



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGEMBANGAN SUMUR RESAPAN KAWASAN  
PERMUKIMAN DI KECAMATAN DAMPIT**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata  
Satu (S-1) Jurusan Teknik Sipil S-1

Pada hari: Jumat

Tanggal : 14 Agustus 2015

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Meemperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

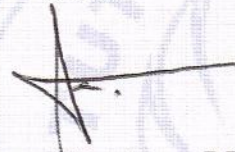
**ROBBY AJIE NUGROHO**

**11.21.104**

Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris



**Ir. A. Agus Santosa, MT**  
NIP. 1018700155

**Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT**  
NIP.Y 103 0800419

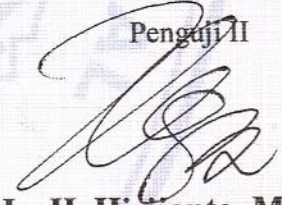
Anggota penguji :

Penguji I

Penguji II



**Ir. I Wayan Mundra, MT**  
NIP. Y. 1018700150



**Ir. H. Hiriyanto, MT**  
NIP.Y 1018800182

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2015**



**LEMBAR PERSETUJUAN  
TUGAS AKHIR**

**PENGEMBANGAN SUMUR RESAPAN KAWASAN PERMUKIMAN DI  
KECAMATAN DAMPIT**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

**ROBBY AJIE NUGROHO**

**11.21.104**

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Dr. Ir. Kustamar, MT**  
NIP. 196402011991031002



**Ir. Endro Yuwono, MT**  
NIP.Y 1039500275

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang



**Ir. A. Agus Santosa, MT**  
NIP. 1018700155

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2015**





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

Kampus I: Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp (0341) 417634 Malang

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **ROBBY AJIE NUGROHO**  
NIM : **11.21.104**  
Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1**  
Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“ PENGEMBANGAN SUMUR RESAPAN KAWASAN PERMUKIMAN DI  
KECAMATAN DAMPIT “ adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri,  
bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain  
kecuali disebut dari sumber aslinya yang tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak  
manapun.

Malang, September 2015

buat pernyataan,



**ROBBY AJIE NUGROHO**

## ABSTRAKSI

Robby Ajie Nugroho, 11.21.104, 2015, “*Pengembangan Sumur Resapan Di Kawasan Permukiman Di Kecamatan Dampit*”, Program Studi Teknik Sipil S-1, FTSP. ITN Malang, Dosen Pembimbing I: Dr. Ir. Kustamar, MT dan II: Ir. Endro Yuwono, MT

---

Pertumbuhan permukiman penduduk di daerah Kecamatan Dampit wilayah Malang selatan begitu pesat. Hal itu menuntut perkembangan pembangunan yang merupakan penyebab perubahan tata guna lahan. Banyak lahan yang semula berupa lahan terbuka berubah menjadi areal permukiman. Perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada peningkatan aliran permukaan limpasan (*run off*). Akibatnya besarnya air tanah terkandung lambat laun akan berkurang, dan tanpa proses peresapan ke dalam tanah sebagai pasokan air tanah.

Perubahan tata guna lahan berpengaruh terhadap kemampuan lahan dalam meresapkan air, yang dalam hidrologi ditandai dengan adanya koefisien pengaliran (C). Dengan adanya kondisi penggunaan tanah (Landuse) di Kecamatan Dampit sebesar 253,01 km<sup>2</sup>. Perhitungan curah hujan rata-rata daerah dilakukan dengan menggunakan cara *Poligon thiessen*. untuk menganalisa hasil pengamatan tersebut menggunakan metode *log Person type III*, sebagai pengujian yang hasil lebih akurat daripada metode *E.J. Gumbel*. Hasil curah hujan rancangan kala ulang 2 tahun sebesar 93,963 mm. Untuk analisa intensitas hujan sebesar 6,0603 m<sup>3</sup>/detik.

Dari hasil analisa hidrologi, air hujan yang melimpas di daerah studi sebelum adanya pembuatan sumur resapan adalah 0,498 m<sup>3</sup>/det. Sehingga terjadi pengurangan limpasan permukaan (*run off*) sebesar 26% dari total debit air hujan limpasan sebesar 0,1312 m<sup>3</sup>/det. Dari hasil itu dapat diketahui debit air hujan yang melimpas di daerah studi lahan dengan permukiman yang menerapkan sumur resapan sebesar 0,3668 M<sup>3</sup>/det.

**Kata kunci : Sumur resapan, koefisien pengaliran, dan tata guna lahan**

# DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.

LEMBAR PENGESAHAN.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.

KATA PENGANTAR .....	I
DAFTAR ISI .....	II
DAFTAR GAMBAR .....	VI
DAFTAR TABEL .....	VII
ABSTRAKSI .....	VIII

## BAB I : PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Tujuan .....	4

## BAB II : KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar .....	5
2.2 Ananlisa Hidrologi .....	5
2.2.1 Perhitungan debit.....	9
A. Curah hujan rencana .....	9
A.1 Penentuan luas DAS .....	10
A.2 Penentuan CH metode polygon Thiesen .....	10
A.3 CH Maksimum harian Rata-rata.....	11

B. Perhitungan Intensitas Hujan .....	12
B.1 Parameter Statistik .....	12
B.2 Jenis Sebaran .....	14
B.3 Uji Sebaran .....	21
B.4 Perhitungan Intensitas Hujan .....	27
C. Analisa Debit Banjir rencana .....	28
C.1 Metode rasional jepang .....	28
D. Debit Air Hujan Limpasan .....	30
D.1 Koefisien Pengaliran .....	30
D.2 Debit Air Hujan .....	31
2.3 Metode Konservasi secara Sipil teknis .....	31
2.3.1 Sumur Resapan .....	31
2.3.2 Kegunaan Sumur Resapan .....	34
A.1 Pengendalian Banjir.....	34
A.2 Konservasi air tanah .....	35
A.3 Menekan laju erosi .....	35
2.3.3 Prinsip kerja sumur resapan .....	36
2.3.4 Sumur resapan Untuk Masyarakat Pedesaan .....	37
A.1 Faktor Geometrik .....	41

### BAB III : METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Studi .....	45
3.2 Pemilihan Lokasi Studi .....	45
3.3 Kondisi Kependudukan .....	46
3.4 Arah Perkembangan Daerah Studi.....	47
3.5 Tata Guna Lahan Daerah Studi.....	47
3.6 Pengumpulan Data .....	48
3.7 Pengolahan Data .....	48

3.8 Bagan Alir .....	49
----------------------	----

#### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Curah Hujan .....	50
4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah .....	50
4.1.2 Perhitungan Curah Hujan Cara Poligon Thiessen.....	51
4.2 Uji Distribusi Frekuensi .....	51
4.2.1 Analisa CHR Dengan Metode E. J. Gumbel.....	51
4.2.2 Analisa CHR Dengan Metode Log Person III .....	60
4.2.3 Kesimpulan dari Uji Distribusi Frekuensi .....	66
4.3 Analisa Debit Banjir.....	67
4.3.1 Analisa Waktu Konsentrasi .....	67
4.3.2 Analisa Intensitas Hujan .....	68
4.3.3 Analisa Debit Banjir Rancangan Metode Rasional .....	69
4.4 Debit Air Hujan Limpasan .....	70
4.4.1 Perhitungan Debit Air Hujan Limpasan .....	70
4.5 Sumur Resapan .....	70
4.5.1 Perhitungan Tinggi Muka Air Dalam SResapan (H) ..	70
4.5.2 Perhitungan Tinggi Muka Air S Rencana (HSR).....	72
4.5.3 Pengurangan Limpasan permukaan.....	75
4.5.4 Perencanaan Konstruksi Sumur Resapan .....	77

#### BAB V : Penutup

5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
Daftar Pustaka .....	81
Lampiran .....	82



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	: Metode Poligon Thiessen.....	11
Gambar 2.2.	: Memanfaatkan Bahu Jalan Untuk Sumur Resapan ... ..	40
Gambar 2.3.	: Potongan Tegak Pemasangan Sumur Resapan.....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	: <i>Reduced mean</i> ( $Y_n$ ) untuk metode Sebaran <i>Gumbel</i> tipe I.....	15
Tabel 2.2.	: <i>Reduced Standard Deviation</i> ( $\sigma_x$ ) untuk Metode Sebaran <i>Gumbel</i> Tipe 1.....	15
Tabel 2.3	: <i>Reduced Variate</i> ( $Y_T$ ) untuk Metode Sebaran <i>Gumbel</i> Tipe 1 ..	16
Tabel 2.4.	: <i>Standard Variable</i> ( $K_t$ ) untuk Metode Sebaran Log Normal.....	19
Tabel 2.5.	: Penentuan Nilai $K$ pada Sebaran Normal.....	21
Tabel 2.6.	: Pedoman Pemilihan Sebaran.....	21
Tabel 2.7.	: Nilai $\chi^2$ kritis untuk uji kecocokan <i>Chi-Square</i> .....	25
Tabel 2.8.	: Nilai $D_0$ kritis untuk uji kecocokan <i>Smirnov-Kolmogorof</i> . ....	27
Tabel 2.9	: Koefisien Pengaliran.....	29
Tabel 2.10	: Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional.....	30
Tabel 2.11	: Volume Sumur Resapan Pada Kondisi Tanah Permeabilitas Rendah.....	33
Tabel 2.12	: Tabel jarak Sumur Resapan.....	37
Tabel 2.13	: Hubungan Kecepatan Infiltrasi dan Tekstur Tanah.....	38
Tabel 2.14	: Perbedaan Daya Resap Tanah Pada Berbagai Kondisi Permukaan Tanah.....	39
Tabel 2.15	: Jumlah Sumur Resapan Yang Harus Dibuat Berdasarkan Kondisi Permeabilitas dan Luas Bidang Tanah.....	39
Tabel 2.16	: Faktor <i>geometric</i> Sumur Resapan .....	41
Tabel 2.17	: Tabel Banyaknya Sumur Resapan.....	43
Tabel 3.1	: Rasio Terhadap Luas Di Tiga Kecamatan .....	46
Tabel 4.1	: Tinggi rata-rata curah hujan.....	50
Tabel 4.2	: Perhitungan Poligon <i>Thiessen</i> .....	51

Tabel 4.3	: Curah Hujan Harian Cara Poligon <i>Thiessen</i> .....	51
Tabel 4.4	: Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan.....	52
Tabel 4.5	: Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode E. J. Gumbel.....	52
Tabel 4.6	: Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan kala ulang tertentu Metode Gumbel. ....	55
Tabel 4.7	: Uji simpangan Vertikal – 1 .....	56
Tabel 4.8	: Uji Simpangan Vertikal – 2.....	57
Tabel 4.9	: Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov pada Probabilitas E. J. GUMBEL.....	59
Tabel 4.10	: Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Type III .....	60
Tabel 4.11	: Nilai CS Interpolasi Periode ulang 2 Tahun.....	61
Tabel 4.12	: Nilai CS Interpolasi Periode ulang 5 Tahun .....	61
Tabel 4.13	: Nilai CS Interpolasi Periode ulang 10 Tahun .....	62
Tabel 4.14	: Perhitungan Analisa Hujan Rancangan Metode Log Person Type III .....	62
Tabel 4.15	: Uji Simpangan Vertikal -1 metode Log Person Type III.....	64
Tabel 4.16	: Uji Simpangan Vertikal -2 metode Log Person Type III.....	64
Tabel 4.17	: Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Pada Distribusi Log Person Type III .....	65
Tabel 4.18	: Curah Hujan Rancangan Kala Ulang Tertentu .....	66
Tabel 4.19	: Hasil Pengujian Smirnov Kolmogorof.....	66
Tabel 4.20	: Hasil Pengujian Chi Kuadrat.....	66
Tabel 4.21	: Curah Hujan Harian Rerata DPS Lesti.....	68
Tabel 4.22	: Perhitungan Intensitas Hujan DPS Lesti.....	69
Tabel 4.23	: Debit Banjir Rancangan Metode Rasional .....	69



Tabel 4.24	: Debit Air Hujan Limpasan .....	70
Tabel 4.25	: Tinggi Muka Air Dalam Sumur.....	71
Tabel 4.26	: Perhitungan Debit Masukan dan Debit Luapan Tiap Sumur Resapan Diameter 2,4 m.....	73
Tabel 4.27	: Perhitungan Debit Masukan dan Debit Luapan Tiap Sumur Resapan Diameter 1m.....	75
Tabel 4.28	: Debit Air Hujan Limpasan .....	76
Tabel 4.29	: Jumlah Sumur Resapan Diameter 1 m.....	76
Tabel 4.30	: Jumlah Sumur Resapan Diameter 2,4 m .....	76
Tabel 4.31	: Perhitungan Debit Limpasan Setelah Adanya Sumur Resapan.....	77

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kabupaten Malang adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 2.977,05 km<sup>2</sup> yang terbagi dalam 33 kecamatan dan 390 desa / kelurahan. Dari seluruh desa / kelurahan yang ada, 12 diantaranya berstatus kelurahan dan sisanya 378 berstatus desa. Pada posisi koordinat Kabupaten Malang terletak antara 112<sup>o</sup>17'10 90'' Bujur Timur dan 122<sup>o</sup>57'00 00'' Bujur Timur dan antara 7<sup>o</sup>44'55 11'' Lintang Selatan dan 8<sup>o</sup>26'35 45'' Lintang Selatan. Wilayah Kabupaten Malang termasuk daerah dataran rendah terletak pada ketinggian 250 – 500 m (meter) diatas permukaan air laut.

