

Kebutuhan air baku perbulan : Kebutuhan air baku perhari x jumlah hari  
: 3,00 m<sup>3</sup>/hari x 27  
: 81 m<sup>3</sup>/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 sampali yang jaraknya sekitar 27 Km dari wilayah Kecamatan Medan Belawan. Data hujan yang digunakan adalah data dari tahun 2007-2016 (10 tahun).

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

Tabel 4.12: Curah hujan tahunan Stasiun BMKG Sampali.

No.	Tahun	Curah hujan (mm/tahun)
1	2007	708
2	2008	921
3	2009	694
4	2010	583
5	2011	457
6	2012	292
7	2013	651
8	2014	665
9	2015	568
10	2016	564

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 Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Probabilitas hujan andalan.

No.	Tahun	Curah hujan (mm/tahun)	No.	Urutan Curah hujan (mm/tahun)	Andalan (%)	Tahun
1	2007	708	1	921	9,090	2008
2	2008	921	2	708	18,181	2007
3	2009	694	3	694	27,272	2009
4	2010	583	4	665	36,363	2014
5	2011	457	5	651	45,454	2013
6	2012	292	6	583	54,545	2010
7	2013	651	7	568	63,636	2015
8	2014	665	8	564	72,727	2016
9	2015	568	9	457	81,818	2011
10	2016	564	10	292	90,909	2012

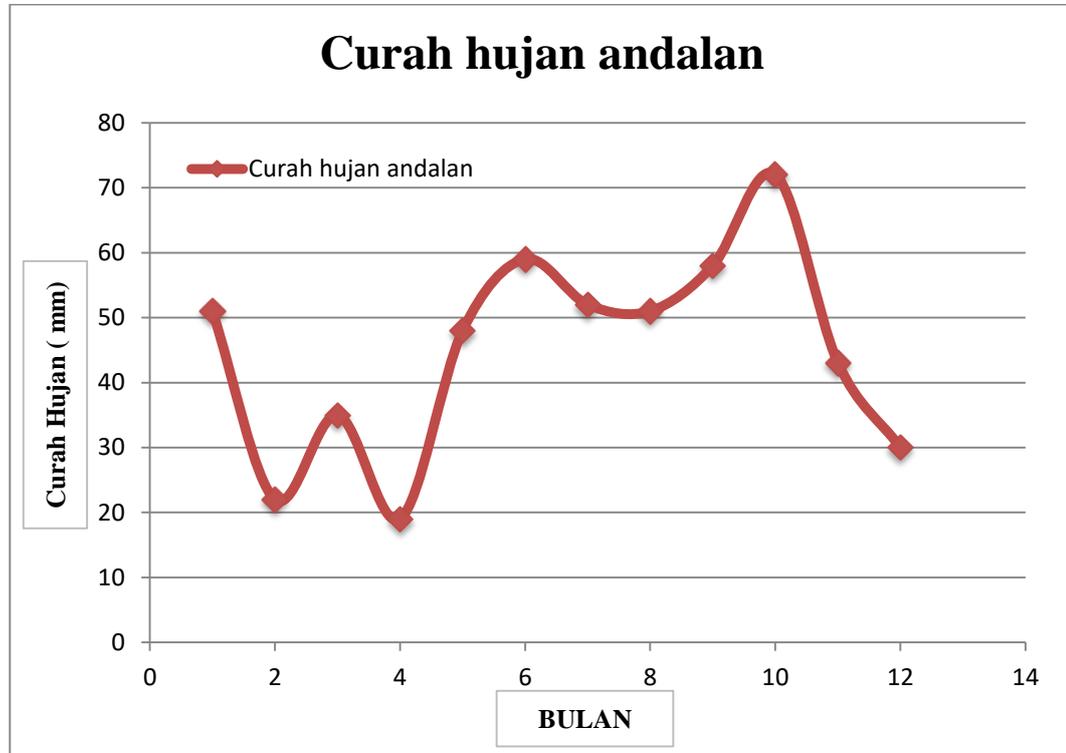
Dari Tabel 4.13 diatas didapat peluang hujan yang mendekati andalan 80% yaitu data curah hujan tahun 2015, 2016, dan 2011 dengan curah hujan masing-masing 568, 564, dan 457 mm/tahun.