Sungai lesti merupakan salah satu anak sungai Brantas dengan panjang 69,5 km dan luas daerah pengalirannya 382 km<sup>2</sup>. Pengelolaan tata guna tanah secara tidak tepat untuk budidaya pertanian dan pemukiman, karena biasanya pengembangan lahan selalu diikuti oleh penambahan lapisan kedap air yang berakibat pada peningkatan laju dan volume aliran permukaan di daerah tersebut.

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi bagian terpenting bagi kehidupan manusia. Manusia sangat membutuhkan air, baik di konsumsi untuk air minum maupun untuk aktifitas dan keperluan lainnya.

Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Malang khususnya di daerah pemukiman begitu pesat menuntut perkembangan pembangunan yang merupakan penyebab perubahan tata guna lahan. Banyak lahan yang semula berupa lahan terbuka atau hutan berubah menjadi areal permukiman maupun industri.

Perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada peningkatan aliran permukaan *run off*. Hujan yang jatuh ke tanah airnya akan menjadi aliran permukaan di atas tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya. Akibatnya peningkatan aliran permukaan tanah menuju sungai dan hal ini berakibat adanya peningkatan debit sungai yang besar.

Pada bagian hulu di daerah yang dekat pemukiman telah terjadi pembukaan lahan baru untuk perumahan sehingga mengurangi kemampuan daerah resapan dalam menahan air hujan yang terjadi. Akibatnya air hujan banyak mengalir sebagai air limpasan yang dengan cepat masuk ke sungai menambah debit aliran sungai tertentu, kemudian limpasan permukaan yang cukup besar tentu menimbulkan erosi pada daerah hulu yang berakibat terjadinya sedimentasi pada penampang sungai bagian hilir.

Karena pengaruh perubahan tata guna lahan berkontribusi debit puncak di sungai mencapai 5 sampai 35 kali debit semula, tentang debit sungai akibat dampak perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai tersebut yaitu dengan menyatakan bahwa DAS boleh dikembangkan / dirubah fungsi lahannya dengan *delta Q zero policy*. Artinya adalah bila suatu lahan di DAS berubah maka debit sebelum dan sesudah lahan berubah harus tetap sama, misalnya suatu lahan hutan diubah menjadi pemukiman maka debit yang di suatu titik sungai harus tetap sama. Hal ini dapat dilakukan dengan cara kompensasi yaitu pada lahan pemukiman harus di sisakan lahan untuk penahan limpasan (*run Off*) akibat perubahan misal dengan cara pembuatan sumur resapan, penanaman rumput yang lebat, dll.

Akibat lebih lanjut dari perubahan ini adalah besarnya air tanah terkandung pada di wilayah DAS Lesti Hulu itu lambat laun akan berkurang, karena hampir keseluruhan hujan yang turun melimpas sebagai aliran permukaan ke saluran yang



ada tanpa proses peresapan ke dalam tanah sebagai pasokan air tanah. Studi ini membahas tentang konsep secara sipil dengan merencanakan sumur resapan sebagai upaya penurunan limpasan (*run off*) secara tepat dan optimal. Sehingga nantinya dari hasil studi dapat dijadikan referensi untuk pengembangan perairan di wilayah DAS Lesti Hulu Malang khususnya di Kecamatan Dampit. Upaya Salah satu konsep pengendalian air, baik banjir adalah melalui sumur resapan. Sumur resapan ini merupakan upaya memperbesar resapan air hujan ke dalam tanah.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Tata guna lahan di daerah sekitar Sungai Lesti dibagian hulu sebageaian besar adalah persawahan dan dibagian hilir merupakan daerah pemukiman penduduk yang cukup padat. Genangan yang timbul di beberapa bagian wilayah sekitar sungai Lesti terjadi pada saat musim hujan, disebabkan karena debit air yang ada relatife besar. Maka harus direncanakan konsep konservasi teknik secara sipil dengan cara pembuatan sumur resapan pada daerah pemukiman yang terdapat genangan air. Sehingga dapat menjadi rekomendasi pembuatan sumur resapan yang tepat dan optimal dengan kondisi lahan di lapangan.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan perumusan masalah yang ada di uraikan sebagai berikut :

1. Berapa besar debit luapan air hujan limpasan (*run off*) yang di wilayah Permukiman Kec Dampit dan wilayah sekitarnya di Kec Poncokusuma dan Kec Tangkilsari dengan landuse permukiman ?

2. Berapa besar debit luapan air limpasan (*run off*) setelah berasal dari lahan dengan permukiman yang menerapkan sumur resapan ?
3. Berapa diameter, tinggi, jumlah dan letak sumur resapan pada daerah tersebut ?

#### **1.4 Batasan Masalah**

Berdasarkan masalah yang telah di uraikan diatas, maka batasan masalah yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini meliputi :

1. Perhitungan curah hujan dengan kala ulang 10 tahun dan data curah hujan berasal dari stasiun penakar hujan yang terdekat.
2. Analisa hidrologi untuk mengetahui perubahan koefisien limpasan akibat dari perubahan tata guna lahan.
3. Membandingkan perbedaan koefisien limpasan sebelum dan sesudah terjadinya penerapan sumur resapan.
4. Debit yang masuk sumur resapan adalah debit air hujan yang jatuh diatap rumah.

#### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat studi ini adalah adanya saluran sumur resapan untuk menampung genangan air.

#### **1.6 Tujuan**

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui besarnya perubahan koefisien limpasan akibat dari perubahan tata guna lahan di DPS Lesti Hulu. Hasil penelitian ini akan dipakai sebagai dasar dalam menangani dampak perubahan lingkungan dengan sumur resapan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Karena dalam daerah studi tidak diperoleh data debit, maka analisa hidrologi menggunakan data curah hujan. Data ini harus dengan jangka waktu yang cukup panjang dari beberapa stasiun penakar hujan di daerah studi atau daerah dekat studi sehingga di peroleh hasil perhitungan yang teliti.

#### **2.2 Analisa Hidrologi**

Daur hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti.

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi, seperti besarnya curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai dan lain – lain yang akan selalu berubah terhadap waktu. Komponen dalam siklus hidrologi yang terpenting adalah aliran permukaan. Oleh karena itu komponen inilah yang di tangani secara baik untuk menghindari berbagai bencana, khususnya bencana banjir. Faktor – faktor yang mempengaruhi limpasan dikelompokkan menjadi 2 yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah pengaliran sungai (DPS). (Maryana Anna, ST. 2004)

##### **1. Faktor Meteorologi**

Faktor – faktor meteorologi yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi :



#### A. Jenis presipitasi

Pengaruhnya terhadap limpasan sangat berbeda, yang tergantung dari jenis presipitasinya yakni hujan. Jika hujan maka pengaruhnya adalah langsung dan hidrograf itu hanya dipengaruhi intensitas curah hujan dan besarnya hujan.

#### B. Intensitas hujan

Pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi. Jika intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun demikian, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya penggenangan dipermukaan tanah. Intensitas hujan berpengaruh pada debit maupun volume limpasan.

#### C. Durasi hujan

Total limpasan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu. Setiap DPS mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

#### D. Distribusi curah hujan

Laju dan volume limpasan dipengaruhi oleh distribusi dan intensitas hujan di seluruh DPS. Secara umum, laju dan volume limpasan maksimum terjadi jika seluruh DPS telah member kontribusi aliran. Namun demikian hujan dengan intensitas tinggi pada sebagian DPS dapat menghasilkan limpasan yang lebih besar disbanding dengan hujan biasa yang meliputi seluruh DPS.

#### E. Arah pergerakan curah hujan

Umumnya pusat curah hujan itu bergerak. Jadi suatu curah hujan lebat bergerak sepanjang sistim aliran sungai akan sangat mempengaruhi debit puncak dan lamanya limpasan permukaan.

#### F. Curah hujan terdahulu dan kelembaban tanah

Jika kadar kelembaban lapisan teratas itu tinggi, maka akan mudah terjadi banjir karena kapasitas infiltrasi yang kecil. Demikian pula jika kelembaban tanah itu meningkat dan mencapai kapasitas lapangan, maka air infiltrasi akan mencapai permukaan air tanah dan memperbesar aliran air tanah.

#### 2. Karakteristik Daerah Pengaliran Sungai

Karakteristik DPS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi :

##### A. Luas dan bentuk DPS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DPS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DPS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DPS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik control (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

##### B. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan dan bentuk – bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DPS dengan kemiringan curam akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan dengan DPS yang landai.

##### C. Kondisi penggunaan tanah (*landuse*)

Hidrograf sebuah sungai adalah sangat dipengaruhi oleh kondisi penggunaan tanah dalam daerah pengaliran itu. Daerah hutan yang di tutupi tumbuh – tumbuhan yang lebat adalah sulit mengadakan limpasan permukaan karena kapasitas infiltrasinya yang sangat besar. Jika daerah hutan ini dijadikan

daerah pembangunan dan dikosongkan (hutan ditebang), maka kapasitas infiltrasi akan turun karena pemampatan permukaan tanah. Air hujan akan mudah berkumpul ke sungai – sungai dengan kecepatan yang tinggi yang akhirnya dapat mengakibatkan banjir yang belum pernah dialami terdahulu.

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (  $C$  ), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DPS. Nilai  $C$  berkisar antara 0 sampai 1. Nilai aliran permukaan ( $C$ ) = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya nilai aliran permukaan ( $C$ ) = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DPS yang masih baik, harga  $C$  mendekati nol dan semakin rusak suatu DPS, maka harga  $C$  makin mendekati satu.

#### D. Jenis tanah

Mengingat bentuk butir – butir tanah, corak dan cara mengendapnya adalah faktor – faktor yang menentukan kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan itu sangat dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran itu. Juga bahan – bahan kolodial merupakan faktor – faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi karena bahan – bahan ini mengembang dan menyusup sesuai dengan variasi kadar kelembaban tanah.

#### E. Faktor – faktor lain yang memberi pengaruh

Disamping hal – hal yang dikemukakan diatas, maka faktor – faktor penting lain yang mempengaruhi limpasan adalah karakteristik jaringan sungai, adanya daerah pengaliran yang tidak langsung, drainase buatan dan lain - lain.



### **2.2.1 Perhitungan Debit**

Distribusi dipakai analisa curah hujan rancangan (CD. Soemarto, 1986 : 232)

#### **A. Curah Hujan Rencana.**

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan khususnya dalam menentukan debit banjir rancangan di wilayah DAS Lesti. Penentuan besar curah hujan rencana meliputi penentuan luas DAS, penentuan curah hujan harian menggunakan metode *polygon thiessen*, penentuan curah hujan maksimum harian rata-rata dan metode *Isohyet*. (CD. Soemarto, 1986 : 31)

#### **A.1. Penentuan Luas DAS**

Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS - DAS yang lebih kecil lagi sehingga dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). Dan Daerah aliran sungai (DAS) dapat dipandang sebagai sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses - proses biofisik - hidrologis maupun kegiatan social - ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks. Kerusakan kondisi hidrologis DAS sebagai dampak perluasan lahan kawasan budidaya dan pemukiman yang tidak terkendali, tanpa memperhatikan kaidah – kaidah konservasi tanah dan air seringkali menjadi penyebab peningkatan erosi dan sedimentasi, penurunan produktivitas lahan, percepatan degradasi lahan, dan banjir.

## A.2. Penentuan Curah Hujan Harian menggunakan Metode *Polygon Thiessen*

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis - garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ;

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

C = Koefisien *Thiessen*.