Tabel 4.14: Curah hujan andalan.

Tahun	Bulan												total
	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	agu	sep	okt	nov	des	
2015	58	0	2	11	81	75	32	77	69	63	57	43	568
2016	58	64	48	1	34	41	85	27	59	109	22	16	564
2011	36	2	54	46	28	62	39	49	46	45	50	0	457
CH Andalan	51	22	35	19	48	59	52	51	58	72	43	29,5	539,5

CH andalan pada Tabel 4.14 didapatkan dengan memilih curah hujan bulanan yang nilainya mendekati CH rerata. Tujuan dari perhitungan dari Tabel 4.14 tersebut 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:

Total luasan atap (A)	: 1435 m <sup>2</sup> (Asumsi)
Koefisien run off (C)	: 0,95 (Tabel 2.5)
Volume air tertampung	: R x A x C
Bulan januari	: (51 x 10 <sup>-3</sup> mm) x 1435 m <sup>2</sup> x 0,95
	: 69,5258 m <sup>3</sup> /bulan

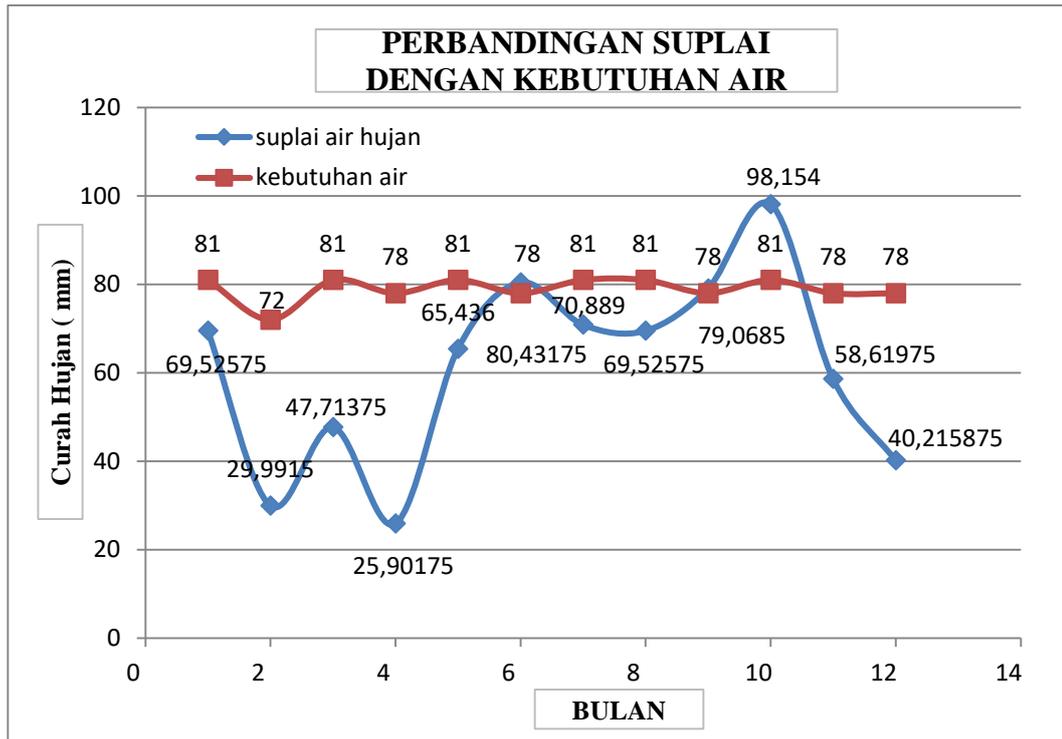
Volume ketersediaan air hujan untuk bulan Januari sampai Desember dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Potensi volume suplai air hujan.

Bulan	Jumlah hari	Hujan andalan (mm)	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	Suplai air hujan (m <sup>3</sup> )
Januari	27	51	1435	69,5258
Februari	24	22	1435	29,9915
Maret	27	35	1435	47,7138
April	26	19	1435	25,9018
Mei	27	48	1435	65,436
Juni	26	59	1435	80,4318
Juli	27	52	1435	70,889
Agustus	26	51	1435	69,5258
September	26	58	1435	79,0685
Oktober	27	72	1435	98,154
November	26	43	1435	58,6198
Desember	26	29,5	1435	40,2159
Jumlah	316	539,5		735,4734

#### 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) : 51
- Luas atap (A) : 1435 m<sup>2</sup>
- Koefisien run off (C) : 0,95 (Tabel 2.5)

Volume suplai air : (51 x 10<sup>-3</sup> mm) x 1435 m<sup>2</sup> x 0,95  
: 69,5258 m<sup>3</sup>/bulan

Kebutuhan air : 81 m<sup>3</sup>/bulan

Kekurangan air : Suplai air – Kebutuhan air

: 69,5258 – 81

: -11,4743 m<sup>3</sup>/bulan

Tabel 4.16: Perhitungan metode pemenuhan kebutuhan air.

Bulan	Jumlah hari	Hujan andalan (mm)	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	Suplai air hujan (m <sup>3</sup> )	Kebutuhan air (m <sup>3</sup> )	Kekurangan air (m <sup>3</sup> )	Kelebihan air (m <sup>3</sup> )
Januari	27	51	1435	69,526	81	11,4743	-
Februari	24	22	1435	29,992	72	42,0085	-
Maret	27	35	1435	47,714	81	33,2863	-
April	26	19	1435	25,902	78	52,0983	-
Mei	27	48	1435	65,436	81	15,564	-
Juni	26	59	1435	80,432	78	-	2,4318
Juli	27	52	1435	70,889	81	10,111	-
Agustus	27	51	1435	69,526	81	11,4743	-
September	26	58	1435	79,069	78	-	1,0685
Oktober	27	72	1435	98,154	81	-	17,154
November	26	43	1435	58,620	78	19,3803	-
Desember	26	29,5	1435	40,216	78	37,7841	-
Jumlah	316	539,5		735,47	948	165,177	47,3495

Dari Tabel 4.16 diatas suplai air hujan pada gedung perkantoran swasta sebesar 735,47 m<sup>3</sup> sedangkan kebutuhan air mencapai 948 m<sup>3</sup>, hanya mampu memenuhi 78% dari kebutuhan air yang dibutuhkan. Jika terjadi kekurangan pada suplai air maka dapat 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 gedung perkantoran di bulan Januari dilakukan pengisian bak penampung dengan volume awal bulan sebesar 0,0 m<sup>3</sup>. 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.