A<sub>i</sub> = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan i (km<sup>2</sup>).

A<sub>total</sub> = Luas total dari DAS (km<sup>2</sup>).

Langkah - langkah metode *Thiessen* sebagai berikut :

1. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah - tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon *Thiessen*. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya.

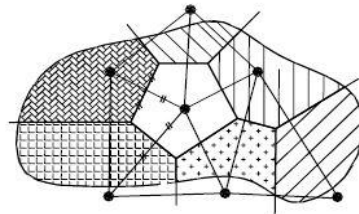
Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.

3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots( 2.2 )$$

Dimana :

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata DAS (mm).
- $A^1, A^2, \dots, A^n$  = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan (km<sup>2</sup>).
- $R^1, R^2, \dots, R^n$  = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm).
- n = Banyaknya stasiun hujan.



**Gambar 2.1.** Metode Poligon Thiessen

**A.3. Curah Hujan Maksimum Harian Rata - Rata**

Metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata -rata DAS adalah sebagai berikut :

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal – bulan - tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.

5. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

Dari hasil rata - rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahu merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan.

## **B.Perhitungan Intensitas Curah Hujan**

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Parameter untuk menentukan intensitas curah hujan meliputi parameter statistik, jenis sebaran, uji kecocokan dan perhitungan intensitas curah hujan. (Soewarno, 1995).

### **B.1 Parameter Statistik**

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter - parameter sebagai berikut :

#### **1. Standar Deviasi**

Deviasi standar (*Standard Deviation*) merupakan ukuran sebaran yang paling banyak digunakan. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata - rata, maka nilai ( $\sigma_x$ ) akan besar, akan tetapi jika penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata - rata maka nilai akan kecil pula. Deviasi standar dapat dihitung dengan rumus berikut : (Soewarno, 1995).

$$\sigma_x = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{(n - 1)} \dots\dots\dots(2.3)$$

#### **2. Koefisien variasi**

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata - rata dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (Soewarno, 1995).

$$Cv = \frac{\sigma_x}{Rr} \dots\dots\dots(2.4)$$

**3. Koefisien Skewness (Cs)**

Koefisien *skewness* (kemencengan) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (asimetri) dari suatu bentuk distribusi. Apabila kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum, maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri. Keadaan tersebut disebut menceng ke kanan atau ke kiri. Pengukuran kemencengan adalah untuk mengukur seberapa besar kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan atau koefisien *skewness*, dan dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$Cs = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * S^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

**4. Koefisien Kurtosis**

Pengukuran *kurtosis* dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi dan sebagai pembandingnya adalah distribusi normal. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) dirumuskan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n^2 * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dari harga parameter statistik tersebut akan dipilih jenis distribusi yang sesuai. Dengan menggunakan cara penyelesaian analisa frekuensi, penggambaran ini dimungkinkan lebih banyak terjadinya kesalahan. Maka untuk mengetahui tingkat pendekatan dari hasil penggambaran tersebut, dapat dilakukan pengujian kecocokan data dengan menggunakan cara Uji Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) dan plotting data.

## B.2. Jenis Sebaran

Sebaran yang dikaji meliputi analisa distribusi *Gumbel Tipe I*, *Log Pearson*, *Normal*.

### 1. Sebaran *Gumbel Tipe I*

Sebaran *Gumbel Tipe I* umumnya digunakan untuk analisis data maksimum. Fungsi metode gumbel merupakan fungsi eksponensial ganda.

Rumus Umum:

$$X_T = \bar{x} + \sigma_x * K_r \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$X_T$  = tinggi hujan untuk periode ulang T tahun (mm).

$\bar{x}$  = harga rata-rata data hujan (mm).

$\sigma_x$  = standar deviasi bentuk normal (mm).

$K_r$  = faktor frekuensi *gumbel*.

Faktor frekuensi *gumbel* merupakan fungsi dan masa ulang dari Distribusi (Suripin, 2004).

$$K_r = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.8)$$



Dimana:

$Y_t$  = *Reduced Variate* (fungsi periode ulang T tahun).

$Y_n$  = harga rata-rata *Reduced Mean*.

$\sigma_x$  = *Reduced Standard Deviation*.

**Tabel 2.1. *Reduced mean* ( $Y_n$ ) untuk metode Sebaran *Gumbel* tipe I**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

(Sumber : Soewarno, 1995)

**Tabel 2.2 *Reduced Standard Deviation* ( $\sigma_x$ ) untuk Metode Sebaran *Gumbel***

**Tipe 1**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0315	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : Soewarno, 1995)

**Tabel 2.3. *Reduced Variate* (YT) untuk Metode Sebaran *Gumbel Tipe 1***

Periode Ulang (Tahun)	<i>Reduced Variate</i>
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : CD. Soemarto, 1986)

### **2. Sebaran *Log-Pearson Tipe III***

Digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk sebaran *Log -Pearson tipe III* merupakan hasil transformasi dari sebaran *Pearson tipe III* dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Metode *Log-Pearson tipe III* apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut:

(Soewarno, 1995)

$$Y = \bar{Y} + K \cdot \sigma x \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Y = nilai logaritmik dari X atau log (X).

X = data curah hujan.

$\bar{Y}$  = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y.

$\sigma_X$  = deviasi standar nilai Y.

K = karakteristik distribusi peluang Log-Pearson tipe III.

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Mengubah data curah hujan sebanyak n buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi  $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$ .

Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$\log(X)$  = harga rata-rata logaritmik.

n = jumlah data.

$X_i$  = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R24 maks).

Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

$$\sigma_X = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{(n-1)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$\sigma_X$  = standar deviasi.

Menghitung koefisien *skewness* (Cs) dengan rumus :

$$C_s = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * S^3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

Cs = koefisien *skewness*.

Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus

:

$$\text{Log}(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot \sigma_X \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$X_T$  = curah hujan rencana periode ulang T tahun.

K = harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs.

• Menghitung koefisien *kurtosis* (Ck) dengan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4} \dots\dots\dots(2.14)$$

Ck = koefisien *kurtosis*.

• Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus :

$$C_v = \frac{\sigma_X}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

Cv = koefisien variasi.

$\sigma_X$  = standar deviasi.

### 3. Sebaran Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat menjadi nilai logaritmik variat X. Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut

$$X_t = X_n + \sigma_X * K_t \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

$X_t$  = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang T tahun.

$X_n$  = curah hujan rata – rata.

$\sigma_x$  = standar deviasi data hujan maksimum tahunan.

$K_t$  = standar variabel untuk periode ulang t tahun yang besarnya diberikan pada Tabel 2.5

**Tabel 2.4. Standard Variable ( $K_t$ ) untuk Metode Sebaran Log Normal**

T	$K_t$	T	$K_t$	T	$K_t$
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,10	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,70
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,60	200	4,14
13	1,50	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

(Soemarto, 1986)

#### 4. Sebaran Normal

Digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata - rata curah hujan tahunan, debit rata - rata tahunan dan sebagainya. Sebaran normal atau kurva normal disebut pula sebaran *Gauss. Probability Density Function* dari sebaran normal adalah :

(Soewarno, 1995)

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$P(X)$  = nilai logaritmik dari X atau  $\log(X)$ .

$\pi$  = 3,14.

$e$  = 2,71.

X = variabel acak kontinu.

M = rata-rata nilai X.

$\sigma$  = standar deviasi nilai X.

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistic  $\mu$  dan  $\sigma$ . Bentuk kurvanya simetris terhadap  $X = \mu$  dan grafiknya selalu diatas sumbu datar X, serta mendekati (*berasimtot*) sumbu datar X, dimulai dari  $X = \mu + 3\sigma$  dan  $X - 3\sigma$ . Nilai mean = modus = median. Nilai X mempunyai batas  $-\infty < X < +\infty$ . Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx = 1,0$$

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx$$

Untuk menentukan peluang nilai X antara  $X = 1$  x dan  $X = 2$  x, adalah :

Apabila nilai X adalah standar, dengan kata lain nilai rata-rata  $\mu = 0$  dan deviasi standar  $\sigma = 1,0$ , maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2}$$

Dengan :

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma}$$



Persamaan diatas disebut dengan sebaran normal standar (*standard normal distribution*). (Lestari dan kawan-kawan, 2011)

**Tabel 2.5. Penentuan Nilai K pada Sebaran Normal.**

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,200	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(Sumber : Soewarno, 1995)

### B.3. Uji Sebaran

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris benar - benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, perlu dilakukan uji meliputi plotting data, uji keselarasan *chi square* dan *Smirnov Kolmogorof*.

**Tabel2.6. Pedoman Pemilihan Sebaran**

DISTRIBUSI	NORMAL	GUMBEL	LOG-NORMAL	LOG-PEARSON III
Parameter	$Cs \approx 0$	$Cs \approx 1,1396$	$Cs \approx 1,137$	$Cs \neq 0$
	$Ck \approx 3$	$Ck \approx 5,4002$	$Ck \approx 3Cv$	$Cv \approx 0,3$

Sumber : Lestari, dkk 2011

### 1. Plotting Data

Plotting data distribusi frekuensi dalam kertas probabilitas bertujuan untuk mencocokkan rangkaian data dengan jenis sebaran yang dipilih, dimana kecocokan dapat dilihat dengan persamaan garis yang membentuk garis lurus.

Plotting data pada *statistic paper* dilakukan dengan cara mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya. Penggambaran posisi (*plotting position*) yang dipakai adalah cara yang dikembangkan oleh *Weibull* dan *Gumbel*, yaitu :

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

$P(X_m)$  = data yang telah dirangking dari kecil ke besar.

$M$  = nomor urut.

$N$  = jumlah data.

Dalam *statistic paper*, simbol titik merupakan nilai curah hujan maksimum harian rata-rata terhadap  $P(X_m)$ , sedangkan garis lurus merupakan fungsi jenis sebaran dengan periode ulang tertentu, yaitu:

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_{rt} + k \cdot \sigma_x \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

$X_t$  = Curah hujan.

$k$  = Koefisien tiap distribusi.

$\sigma_x$  = Standar deviasi.

### 2. Uji Kecocokan *Chi - Square*

Uji kecocokan *Chi-Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi

statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan nilai *Chi - Square* ( $\chi^2$ ) dengan nilai *Chi - Square* kritis ( $\chi^2_{cr}$ ). Uji kecocokan *Chi - Square* menggunakan rumus : (Soewarno, 1995)

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots ( 2.20 )$$

Dimana :

$\chi_h^2$  = harga *Chi - Square* terhitung.

$O_i$  = jumlah data yang teramati terdapat pada sub kelompok ke - i.

$E_i$  = jumlah data yang secara teoritis.

G = jumlah sub kelompok.

Parameter  $2h \chi$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $2h \chi$  sama atau lebih besar dari pada nilai *Chi - Square* yang sebenarnya ( $\chi^2$ ). Suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai  $\chi^2$  hitung  $< \chi^2$  kritis. Nilai  $\chi^2$  kritis dapat dilihat di Tabel 3.9. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *Chi -Square* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %.(Soewarno, 1995 : 194)

Prosedur uji kecocokan *Chi-Square* adalah :

- Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- Kelompokkan data menjadi G *sub-group*, tiap-tiap *sub-group* minimal terdapat lima buah data pengamatan.
- Hitung jumlah pengamatan yang teramati di dalam tiap-tiap *sub-group* ( $O_i$ ).

- Hitung jumlah atau banyaknya data yang secara teoritis ada di tiap tiap *sub - group* ( $E_i$ ).

- Tiap-tiap *sub - group* hitung nilai :

$$(O_i - E_i) \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Jumlah seluruh *G sub - group* nilai untuk menentukan nilai *Chi - Square* hitung.

$$\sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Tentukan derajat kebebasan  $dk = G-R-1$  (nilai  $R=2$ , untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai  $R=1$ , untuk distribusi *Poisson*). (Soewarno, 1995)

Derajat kebebasan yang digunakan pada perhitungan ini adalah dengan rumus sebagai berikut :

$$Dk = n - 3 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$Dk$  = derajat kebebasan.

$n$  = banyaknya data.

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.

- Apabila peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

- Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu penambahan data.