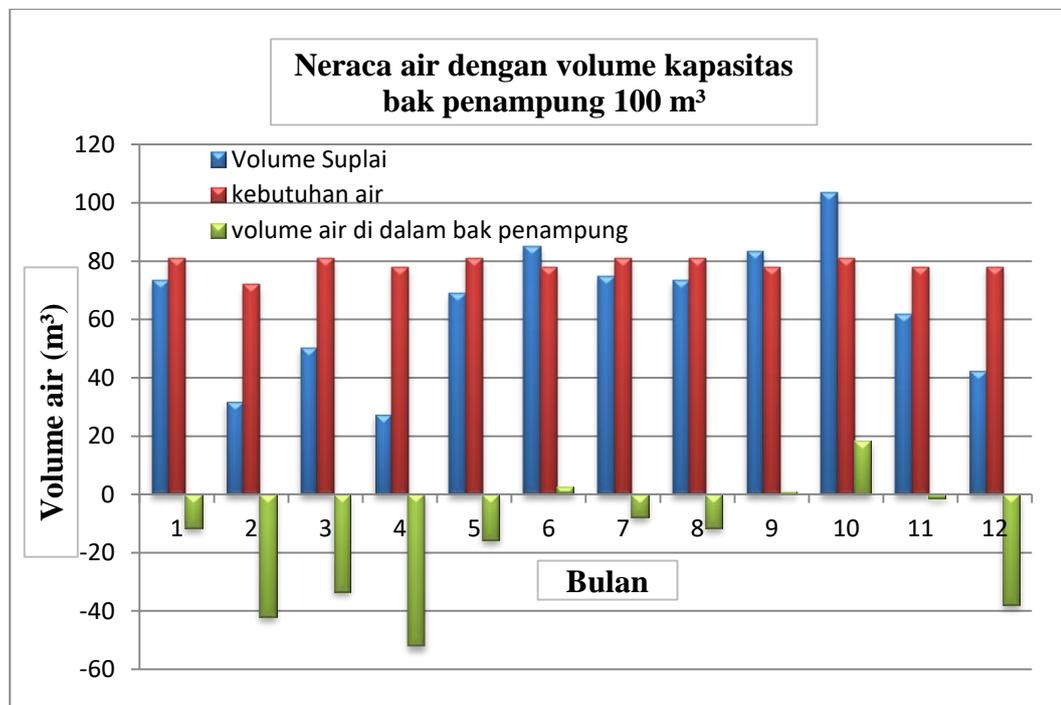
Januari	: Vol. awal bulan	: 0,0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai – Kebutuhan air
		: 69,5258 – 81
		: -11,4743 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Februari	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air
		: 29,9915 + (0) – 72
		: -42,0085 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Maret	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air
		: 47,7138 + (0) – 81
		: -33,2863 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
April	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air
		: 25,9018 + (0) – 78
		: -52,0983 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Mei	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air
		: 65,436 + (0) – 81
		: -15,564 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Juni	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air
		: 80,4318 + (0) – 78
		: 2,4318 m <sup>3</sup>

Juli	: Vol. awal bulan	: 2,4318 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 70,889 + (2,4318) – 81 : -7,6792 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Agustus	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 69,5258 + (0) – 81 : -11,4743 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
September	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 79,0685 + (0) – 78 : 1,0685 m <sup>3</sup>
Oktober	: Vol. awal bulan	: 1,0685 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 98,154 + (1,0685) – 81 : 18,2225 m <sup>3</sup>
November	: Vol. awal bulan	: 18,2225 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 58,6198 + (18,2225) – 78 : -1,1577 m <sup>3</sup> (Air PDAM)
Desember	: Vol. awal bulan	: 0 m <sup>3</sup>
	Vol. akhir bulan	: Suplai + Vol. awal bulan – Kebutuhan air : 40,2159 + (0) – 78 : -37,7841 m <sup>3</sup> (Air PDAM)

Dari perhitungan diatas pada bulan Juni, September, Oktober dapat disuplai dengan air hujan, sedangkan bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus, November dan Desember suplai air hujan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pemakaian air, Sehingga perlu menggunakan air PDAM untuk memenuhi kekurangannya. Hasil perhitungan neraca air tersebut dimasukkan ke dalam tabel dan grafik yang dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.4.

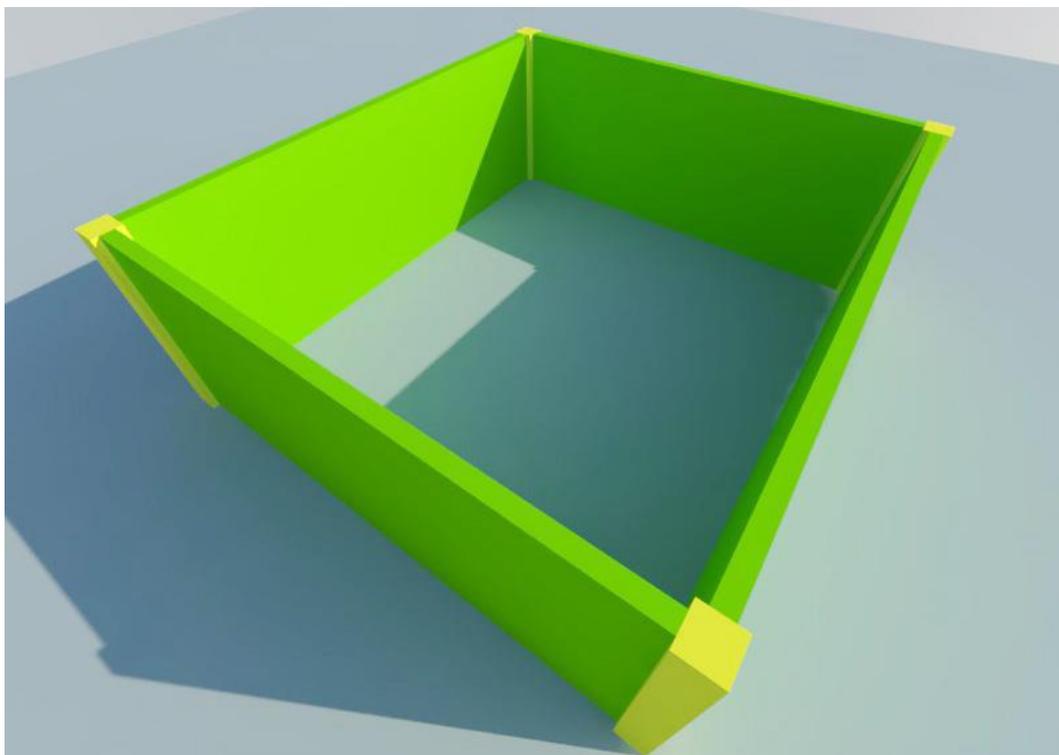
Tabel 4.17: Perhitungan neraca air.

Bulan	Volume Suplai (m <sup>3</sup> )	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )	Volume Tangki (m <sup>3</sup> )
Januari	69,5258	81	-11,4743
Februari	29,9915	72	-42,0085
Maret	47,7138	81	-33,2863
April	25,9018	78	-52,0983
Mei	65,436	81	-15,564
Juni	80,4318	78	2,4318
Juli	70,889	81	-7,6792
Agustus	69,5258	81	-11,4743
September	79,0685	78	1,0685
Oktober	98,154	81	18,2225
November	58,6198	78	-1,1577
Desember	40,2159	78	-37,7841
Total	735,4734	948	



Gambar 4.4: Grafik neraca air.

Dari Tabel 4.17 dan Gambar 4.4 didapat volume maksimal bak penampung air hujan terletak pada bulan Oktober dengan volume 100 m<sup>3</sup>. Dikarenakan keterbatasan lahan dan biaya desain bak penampung pada gedung perkantoran menggunakan bak penampung bawah tanah. Dimensi bak penampungan panjang 6,75 m x lebar 6 m dengan tinggi 2,5 m total volume 100 m<sup>3</sup>. Lokasi penempatan bak penampung air hujan dapat dilihat seperti gambar pada lampiran, untuk bentuk bak penampung air hujan dengan ukuran panjang 6,75 m x lebar 6 m dengan tinggi 2,5 m dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Bak penampung air hujan.

#### **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 perkantoran swasta yang ada di kecamatan Medan Belawan dapat dilihat sebagai berikut:

1. Jenis bangunan : Perkantoran Swasta (Asumsi)
2. Golongan : N2 (Niaga Menengah)
3. Jumlah Pegawai : 60 orang (Asumsi)
4. Kebutuhan air rata-rata : 50 liter/pegawai/hari
  - Januari:
    - Volume air yang digunakan :  $60 \times 50 \times 27$  hari kerja/bulan
    - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
    - 81000 liter – 69526 liter
    - : 11474 liter = 11,474 m<sup>3</sup>
    - Tarif pemakaian air : 11,474 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 66,985
    - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
    - Total = Rp 69,985
  - Februari:
    - Volume air yang digunakan :  $60 \times 50 \times 24$  hari kerja/bulan
    - : 72000 liter – Volume suplai air hujan
    - 72000 liter – 29992 liter
    - : 42008 liter = 42,008 m<sup>3</sup>
    - Tarif pemakaian air : 42,008 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 245,242
    - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
    - Total = Rp 249,242
  - Maret:
    - Volume air yang digunakan :  $60 \times 50 \times 27$  hari kerja/bulan
    - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
    - 81000 liter – 47414 liter
    - : 33286 liter = 33,286 m<sup>3</sup>
    - Tarif pemakaian air : 33,286 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 194,323
    - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
    - Total = Rp 197,323