**Tabel 2.7. Nilai  $\chi^2$  kritis untuk uji kecocokan *Chi-Square***

dk	$\alpha$ Derajat kepercayaan							
dk	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00003	0,0001	0,0009	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,071	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	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
dk	$\alpha$ Derajat kepercayaan							
dk	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
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	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	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	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	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	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Soewarno, 1995)

### 3. Uji Kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*

Uji kecocokan *Smirnov - Kolmogorof* dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap-tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan ( $\Delta$ ). Perbedaan maksimum yang dihitung ( $\Delta$  maks) dibandingkan dengan perbedaan kritis ( $\Delta_{cr}$ ) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ( $\Delta_{maks}$ ) < ( $\Delta_{cr}$ ). Rumus yang dipakai :

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x)}{\Delta_{cr}} \dots\dots\dots( 2.22 )$$

Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* adalah :

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

$$X_1 \rightarrow P(X_1) \text{ dan } X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m) \text{ dan } X_n \rightarrow P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1) \text{ dan } X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m) \text{ dan } X_n \rightarrow P'(X_n)$$

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

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

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov - Kolmogorof test*), tentukan harga  $D_0$  pada Tabel 2.8.



**Tabel 2.8. Nilai D0 kritis untuk uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof***

Jumlah data N	$\alpha$ (derajat kepercayaan)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	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

(Sumber : Soewarno, 1995)

- ❖ Data disusun masing - masing secara berurutan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- ❖ Data grafik hasil plotting didapat perbeda hasil atau harga distribusi maksimum atau  $\Delta_{max}$ . Berdasarkan table nilai kritis dari *smirnov* dapat ditentukan  $C_r$  max.
- ❖ Pengujian hipotesa dapat dilakukan dengan membandingkan antara  $\Delta_{max}$  dan  $\Delta_p$  kritis, jika  $\Delta_p \max < \Delta_p$  kritis maka hipotesa diterima.
- ❖ Maka ditarik kesimpulan, jika  $\Delta_{max} < \Delta_{Cr}$  maka uji *smirnov – kolmogrov* pada log *person type III* diterima. Dan sebaliknya).

#### **B.4. Perhitungan Intensitas Hujan**

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah

hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Rumus yang digunakan dipakai jika data curah hujan yang ada hanya

curah hujan harian :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots( 2.23 )$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm atau jam).

t = lamanya curah hujan (jam).

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

### C. Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah besarnya debit yang direncanakan melewati penampang sungai dengan periode ulang tertentu. Besarnya debit banjir ditentukan berdasarkan curah hujan dan aliran sungai antara lain : besarnya hujan, intensitas hujan, dan luas Daerah Pengaliran Sungai (DAS).

Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat beberapa rumus diantaranya sebagai berikut :

#### C.1. Metode Rasional Jepang

Perhitungan metode rasional jepang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \alpha \frac{I * A}{3,6} \dots\dots\dots( 2.24 )$$

intensitas curah hujan (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots( 2.25 )$$

waktu konsentrasi (t)

$$t = \frac{L}{72 * (i)^{0.6}} \dots\dots\dots( 2.26 )$$

$$t = 0,0133L * i^{-0.6} \dots\dots\dots( 2.27 )$$

dimana :

Q = debit banjir rencana (m<sup>3</sup> atau det).

$\alpha$  = koefisien *run off*.

I = intensitas curah hujan selama durasi t (mm atau jam).

A = luas daerah aliran (km<sup>2</sup>).

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

i = gradien sungai atau kemiringan rata-rata sungai (10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu DAS).

t = waktu konsentrasi (jam).

L = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (km).

Koefisien *run off* tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.9 :

**Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran**

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien <i>Runoff</i>
Bergunung dan curam	0,75 – 0,90
Pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Sungai dengan tanah dan hutan dibagian atas dan bawahnya	0,50 – 0,75
Tanah datar yang ditanami	0,45 – 0,60
Sawah waktu diairi	0,70 – 0,80
Sungai didaerah pegunungan	0,75 – 0,85

(Sumber : Lestari dan kawan-kawan, 2011)

## D. Debit Air Hujan Limpasan

Limpasan permukaan sangat ditentukan oleh besaran koefisien pengaliran besaran intensitas hujan dari luas daerah pengaliran yang tergambar dalam rumus Rasional. Rumus Rasional cenderung mengalami perubahan adalah besaran nilai koefisien pengaliran, yang dimana koefisien pengaliran sendiri merupakan nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor yang mempengaruhi koefisien pengaliran adalah jenis tanah, kemiringan lahan, tanaman penutupan lahan dan intensitas hujan.

### D.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut.

**Tabel 2.10 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional**

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	- Perkotaan - Pinggiran	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	- Rumah tunggal	0,30 - 0,50
	- Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	- Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
	- Perkampungan	0,25 - 0,40
- Apartemen	0,50 - 0,70	
3	Industri	
	- Ringan - Berat	0,50 - 0,80 0,60 - 0,90
4	Perkerasan	
	- Aspal dan beton - Batu bata, paving	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
5	- Atap	0,75 - 0,95
6	Halaman tanah berat	
	- Datar 2%	0,13 - 0,17
	- Rata-rata 2 - 7%	0,18 - 0,22
- Curam 7%	0,25 - 0,35	

7	Halaman tanah berpasir	
	- Datar 2%	0,05 – 0,10
	- Rata-rata 2 – 7 %	0,10 – 0,15
	- Curam 7 %	0,15 – 0,20
8	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
9	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
10	Hutan	
	- Datar, 0 - 5%	0,10 – 0,40
	- Bergelombang, 5 - 10%	0,25 – 0,50
	- Berbukit 10 - 30%	0,30 – 0,60
11	Halaman kereta api	0,10 – 0,35

Sumber : Mc Guen, 1989 dalam Suripin 2003

## D.2 Debit Air Hujan

metode rasional sering digunakan untuk menghitung debit air hujan yaitu :

$$Q = 0,278 C.I.A \dots\dots\dots( 2.28 )$$

Dengan :

Q = debit air hujan ( m<sup>3</sup>.det<sup>-1</sup>).

C = koefisien pengaliran.

I = intensitas hujan (mm.jam<sup>-1</sup>).

A = Luas daerah pengaliran ( km<sup>2</sup> ).

## 2.3. Metode Konservasi Secara Sipil Teknis

### 2.3.1 Sumur Resapan

Sumur Resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang di buat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan air hujan adalah prasarana untuk menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah (SNI 03-2453-2002).

Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air

minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Dengan demikian konstruksi dan kedalamannya berbeda. Sumur demikian konstruksi dan kedalaman berbeda. Sumur resapan di gali dengan kedalaman di atas muka air tanah. Sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah.

1.SNI 03-2453-2002 (Tata cara perencanaan sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan).

- Sumur resapan harus dijauhkan dari tempat penimbunan sampah, jauh dari *septic tank* (minimum 5 m diukur dari tepi), dan berjarak minimum 1 m dari fondasi bangunan.
- Penggalian sumur resapan bisa sampai tanah berpasir atau maksimal 2 m di bawah permukaan air tanah. Kedalaman muka air (*water table*) tanah minimum 1,5 m pada musim hujan.
- Struktur tanah harus mempunyai permeabilitas tanah (kemampuan tanah menyerap air) lebih besar atau sama dengan 2,0 cm atau jam (artinya, genangan air setinggi 2 cm akan teresap habis dalam 1 jam), dengan tiga klasifikasi, yaitu sebagai berikut.
  - Permeabilitas sedang, yaitu 2,0-3,6 cm atau jam.
  - Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu 3,6-36 cm atau jam.
  - Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm atau jam

2.SNI No. 03-2459-1991 yang dikeluarkan oleh Departemen Kimpraswil

- Bentuk segi empat atau silinder dengan ukuran minimal diameter 0,8 m dan maksimum 1,4 m serta kedalamannya disesuaikan dengan tipe konstruksi sumur resapan air. Sementara itu, pemilihan bahan bangunan yang dipakai tergantung dari fungsinya, seperti plat beton bertulang tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil untuk penutup sumur dan dinding bata merah dengan campuran spesi 1 semen : 5 pasir tidak diplester, tebal 1 atau 2 bata.

#### 4. SK Gub No.17 Th 1992

**Tabel 2.11 Volume Sumur Resapan Pada Kondisi Tanah Permeabilitas Rendah (SK Gub No.17 Th 1992).**

No.	Luas Kavling (M <sup>2</sup> )	Volume Resapan Ada Saluran Drainase Sebagai Pelimpahan=V1 (M <sup>3</sup> )	Volume Sumur Resapan Tanpa Ada Saluran Drainase Sebagai Pelimpahan=V2 (M <sup>3</sup> )
1	50	1,3-2,1	2,1-4
2	100	2,6-4,1	4,1-7,9
3	150	3,9-6,2	6,2-11,9
4	200	5,2-8,2	8,2-15,8
5	300	7,8-12,3	12,3-23,4
6	400	10,4-16,4	16,4-31,6
7	500	13-20,5	20,5-39,6
8	600	15,6-24,6	24,6-47,4
9	700	18,2-28,7	28,7-55,3
10	800	20,8-32,8	32,8-63,2
11	900	23,4-36,8	36,8-71,1
12	1000	26-41	41-79

**Sumber** : ([www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/](http://www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/))



### **2.3.2 Kegunaan Sumur Resapan**

Penerapan sumur resapan ini dalam kehidupan sehari - hari penting artinya. Beberapa fungsi sumur resapan bagi kehidupan manusia adalah sebagai pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki (konservasi) air tanah, serta menekan laju erosi.

Penurunan muka air tanah yang banyak terjadi akhir – akhir ini dapat teratasi dengan bantuan sumur resapan. Perubahan lingkungan hidup sebagai akibat dari proses pembangunan, berupa pembukaan lahan, penebangan hutan, serta pembangunan pemukiman dan industri yang diduga menyebabkan terjadi hal tersebut.

Kondisi demikian tidak menguntungkan bagi perkembangan perekonomian kita yang sedang giat-giatnya membangun. Oleh karena itu, perhatian yang sungguh sungguh dari semua pihak di perlukan dalam upaya pengendalian banjir serta perbaikan dan perlindungan (konservasi) air tanah.

Salah satu strategi atau cara pengendalian air, baik mengatai banjir atau kekeringan adalah melalui sumur resapan. Sumur resapan ini merupakan upaya memperbesar resapan air hujan ke dalam tanah dan memperkecil aliran permukaan sebagai penyebab banjir.

#### **A.1 Pengendalian Banjir**

Salah satu fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya menekan banjir. Seperti di jelaskan terdahulu bahwa sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir.

## **A.2 Konservasi Air tanah**

Fungsi lain dari sumur resapan ini adalah memperbaiki kondisi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Disini diharapkan air hujan lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur – sumur atau mata air.

Peresapan air melalui sumur resapan ke dalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna tanah di permukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian masyarakat. Dengan adanya perubahan tata guna tanah tersebut akan menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutupi tembok, beton, aspal dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air. Penurunan daya resap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah.

## **A.3 Menekan laju erosi**

Menekan laju erosi, dengan adanya penurunan aliran permukaan maka laju erosi pun akan menurun. Apabila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut pun akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi pun akan kecil. Dalam rencana pembuatan sumur resapan perlu dipertimbangkan faktor iklim, kondisi air tanah, kondisi tanah, tata guna tanah, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Faktor Iklim yang perlu dipertimbangkan adalah besarnya curah hujan, semakin besar curah hujan di suatu wilayah berarti semakin besar sumur resapan yang diperlukan. Kondisi permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar - benar memerlukan suplai air melalui sumur resapan.

Sebaliknya pada lahan yang muka airnya dangkal, sumur resapan ini kurang efektif dan tidak akan berfungsi dengan baik. Terlebih pada daerah rawa dan pasang surut, karena daerah ini memerlukan saluran drainase.

### 2.3.3 Prinsip Kerja Sumur Resapan

Prinsip kerja dari sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam sebuah lubang atau sumur, agar air hujan dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah. Di bawah tanah, air yang meresap ini akan merembes masuk ke dalam lapisan tanah yang disebut lapisan tidak jenuh, dimana pada berbagai jenis tanah, lapisan ini masih bisa menyerap air. Dari lapisan tersebut, air akan menembus kedalaman permukaan tanah (*water table*), dimana dibawahnya ada air tanah (*ground water*), yang terperangkap dalam lapisan akuifer. Dengan demikian, masuknya air hujan ke dalam tanah akan membuat imbuhan air tanah akan menambah jumlah air tanah dalam lapisan akuifer.

Perancangan dimensi sumur resapan dilakukan berdasarkan prinsip keseimbangan air atau kontinuitas antara air yang masuk ke dalam sumur dengan air yang meresap ke dalam tanah. Salah satu pemanfaatan sumur resapan ini dapat dilakukan untuk pekarangan rumah.