- April:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 26 hari kerja/bulan
  - : 78000 liter – Volume suplai air hujan
  - 78000 liter – 25902 liter
  - : 52098 liter = 52,098 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : 52,098 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 304,148
  - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
  - Total = Rp 307,148
  
- Mei:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 27 hari kerja/bulan
  - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
  - 81000 liter – 65436 liter
  - : 15564 liter = 15,564 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : 15,564 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 90,862
  - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
  - Total = Rp 93,862
  
- Juni:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 26 hari kerja/bulan
  - : 78000 liter – Volume suplai air hujan
  - 78000 liter – 80432 liter
  - : -2432 liter = -2,432 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : Tidak membayar biaya air PDAM
  
- Juli:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 27 hari kerja/bulan
  - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
  - 81000 liter – 70889 liter
  - : 10111 liter = 10,111 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : 10,111 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 59,028
  - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
  - Total = Rp 62,028

- Agustus:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 27 hari kerja/bulan
  - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
  - 81000 liter – 69526 liter
  - : 11474 liter = 11,474 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : 11,474 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 66,985
  - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
  - Total = Rp 69,985
  
- September:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 26 hari kerja/bulan
  - : 78000 liter – Volume suplai air hujan
  - 78000 liter – 79069 liter
  - : -1069 liter = -1,069 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : Tidak membayar biaya air PDAM
  
- Oktober:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 27 hari kerja/bulan
  - : 81000 liter – Volume suplai air hujan
  - 81000 liter – 98154 liter
  - : -17154 liter = -17,154 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : Tidak membayar biaya air PDAM
  
- November:
  - Volume air yang digunakan : 60 x 50 x 26 hari kerja/bulan
  - : 78000 liter – Volume suplai air hujan
  - 78000 liter – 58620 liter
  - : 19380 liter = 19,380 m<sup>3</sup>
  - Tarif pemakaian air : 19,380 m<sup>3</sup> x Rp 5838/m<sup>3</sup> = Rp 113,140
  - Biaya Administrasi = Rp 3,000 +
  - Total = Rp 116,140

- Desember:

Volume air yang digunakan :  $60 \times 50 \times 27$  hari kerja/bulan  
: 78000 liter – Volume suplai air hujan  
78000 liter – 40216 liter  
: 37784 liter =  $37,784\text{m}^3$   
Tarif pemakaian air :  $37784 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 5838/\text{m}^3 = \text{Rp } 220,582$   
Biaya Administrasi = Rp 3,000 +  
Total = Rp 223,582

Dari uraian diatas mengenai tarif pemakaian air diperoleh pengeluaran biaya pemakaian air PDAM selama 12 bulan adalah Rp 1,284,769 dibanding tarif normal tanpa menggunakan suplai air hujan biaya yang dikeluarkan selama 12 bulan adalah Rp 8,378,424 maka biaya yang dihemat dalam 12 bulan dengan pemanfaatan suplai air hujan adalah  $\text{Rp } 8,378,424 - 1,284,769 = \text{Rp } 7,093,655$ .

## 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. Kebutuhan pemakaian air rata-rata adalah  $3\text{m}^3$  setiap hari atau sekitar  $81\text{m}^3$ /bulan dihitung berdasarkan hari kerja pegawai.
2. Dengan menggunakan distribusi *Log Pearson Type III*, diperoleh data curah hujan rencana maksimum pada periode ulang 10 tahun adalah 162,632 mm/jam yang disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi.
3. Untuk ukuran dimensi bak penampung air hujan yang dapat menghemat air PDAM selama 12 bulan adalah 6,75 m x 6 m x 2,5 m.
4. Penghematan penggunaan air PDAM selama 12 bulan adalah 78% dengan biaya penghematan sebesar Rp 7,093,655.

#### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dilapangan mengenai volume suplai air hujan dikarenakan data perhitungan volume suplai air hujan belum tentu akurat dan tepat.
2. Data luas atap bangunan hanyalah rekayasa dikarenakan tugas akhir ini mengenai literatur bukan studi kasus, untuk mengetahui kepastian mengenai volume suplai air hujan harus berdasarkan pengukuran atap bangunan yang ada dilapangan.
3. Setelah bak penampung yang direncanakan dapat direalisasikan, bak penampung harus rutin dilakukan perawatan dari segala kotoran yang menempel didinding keramik bak penampung pada saat bak penampung sedang tidak ada suplai air hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. (2010) *Pemanfaatan Potensi Air Hujan dengan menggunakan rainwater harvesting sebagai alternative sumber air bersih pada gedung Department Teknik Sipil FTUI* (skripsi). Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Departemen PU, (2009) *Persyaratan bahan pembuatan PAH*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Direktorat Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum (1998) *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Air Bersih Perkotaan*, Jakarta.
- Direktorat Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Survey dan Pengkajian Kebutuhan dan Pelayanan Air Minum*, Jakarta, 1998.
- Guritno, I. (1999) *Pelestarian dan pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia* (makalah diskusi pada peringatan hari air sedunia), Jakarta.
- Harto, S. (1993) *Analisis hidrologi*, Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Halim (2011) *Drainase terapan*, Yogyakarta: UII Press.
- Henry, J. G. and Heinke, G.W. (1996) *Environmental science and Engineering*, New Jersey: Prentice-hall, Inc.
- Maryono, A. (2006) *Metode memanen dan memanfaatkan air hujan untuk penyediaan air bersih, mencegah banjir dan kekeringan*, Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Montarchi (2009) *Hidrologi Teknik Sumber Daya Air Jilid 1*, Malang: Citra.
- Rendra, E. (2014) *Analisis dan perencanaan PAH sebagai sumber air baku alternatif*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Seyhan (1990) *Dasar-dasar hidrologi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soewarno (1995) *Hidrologi aplikasi metode statistic jilid 1 dan 2*, Bandung: Nova.
- Sri (1993) *Analisis hidrologi*, Jakarta: Mediatama Saptakarya.
- Suripin (2004) *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*, Jakarta: Andi.
- Triatmodjo, B. (1998) *Hidrologi terapan*, Yogyakarta: Beta offset.
- Wesli (2008) *Drainase perkotaan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.



- |   |                            |   |                                       |
|---|----------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 | Bidang pengumpul air hujan | 5 | Pompa air                             |
| 2 | Talang pembawa air hujan   | 6 | Tabung filter air                     |
| 3 | Penyaring daun dan debu    | 7 | Pipa pembuang air hujan yang berlebih |
| 4 | Bak Penampung air hujan    | 8 | Saluran pembuangan                    |

Gambar L.1: Asumsi gedung perkantoran dengan memanfaatkan air hujan untuk kebutuhan air baku.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Nanda Alif Kurnia  
Panggilan : Nanda  
Tempat, Tanggal Lahir : Padang Sidempuan, 20 Januari 1994  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat : Jl. Kapten Muslim Gg.Rukun Makmur No. 253 C  
Kelurahan Helvetia Tengah Kecamatan Medan Helvetia  
Kota Medan  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Kurnianto  
Ibu : Suryanita  
E-mail : [nandaalifkurnia@gmail.com](mailto:nandaalifkurnia@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD Negeri 064981 Medan	2006
2	SMP	SMP Negeri 19 Medan	2009
3	SMA	SMK Negeri 5 Medan	2012
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai dengan tahun 2017.		