### Metode Sunjoto (1988)

Persamaan yang diajukan Sunjoto (1988) untuk menghitung dimensi kedalaman sumur resapan dari beberapa parameter yang diketahui adalah sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{FK} \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-FKT}{sR^2}\right) \right\} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

- H = tinggi muka air dalam sumur (m).
- F = faktor geometrik (m).
- K = koefisien permeabilitas tanah (m atau jam).
- T = durasi dominan hujan (jam).
- R = jari-jari sumur (m).
- Q = debit air masuk ke sumur, dimana  $Q = C I A$  ( $m^3$  atau jam).
- C = koefisien limpasan (*run - off*).
- I = intensitas hujan (m atau jam).
- A = luas atap ( $m^2$ ).

#### 2.3.4 Sumur Resapan Untuk Masyarakat Pedesaan

Pembuatan sumur resapan harus memperhatikan kondisi lingkungan fisik dan social ekonomi masyarakat. Dengan demikian perencanaan pembuatan sumur resapan untuk daerah pedesaan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan pedesaan. Oleh karena itu, sumur resapan untuk daerah pedesaan perlu di buat sederhana. Bahan – bahan yang dipakai harus murah dan mudah didapat di lokasi sehingga mudah diterima dan diterapkan oleh masyarakat.

**Tabel 2.12 Tabel Jarak Sumur Resapan**

<b>Kondisi yang ada</b>	<b>Jarak Minimal Dengan Sumur Resapan (m)</b>
<b>Bangunan</b>	<b>3,0</b>
<b>Batas pemilikan</b>	<b>1,5</b>
<b>Sumur air minum</b>	<b>10,5</b>
<b>Aliran air (sungai)</b>	<b>30,0</b>
<b>Pipa air minum</b>	<b>3,0</b>
<b>Jalan</b>	<b>1,5</b>
<b>Pohon besar</b>	<b>3,0</b>

Sumber :

([www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur resapan/](http://www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/))

Tahap - tahap pembuatan sumur resapan adalah :

1. Persiapan awal berupa penyiapan lahan dan bahan.
2. Penggalian baik untuk sumur itu sendiri maupun jaringan yang berasal dari atap rumah.
3. Pemasangan meliputi pemasangan bis beton atau batu bata dan pemasangan jaringan dari rumah ke rumah.

Pemasangan sumur resapan dapat dilakukan dengan model tunggal dan komunal. Maksud sumur resapan model tunggal adalah satu sumur resapan digunakan untuk satu rumah, sedangkan yang komunal satu sumur resapan digunakan secara bersama-sama untuk lebih dari satu rumah.

Letak sumur resapan untuk yang model tunggal biasanya di halaman rumah sedang yang model komunal dapat dipasang di bahu jalan.

**Tabel 2.13 Hubungan Kecepatan Infiltrasi dan Tekstur Tanah**

<b>Tekstur Tanah</b>	<b>Kecepatan Infiltrasi (mm/jam)</b>	<b>Kriteria</b>
Pasir Bertempung	25-50	Sangat cepat
Lempung	12,5-25	Cepat
Lempung berdebu	7,5-15	Sedang
Lempung berliat	0,5-2,5	Lambat
Liat	< 0,5	Sangat

**Sumber** : ([www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/](http://www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/))

**Tabel 2.14 Perbedaan daya resap tanah pada berbagai kondisi permukaan tanah**

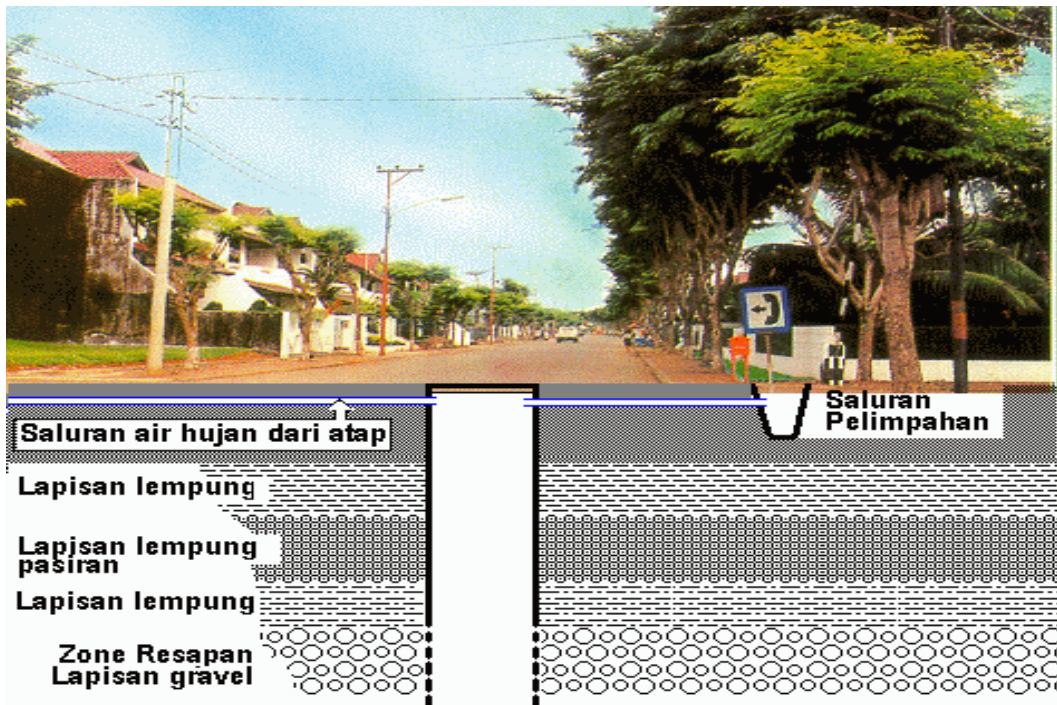
No.	Tata Guna Tanah ( Land Use)	Daya Serap Tanah Terhadap Air Hujan (%)
1	Daerah hutan, pekarangan lebat, kebun, ladang berumput	80-100
2	Daerah taman kota	75-95
3	Jalan tanah	40-85
4	Jalan Aspal, lantai beton	10-15
5	Daerah dengan bangunan terpecar	30-70
6	Daerah pemukiman agak padat	5-30
7	Daerah pemukiman padat	10-30

Sumber : ([www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/](http://www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/))

**Tabel 2.15 Jumlah Sumur Resapan Yang Harus Dibuat Berdasarkan Kondisi Permeabilitas dan Luas Bidang Tanah**

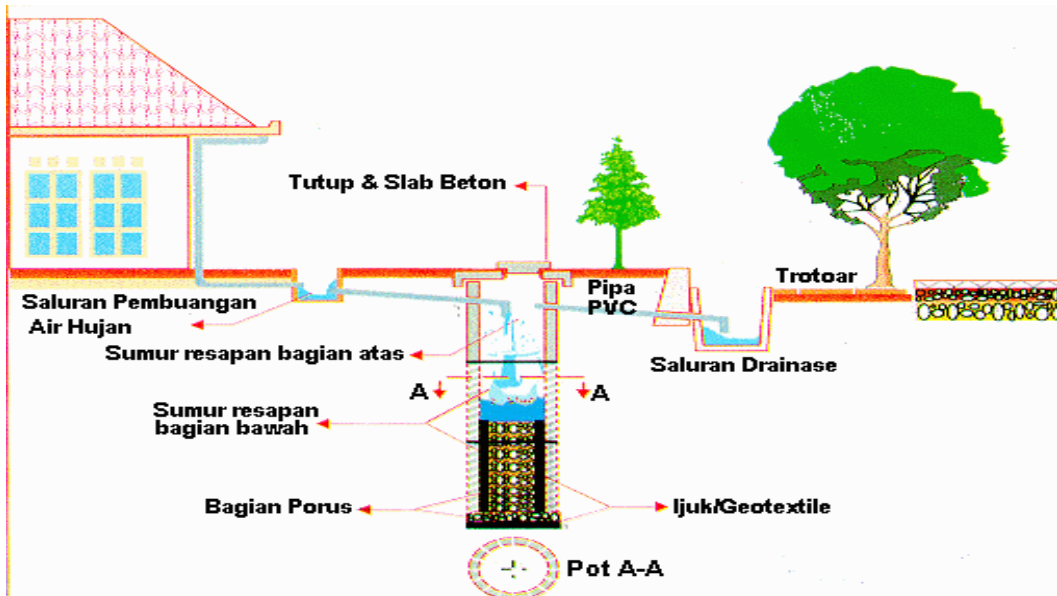
No	Luas Bidang Tanah ( m <sup>2</sup> )	Jumlah Sumur (buah)					
		Permeabilitas sedang		Permeabilitas agak cepat		Permeabilitas cepat	
		80 cm	140 cm	80 cm	140 cm	80 cm	140 cm
1	20	1	-	-	-	-	-
2	30	1	-	1	-	-	-
3	40	2	1	1	-	-	-
4	50	2	1	1	-	1	-
5	60	2	1	1	-	1	-
6	70	3	1	2	1	1	-
7	80	3	2	2	1	1	-
8	90	3	2	2	1	2	1
9	100	4	2	2	1	2	1
10	200	8	3	4	2	3	2
11	300	12	5	7	3	5	2
12	400	15	6	9	4	6	3
13	500	19	8	11	5	7	4

Sumber : ([www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/](http://www.venusarchitecture.wordpress.com/tag/perhitungan-volume-sumur-resapan/))



**Gambar 2.2 Memanfaatkan Bahu Jalan Untuk Sumur Resapan (Tampak Depan)**

Sumber : ([www.bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan/](http://www.bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan/))




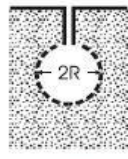
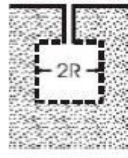
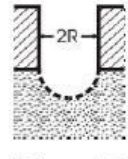
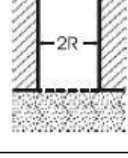
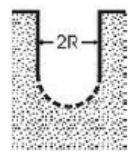
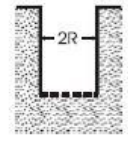
**Gambar 2.3 Potongan Tegak Pemasangan Sumur Resapan**

Sumber : ([www.bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan/](http://www.bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan/))

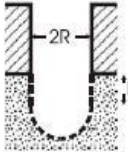
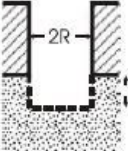
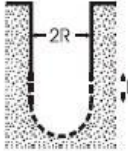
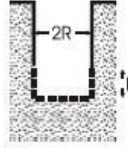

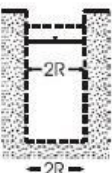
## A.2 Faktor Geometrik

Faktor geometrik adalah mewakili keliling serta luas tampang sumur, gradien hidraulik, keadaan perlapisan tanah serta kedudukan sumur terhadap perlapisan tersebut serta porositas dinding sumur dinyatakan dalam besaran radius sumuran.

**Tabel 2.16** Faktor *geometric* Sumur Resapan

No	Condition	Shape Factor of Well (F)	Value of F when R=1; H=0 L=0, except for F <sub>1</sub> , L=1	References
1		$\frac{2\pi L}{\ln\left\{\frac{2(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{2L}{R}\right)^2 + 1}\right\}}$	2.980	Sunjoto (1989)
2a		$4\pi R$	12.566	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
2b		$18R$	18.000	Sunjoto (2002)
3a		$2\pi R$	6.283	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
3b		$4R$	4.000	Forchheimer (1930) Dachler (1936) Aravin (1965)
4a		$\pi^2 R$	9.870	Sunjoto (2002)
4b		$5.5R$ $2\pi R$	5.500 6.283	Harza (1935) Taylor (1948) Hvorslev (1951) Sunjoto (2002)



5a		$\frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	6.227	Sunjoto (2002)
5b		$\frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	0/0	Dachler (1936)
		$\frac{2\pi(L + R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	3.964	Sunjoto (2002)
6a		$\frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	9.870	Sunjoto (2002)
6b		$\frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	0/0	Dachler (1936)
		$\frac{2\pi(L + R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	6.283	Sunjoto (2002)
7a		$\frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{H + 2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1} \right\}}$	13.392	Sunjoto (2002)
7b		$\frac{2\pi(H + R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{H + 2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1} \right\}}$	8.525	Sunjoto (2002)

Sumber (www.baitullah.unsri.ac.id/2010/10/perancangan-sumur-resapan-untuk-konservasi-air-tanah/

**Tabel 2.17 Banyaknya Sumur Resapan**

No	Luas Bidang tanah(m <sup>2</sup> )	Banyaknya Sumur ( Buah)																		
		Permeabilitas Sedang Type						Permeabilitas Agak cepat Type						Permeabilitas cepat Type						
		I		II		III		I		II		III		I		II		III		
		Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8	Φ 1,4	Φ 0,8
1	20	1	*	1	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	30	2	1	1	*	*	*	1	*	*	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*
3	40	3	1	1	*	1	*	2	1	1	*	*	*	1	*	*	*	*	*	*
4	50	3	2	2	1	1	*	2	1	1	*	*	*	2	1	1	*	*	*	*
5	60	4	2	2	1	1	*	2	1	1	*	1	*	2	1	1	*	*	*	*
6	70	5	2	2	1	1	*	3	1	2	1	1	*	2	1	1	*	*	*	*
7	80	5	2	3	1	1	*	3	2	2	1	1	*	3	1	1	*	1	*	*
8	90	6	3	3	1	2	1	4	2	2	1	1	*	3	1	2	1	1	1	*
9	100	6	3	3	1	2	1	4	2	2	1	2	1	3	2	2	1	1	1	*
10	200	12	5	6	3	3	2	8	4	4	2	2	1	6	3	3	2	2	2	1
11	300	19	8	9	4	5	2	11	5	6	3	3	2	9	4	5	2	2	2	1
12	400	25	10	12	5	6	3	15	7	8	4	4	2	12	6	6	3	3	3	2
13	500	31	13	16	7	8	3	18	9	9	5	5	2	14	7	7	4	4	4	2

Sumber : SK SNI .T – 06- 1990 – F Bidang Pekerjaan Umum . Tata Cara

Perencanaan teknik Sumur Resapan Air hujan Untuk Lahan Perkarangan.

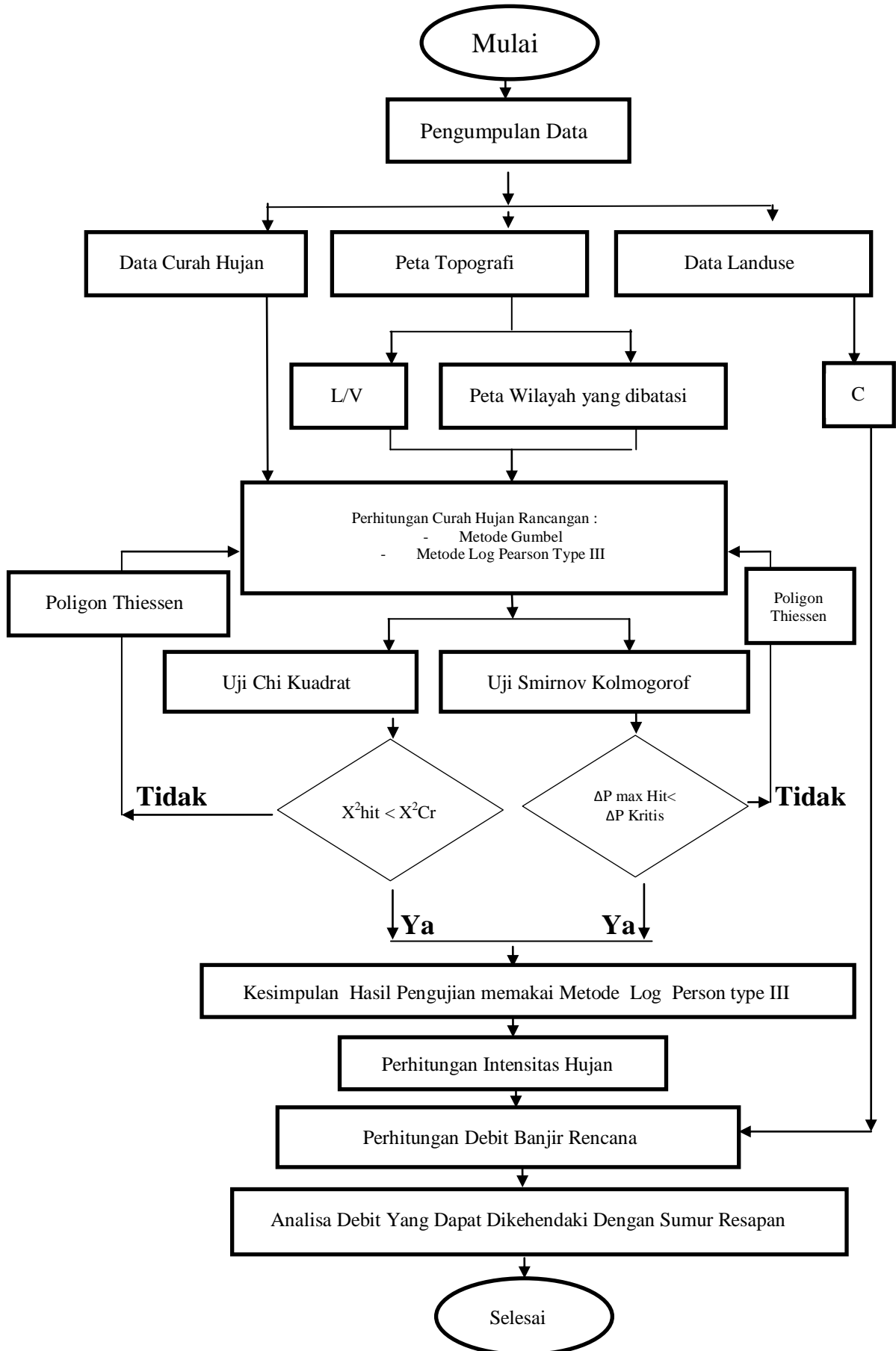
Ket:

\*\* = tidak dianjurkan

Type I = dalam maksimum 1,5 meter

Type II	= dalam maksimum 3 meter
Type III	= dalam maksimum 6 meter
I	= 87,0 mm atau jam
D	= 5 jam
$\Phi$ 0,8	= diameter sumur resapan 80 cm
$\Phi$ 1,4	= diameter sumur resapan 140 cm

## Bagan Alir



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Studi**

Tahapan – tahapan studi yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan lokasi studi.
2. Pengumpulan data.
3. Pengolahan data.
4. Pembahasan.
5. Kesimpulan.

#### **3.2 Pemilihan Lokasi Studi**

Dalam studi ini dipilih wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang. Daerah pengaliran sungai (DPS) Lesti merupakan salah satu sub DPS Brantas, mempunyai panjang sungai 69,5 km dan Luas DPS 382 km<sup>2</sup> yang mempunyai letak geografis. Sungai Lesti merupakan anak sungai brantas yang berhulu disekitar Gunung Semeru, dan merupakan aliran sungai yang bermuara dari anak sungai yaitu : Sungai. Aran – aran, Sungai Bendo, Sungai Sumber putih, Sungai Juwok dan Sungai Genteng.

Sungai Lesti terletak di 8,1640<sup>0</sup>LS. Berdasarkan data klimatologi di stasiun Karangates dan stasiun Malang temperature udaranya 24<sup>0</sup>C sampai 27<sup>0</sup>C. Dalam studi ini dipilih wilayah di Kabupaten Malang yang merupakan wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang yang meliputi sebagian wilayah kecamatan Dampit, Poncokusuma, Tangkilsari Wilayah tersebut merupakan daerah pemukiman sehingga kurangnya ketersediaan lahan untuk menyerap air permukaan.

**Tabel 3.1 Rasio Terhadap Luas Di Tiga Kecamatan**

No	Nama	Luas	Rasio terhadap
	Kecamatan	(km)	Luas di DPS
1	Poncokusuma	99,04	0,08
2	Dampit	253,01	0,66
3	Tangkilsari	29,04	0,26
Total		382	100

Sumber : hasil perhitungan

- Sub DAS Lesti hulu terletak di 8o02'50''- 8o12'10'' LS dan 112o42'58''- 112o56'21'' BT secara administratif terletak di Kabupaten Malang.
- Deliniasi kawasan penelitian menggunakan batasan ekologi yaitu pembagian sub DAS Lesti hulu yang telah ditetapkan BPDAS Brantas. Sub DAS Lesti hulu merupakan bentang lahan yang dibatasi oleh batas terluar gigir punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan sehingga membentuk suatu pengaliran air yang bersatu.

### **3.3 Kondisi Kependudukan**

Data penduduk sangat di butuhkan dalam perencanaan pembangunan daerah yang bersangkutan. Perkembangan jumlah penduduk pada suatu wilayah akan berakibat langsung pada kepadatan penduduk wilayah tersebut. Data tentang kepadatan penduduk ini berhubungan dengan kepadatan pemukiman. Dalam studi ini kajian utama terletak pada penyelesaian masalah menyusut imbuhan alami yang berakibat menurunnya muka air tanah sebagai dampak dari pertumbuhan dan

perkembangan pemukiman yang ada pada wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang. Sehingga secara tidak langsung data mengenai perkembangan pemukiman pada daerah kajian sangatlah diperlukan dalam kajian ini.

### **3.4 Arah Perkembangan Daerah Studi**

Struktur wilayah wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang, terbentuk dengan beberapa pusat lingkungan, hal seperti ini cukup baik bagi struktur tata ruang suatu wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang dikaitkan dengan fungsi dan skala pelayanan masing- masing pusat tersebut.

Berdasarkan perkembangan wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang. Hal tersebut dikhawatirkan pengalihan fungsi besar-besaran dari lahan terbuka menjadi lahan tertutup akan membawa dampak negative, yaitu berkurangnya lahan terbuka sebagai imbuhan alami dan mengakibatkan ketersediaan dan kerentangan air bersih.

### **3.5 Tata Guna Lahan Daerah Studi**

Pola penggunaan lahan merupakan salah satu aspek yang menjadi pertimbangan dalam proses pengembangan suatu daerah, karena hal tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya lahan yang digunakan .

Dari perkembangan pembangunan di suatu daerah akan membawa dampak – dampak dan salah satunya yaitu semakin besarnya jumlah penduduk yang bermukim di daerah tersebut, maka hal tersebut akan membutuhkan lahan untuk daerah pemukiman. Dengan demikian akan terjadi perubahan beberapa fungsi tanah dari lahan terbuka menjadi lahan pemukiman penduduk.

### **3.6 Pengumpulan Data**

Data yang dibutuhkan pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan.
2. Data penampang geohidrologi.
3. Peta topografi wilayah Sub DAS Lesti Hulu Malang.

### **3.7 Pengolahan Data**

A. Perhitungan curah hujan harian rata-rata daerah dengan Metode Poligon Thiessen.

B. Perhitungan curah hujan rancangan dilakukan dengan metode Log Pearson Tipe III dan pengujian kesesuaian distribusi menggunakan uji Chi kuadrat dan uji Smirnov Kolmogorov

C. Menganalisa pengaruh adanya sumur resapan terhadap pengurangan limpasan permukaan di daerah studi.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Curah Hujan

##### 4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rata-rata daerah dilakukan dengan menggunakan cara Poligon Thiessen, dengan mempertimbangkan jumlah stasiun dan pengaruh luas masing-masing stasiun yang berasal dari 3 stasiun terdekat dengan lokasi sumur uji.

**Tabel 4.1 Tinggi rata-rata curah hujan**

Curah Hujan Harian Maximum					d (mm)	Hujan
No	Tahun	Dampit 253,01 km <sup>2</sup>	Poncokusuma 99,95 km <sup>2</sup>	Tangkilsari 29,04 km <sup>2</sup>		Daerah
		0,66	0,26	0,08		Maks
1	2004	167	86	86	113	167
2	2005	145	56	50	83.7	145
3	2006	106	56	60	74	106
4	2007	225	151	125	167	225
5	2008	117	150	72	113	150
6	2009	106	85	77	89.3	106
7	2010	108	94	125	109	125
8	2011	89	79	46	71.3	89
9	2012	109	101	72	94	109
10	2013	79	115	81	91.7	115

Sumber : Data dan hasil perhitungan

Luas daerah pengaruh masing – masing stasiun adalah :

Stasiun Dampit : 253,01 km<sup>2</sup>.

Stasiun Tangkil : 29,04 km<sup>2</sup>.

Stasiun Poncokusuma : 99,95 km<sup>2</sup>.

Total luas peta topografi yang dibatasi (A) : 253,01 + 29,04 + 99,95 = 382 km<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Perhitungan Curah Hujan Cara Poligon Thiessen

Koefisien *Thiessen* adalah perbandingan luas daerah yang di pengaruhi pos hujan dengan luas seluruh daerah aliran. Koefisien Thiessen untuk masing – masing stasiun hujan tersebut adalah :

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

**Tabel 4.2 Perhitungan Poligon Thiessen**

Nama Sta	Dampit	Poncokusuma	Tangkilsari
Luas ( A )	253,01 km <sup>2</sup> .	99,95 km <sup>2</sup> .	29,04 km <sup>2</sup> .
Coef <i>Thiessen</i>	0,66	0,26	0,08

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Cara Poligon Thiessen**

Curah Hujan Harian Maximum hari yang sama				
Nama Sta	Dampit	Poncokusuma	Tangkilsari	d (mm)
Luas ( A )	253,01 km <sup>2</sup> .	99,95 km <sup>2</sup> .	29,04 km <sup>2</sup> .	
Coef <i>Thiessen</i>	0,66	0,26	0,08	
2004	167	86	86	139,46
2005	145	56	50	114,26
2006	106	56	60	89,32
2007	225	151	125	197,76
2008	117	150	72	121,98
2009	106	85	77	98,22
2010	108	94	125	105,72
2011	89	79	46	82,96
2012	109	101	72	103,96
2013	79	115	81	88,52

Sumber : Hasil perhitungan

## 4.2 Uji Distribusi Frekuensi

### 4.2.1 Analisa Curah Hujan Rancangan Dengan Metode E. J. GUMBEL

Menurut C.D Sumarto (1968), yang dikutip dari Gumbel (1941) persoalan tertua yang berhubungan dengan harga-harga yang ekstrim adalah yang datang dari persoalan banjir. Tujuan dari statistic harga-harga ekstrim adalah untuk menganalisa hasil pengamatan harga-harga ekstrim tersebut untuk meramal harga-harga ekstrim berikutnya.

Data puncak hujan harian maksimum tahunan suatu DAS yang terdiri dari 3 (tiga). Stasiun penakar hujan akan diurut menurut nilai yang terbesar curah hujan rata - rata setiap tahun.

**Tabel 4.4 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan**

No	Tahun	CH
1	2004	113
2	2005	83.67
3	2006	74
4	2007	167
5	2008	113
6	2009	89.33
7	2010	109
8	2011	71.33
9	2012	94
10	2013	91.67

Sumber : Dinas Pengairan Kab Malang

**Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode E. J. Gumbel**

	Debit Q Maks	$X_i - X_{rt}$	$(X_i - X_{rt})^2$	$(X_i - X_{rt})^3$	$(X_i - X_{rt})^4$
No	$X_i$				
1	71.33	-29.268	856.616	-25071.432	733790.670
2	74	-26.598	707.454	-18816.851	500490.602
3	83.66	-16.938	286.896	-4859.442	82309.225
4	89.33	-11.268	126.968	-1430.673	16120.828
5	91.66	-8.938	79.888	-714.038	6382.068
6	94	-6.598	43.534	-287.235	1895.175
7	109	8.402	70.594	593.127	4983.457
8	113	12.402	153.810	1907.547	23657.394
9	113	12.402	153.810	1907.547	23657.394
10	167	66.402	4409.226	292781.399	19441270.43
Jumlah	1005.980	-	6888.793	246009.949	20834557.2
Rata2	100.598	-	-	-	-

Sumber : Hasil perhitungan

## 1. Standar Deviasi (S)

Perhitungan standar deviasi digunakan rumus sebagai berikut :

$$s_x = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{(n-1)}$$

$$S = 27,666 \text{ mm}$$

Menghitung debit hujan Rancangan untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Dalam perhitungan debit hujan rancangan dengan sampel (n) = 10, maka dari tabel hubungan antara Reduced Mean (Yn) dan besarnya sampel n buku Hidrologi Teknik, Ir. C. D. Soemarto hal 336 dan tabel hubungan antara Standart Deviasi dan besarnya sampel (n) buku Hidrologi Teknik, Ir. C. D. Soemarto hal 236 dan 237, didapatkan :

## 2. Analisa Hujan Rancangan

Analisa hujan rancangan dalam studi ini dihitung setiap stasiun hujan yang berada di wilayah DPS Lesti.

n=10, maka Yn = 0.4952 dan Sn = 0.9497 (dari tabel Yn dan Sn)

### A. Periode ulang 2 tahun.

$$YT2 = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{Tr-1}{Tr} \right] \right\}$$

$$YT2 = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{2-1}{2} \right] \right\}$$

$$YT2 = - \ln \{ - \ln (0.5) \}$$

$$YT2 = 0,37$$

A1. Menghitung Frekuensi K untuk harga - harga ekstrim Metode E. J. Gumbel

$$: \quad K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

$$= \frac{0.37 - 0.4952}{0.9497}$$

$$= -0,136$$

Menghitung Hujan Rancangan (Rt)

$$\begin{aligned} X_{2\text{thn}} &= \bar{x} + K \cdot S \\ &= 100,60 + (-0,136) \cdot 27,66 \\ &= 96,835 \text{ mm} \end{aligned}$$

B. Periode ulang 5 tahun.

$$YT5 = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \right\}$$

$$YT5 = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{5 - 1}{5} \right] \right\}$$

$$YT5 = - \ln \{ - \ln (0.8) \}$$

$$YT5 = 1,499$$

B1. Menghitung Frekuensi K untuk harga - harga ekstrim Metode E. J.

Gumbel :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\ &= \frac{1,50 - 0.4952}{0.9497} \end{aligned}$$

$$= 1,058$$

Menghitung Hujan Rancangan (Rt)

$$\begin{aligned} X_{5\text{thn}} &= \bar{x} + K \cdot S \\ &= 100,59 + (1,058) \cdot 27,66 \\ &= 129,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Periode ulang 10 tahun.

$$YT_{10} = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{Tr - 1}{Tr} \right] \right\}$$

$$YT_{10} = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{10 - 1}{10} \right] \right\}$$

$$YT_{10} = - \ln \{ - \ln (0.9) \}$$

$$YT_{10} = 2,25$$

C1. Menghitung Frekuensi K untuk harga - harga ekstrim Metode E. J. Gumbel :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\ &= \frac{2,25 - 0.4952}{0.9497} \\ &= 1,848 \end{aligned}$$

Menghitung Hujan Rancangan (Rt)

$$\begin{aligned} X_{10 \text{ thn}} &= \bar{x} + K \cdot S \\ &= 100,59 + (1,848) \cdot 27,66 \\ &= 151,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Tabel 4.6 Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan kala ulang tertentu**

**Metode Gumbel.**

Tr	Yt	Yn	Sn	K	Xt
2	0.37	0.495	0.95	-0.14	96.8354
5	1.5	0.495	0.95	1.058	129.869
10	2.25	0.495	0.95	1.848	151.7252

Sumber : Hasil perhitungan

A) Uji Chi - Kuadrat Untuk Metode

Pada Probabilitas E. J. Gumbel

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kelas} &= 1 + 3,22 \cdot \text{Log } P \\ &= 1 + 3,22 \cdot \text{Log } 10 \\ &= 4,22 \approx 4 \end{aligned}$$

$$\frac{100}{4} = 25 \%$$

Interval dari 25 adalah 25 : 50 : 75.

$$Y_T = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \right\}$$

$$T_r = 75 \rightarrow \frac{100}{75} = 1,33$$

$$Y_T = - \ln \left\{ - \ln \left[ \frac{1,33 - 1}{1,33} \right] \right\}$$

$$Y_T = - \ln \{ - \ln (0,2481) \}$$

$$Y_T = -0,327$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{-0,327 - 0,4952}{0,9497}$$

$$= -0,865$$

$$X = \bar{x} + K \cdot S$$

$$= 100,59 + (-0,865) \cdot 27,66$$

$$= 76,66 \text{ mm}$$

**Tabel 4.7 Uji simpangan Vertikal – 1**

No	Pr	Tr	Yt	K	Xt
1	75	1.3	-0.33	-0.87	76.66
2	50	2	0.367	-0.14	96.8491
3	25	4	1.246	0.791	122.467

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.8 Uji Simpangan Vertikal – 2**

NO	Batas Kelas	Jumlah data		Fe-Ft	(Fe-Ft) <sup>2</sup> /Ft
		Fe	Ft		
1	0-76,66	2	2.5	-0.5	0.1
2	76,66-96,8491	4	2.5	1.5	0.9
3	96,841-122,467	3	2.5	0.5	0.1
4	122,467—Max	1	2.5	-1.5	0.9
Jumlah		10	10		2

Sumber : Hasil analisa

Dimana :

$$Ft = 25 \% \times n$$

$$= 0,25 \times 10 = 2,5$$

$$X^2 \text{ Hitung} = 2$$

$$\text{Banyak data (n)} = 10$$

$$\text{Taraf signifikan } (\alpha) = 5 \%$$

Keterangan :

Dari table Chi - Square didapatkan  $X^2_{cr} = 3,841$  untuk dk = 1 dan  $\alpha = 5\%$ ,

$X^2_{hitung} = 2$  karena  $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$ . **Berarti data sesuai, distribusi E. J. Gumbel.**

**Diterima.**

B) Uji Smirnov Kolmogorov untuk Metode Gumbel

Pada probabilitas E. J. Gumbel ini data diurutkan dari yang kecil ke yang besar.

$$Rrata = 100,59 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Sd = 27,66$$

$$Yn = 0,4952$$

$$Sn = 0,9496$$

Dimana :



$$S_n(x) = n/(m+1)$$

$$= 1/(10+1)$$

$$= 0,091$$

$$K = (R - R_{rata})/S_d$$

$$= (71,33 - 100,59)/27,66$$

$$= -1,0579$$

$$Y_t = (K * S_n) + Y_n$$

$$= (-1,063 * 0,9496) + 0,4952$$

$$= -0,5093$$

$$Tr = 1 - (e^{*}(-e^{*}(-Y_t)))$$

$$= 1(\text{EXP}(\text{EXP}(-0.509)))$$

$$= 1,824$$

$$Pr = 1/Tr$$

$$= 1/1,824$$

$$= 0,548$$

$$Px = 1 - Pr$$

$$= 1 - 0,548$$

$$= 0,452$$

$$D = P_x(x) - S_n(x)$$

$$= \text{ABS}(0.452 - 0.091) = 0.361$$

**Tabel 4.9 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov pada Probabilitas E. J.**

**GUMBEL**

No	X	Sn(x)	K	Yt	Tr	Pr	Px	D
					Tahun			
1	71.33	0.091	-1.06	-0.51	1.824	0.548	0.452	0.3608
2	74	0.182	-1.18	-0.62	1.708	0.585	0.415	0.2329
3	83.66	0.273	-0.96	-0.41	1.938	0.516	0.484	0.2114
4	89.33	0.364	-0.83	-0.29	2.116	0.473	0.527	0.1637
5	91.66	0.455	-0.77	-0.24	2.2	0.454	0.546	0.091
6	94	0.545	-0.72	-0.19	2.294	0.436	0.564	0.0185
7	109	0.636	-0.37	0.142	3.168	0.316	0.684	0.048
8	113	0.727	-0.28	0.23	3.521	0.284	0.716	0.0113
9	113	0.818	-0.28	0.23	3.521	0.284	0.716	0.1022
10	167	0.909	0.967	1.413	6E+01	0.016	0.984	0.0745
D Max								0.3608

Sumber : Hasil perhitungan

Banyaknya data (n) = 10

Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5%

$\Delta$  Max = 0.3608 pada peringkat m = 1

Keterangan :

Dengan (n) = 10 dan ( $\alpha$ )=0.05 maka harga  $\Delta$  Cr = 0,409 (dari tabel), karena  $\Delta$  Max = 0,3608 <  $\Delta$  Cr = 0.409, maka dapat disimpulkan bahwa **pengujian Smirnov Kolmogorof pada hipotesa E. J. Gumbel diterima.**

#### 4.2.2 Analisa Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Log Person Type III

**Tabel 4.10 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Type**

### III

No	Xi	Log Xi	$\frac{\log Xi - \log Xi}{n}$	$(\log Xi - \log Xi_{rt})^2$	$(\log Xi - \log Xi_{rt})^3$	$(\log Xi - \log Xi_{rt})^4$
1	71.33	1.853	-0.136	0.0186	-0.00254	0.000347
2	74	1.869	-0.121	0.0145	-0.00175	0.000211
3	83.66	1.923	-0.067	0.0045	-0.00030	0.000020
4	89.33	1.951	-0.039	0.0015	-0.00006	0.000002
5	91.66	1.962	-0.028	0.0008	-0.00002	0.000001
6	94	1.973	-0.017	0.0003	0.00000	0.000000
7	109	2.037	0.048	0.0023	0.00011	0.000005
8	113	2.053	0.063	0.0040	0.00025	0.000016
9	113	2.053	0.063	0.0040	0.00025	0.000016
10	167	2.223	0.233	0.0543	0.01264	0.002945
Jumlah	1005.98	19.898	0.000	0.1048	0.0086	0.0036
Rata2	100,59	1,990	-	-	-	-
Sd	0.108	-	-	-	-	-
Cs	0.948	-	-	-	-	-

Sumber: Hasil perhitungan

$$\log x = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{19,898}{10} = 1,99$$

#### 1. Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X_{RT})\}^2}{n-1}}$$

$$S = 0,108 \text{ mm}$$

$$Cs = \frac{10}{(10-1).(10-2)} \times \left[ \frac{0,009}{0,108} \right]^3$$

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum \left( \frac{\log Xi - \log X_{rt}}{S} \right)^3$$

Dari nilai Cs yang diperoleh dari hasil perhitungan, dapat dicari nilai K pada tabel Nilai K untuk distribusi *log- Person III*. Nilai K dapat diperoleh dengan melakukan interpolasi dengan nilai Cs yaitu 0.948, sesuai periode ulang T tahun.

Interpolasi nilai  $K_{2\text{Tahun}}$ .

$$K_{2\text{Tahun}} = -0,148 + \frac{0,948 - 0,9}{1 - 0,9} \times (-0,164 - (-0,148)) = -0,15572$$

**Tabel 4.11 Nilai CS Interpolasi Periode ulang 2 Tahun**

Cs	2 tahun
0.9	-0.148
0.948	-0.15572
1	-0.164

Sumber : Hasil perhitungan

Analisa Hujan Rancangan

a) Periode ulang 2 tahun.

cs = 0.948 dan Koef G = 0,148 di 0.9 dan -0.164 di 1

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{2\text{ tahun}} &= \log \bar{x} + Sd (\text{person}) \times K \\ &= 1,9898 + 0,108 \times -0,15572 \\ &= 1,9729 \end{aligned}$$

$$X_{2\text{ tahun}} = \text{antilog} (1,9729)$$

$$X_{2\text{ tahun}} = 93,9638 \text{ mm}$$

b) Periode ulang 5 tahun.

**Tabel 4.12 Nilai CS Interpolasi Periode ulang 5 Tahun**

Cs	5 tahun
0.9	0.769
0.948	0.76369
1	0.758

Sumber : Hasil perhitungan

cs = 0.948 dan Koef G = 0,769 di 0.9 dan 0.758 di 1

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{5 \text{ tahun}} &= \log \bar{x} + Sd (\text{person}) \times K \\ &= 1,9898 + 0,108 \times 0,76369 \\ &= 2,0721 \end{aligned}$$

$$X_{5 \text{ tahun}} = \text{antilog } (2,0721)$$

$$X_{5 \text{ tahun}} = 118,0764 \text{ mm}$$

c) Periode ulang 10 tahun.

**Tabel 4.13 Nilai CS Interpolasi Periode ulang 10 Tahun**

Cs	10 tahun
0.9	1.339
0.948	1.33793
1	1.34

Sumber : Hasil perhitungan

cs = 0.948 dan Koef G = 1.339 di 0.9 dan 1.340 di 1

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{10 \text{ tahun}} &= \log \bar{x} + Sd (\text{person}) \times K \\ &= 1,9898 + 0,108 \times 1,33793 \\ &= 2,134121 \end{aligned}$$

$$X_{10 \text{ tahun}} = \text{antilog } (2,134121)$$

$$X_{10 \text{ tahun}} = 136,18265 \text{ mm}$$

**Tabel 4.14 Perhitungan Analisa Hujan Rancangan Metode Log Person Type**

### III

Periode Ulang (Tahun)	Log X Rata-Rata	K	S log X	Log Xt	Xt (mm)
2	1.9898	-0.16	0.108	1.97296	93.9639
5	1.9898	0.764	0.108	2.07216	118.076
10	1.9898	1.339	0.108	2.13429	136.235

Sumber : Hasil perhitungan

A) Uji Chi Kuadrat

Pada probabilitas Log Person Type III

Jumlah kelas =  $1 + 3,22 \times \text{Log } P$

$$= 1 + 3,22 \times \text{Log } 10$$

$$= 4,22 \approx 4$$

Interval dari 25 adalah 25 : 50 : 75.

$$YT = -\ln \left\{ -\ln \left[ \frac{Tr-1}{Tr} \right] \right\}$$

$$Tr = 75 \rightarrow \frac{100}{75} = 1,33$$

$$YT = -\ln \left\{ -\ln \left[ \frac{1,33-1}{1,33} \right] \right\}$$

$$YT = -\ln \{ -\ln (0,2481) \}$$

$$YT = -0,327$$

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

$$= \frac{-0,327 - 0,4952}{0,9497}$$

$$= -0,865$$

$$Xt = \bar{x} + K \cdot S$$

$$= 1,990 + (-0,865) \cdot 0,108$$

$$= 1,90 \text{ mm}$$

$$X_{\text{thn}} = \text{antilog}(1,90)$$

$$X_{\text{thn}} = 78,7757 \text{ mm}$$

**Tabel 4.15 Uji Simpangan Vertikal -1 metode Log Person Type III**

N0	Batas Kelas	Jumlah data		Fe-Ft	(Fe-Ft) <sup>2</sup> /Ft
		Fe	Ft		
1	0-78,776	2	2.5	-0.5	0.1
2	78,776-94,437	4	2.5	1.5	0.9
3	94,437--118,86	3	2.5	0.5	0.1
4	118,86--	1	2.5	-1.5	0.9
Jumlah		10	10		2

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.16 Uji Simpangan Vertikal -2 metode Log Person Type III**

No	Pr	Log X <sub>rt</sub>	Cs	K	S	Log X	X (mm)
1	75	1.90	0.948	-0.87	0.108	1.896	78.776
2	50	1.90	0.948	-0.14	0.108	1.975	94.437
3	25	1.90	0.948	0.79	0.108	2.075	118.86

Sumber : Hasil analisa

Dimana :

$$Ft = 25 \% \times n$$

$$= 0,25 \times 10 = 2,5$$

$$X^2_{\text{Hitung}} = 2$$

Banyak data (n) = 10

Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %

Keterangan

Dari table Chi - Square didapatkan  $X^2_{cr} = 3.841$  untuk dk = 1 dan  $\alpha = 5\%$ ,

$X^2_{\text{hitung}} = 2$ . karena  $X^2_{\text{hitung}} < X^2_{cr}$  **berarti data sesuai, distribusi Log Person**

**Type III. Diterima.**

B) Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas Log Person Type III

Untuk analisa pada probabilitas Log Person Type III ini data diurutkan dari besar ke kecil.

Contoh Perhitungan nilai  $P_{\text{empiris}}$  pada log person type III

$$P_e = \frac{M}{N+1} \times 100 \% = \frac{1}{10+1} \times 100\% = 0,909$$

Contoh perhitungan nilai  $P_{\text{teoritis}}$  pada Log person type III

Untuk mencari  $P_{\text{teoritis}}$  pada grafik maka :

Pada  $\log x = 1,853$

$$G = (\log x - X_{\text{rata}}) / S$$

$$= (1,853-1,99) / 0,108$$

$$= -0,85$$

**Tabel 4.17 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Pada Distribusi Log Person Type III**

NO	Pe	X	Log Xi	G	Pr(x<)	Pe^	Pr^(x<)	D
	m/(n+1)				nilai 1- pe	m/(n-1)	nilai 1- pe^	
1	0.09091	71.33	1.853	0.911	0.909	0.111	0.889	0.020
2	0.18182	74	1.869	0.919	0.818	0.222	0.778	0.040
3	0.27273	83.66	1.923	0.945	0.727	0.333	0.667	0.061
4	0.36364	89.33	1.951	0.959	0.636	0.444	0.556	0.081
5	0.45455	91.66	1.962	0.965	0.545	0.556	0.444	0.101
6	0.54545	94	1.973	0.970	0.455	0.667	0.333	0.121
7	0.63636	109	2.037	1.002	0.364	0.778	0.222	0.141
8	0.72727	113	2.053	1.010	0.273	0.889	0.111	0.162
9	0.81818	113	2.053	1.010	0.182	1.000	0.000	0.182
10	0.90909	167	2.223	1.093	0.091	1.111	-0.111	0.202
-	-	-	19.898	-	-	-	Dmax	0.202

Sumber : Hasil perhitungan



Banyak data (n) = 10

Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %

D max = 0,20202

Dari tabel Uji Smirnov Kolmogorof didapatkan  $X^2_{cr} = 4.09$  untuk  $dk = 1$  dan  $\alpha = 5\%$ ,  $X^2_{hitung} = 0.2$ . karena  $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$  **berarti data sesuai, distribusi Log Person Type III. Diterima.**

#### 4.2.3 Kesimpulan dari Uji Distribusi Frekuensi

**Tabel 4.18 Curah Hujan Rancangan Kala Ulang Tertentu**

No	Kala Ulang	Hujan Rancangan (mm)	
	(tahun)	Metode Log Person type III	Metode E. J. Gumbel
1	2	93.963	96.835
2	5	118.076	129.868
3	10	136.235	151.725

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 4.19 Hasil Pengujian Smirnov Kolmogorof**

	Smirnov Kolmogorof	
	Metode Log Person type III	Metode E. J. Gumbel
D Maks	0.202020202	0.3608
Taraf Signifikan	5%	5%
D Kritis	0.409	0.409
Hipotesa	Di terima	Diterima

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 4.20 Hasil Pengujian Chi Kuadrat**

	Chi Kuadrat	
	Metode Log Person type III	Metode E. J. Gumbel
Chi Square Hitung	2	2
Taraf Signifikan	5%	5%
Chi Square Kritis	3.841	3.841
Hipotesa	Di terima	Diterima

Sumber : Hasil Analisa

Kesimpulan dari hasil analisa Uji Distribusi Frekuensi diatas, disesuaikan bahwa pengujian menggunakan metode Log Person Type III dan metode E. J. Gumbel. Hasil yang digunakan pengujiannya  $\Delta$  maks lebih kecil, maka digunakan metode Log Person III.

### 4.3 Analisa Debit Banjir

#### 4.3.1 Analisa Waktu Konsentrasi ( Tc )

Waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan lamanya air hujan mengalir dari hulu sungai hingga ke tempat keluaran DAS. Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan persamaan kirpich dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

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

Dimana :

Tc : Waktu konsentrasi dalam jam

L : Panjang sungai dalam Km

S : Kemiringan sungai dalam m/m

Adapun :

L : 70 km

S : 0,017 m/m

Durasi hujan sering dikaitkan dengan konsentrasi sehingga sangat berpengaruh pada besarnya debit yang masuk ke saluran atau sungai. Jika tidak diperoleh waktu konsentrasi sama dengan intensitas curah hujan.

$$T_c = \left[ \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right]^{0,385} = \left[ \frac{0,87 \times 70^2}{1000 \times 0,0017} \right]^{0,385} = 1,63 \text{ jam}$$

Jadi waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) daerah pengaliran Lesti = 1,63 jam.

#### 4.3.2 Analisa Intensitas Hujan ( I )

Curah hujan jam – jaman sebenarnya tidak terdapat pada stasiun pengamatan curah hujan yang tidak otomatis dan data yang tersedia berupa data – data curah hujan harian. Metode pendekatan untuk memperkirakan sebaran hujan jam – jaman harian, untuk hasil intensitas curah hujan menggunakan Mononobe sebagai berikut :

**Tabel 4.21 Curah Hujan Harian Rerata DPS Lesti**

Curah Hujan Harian Maximum hari yang sama					d (mm)	Hujan Daerah Maks	d (mm)
No	Tahun	Dampit	Poncokusuma	Tangkilsari			
		253,01 km <sup>2</sup>	99,95 km <sup>2</sup>	29,04 km <sup>2</sup>			
		0.66	0.26	0.08			
1	23-11-04	18	64	19	34	64	30.04
2	18-01-05	9	41	50	33	50	20.6
3	20-02-06	57	32	46	45	57	49.62
4	14-02-07	16	10	25	17	25	15.16
5	23-03-08	17	27	27	24	27	20.4
6	26-12-09	86	5	42	44	86	61.42
7	07-02-10	53	90	46	63	90	62.06
8	22-12-11	9	60	9	26	60	22.26
9	19-11-12	8	22	4	11	22	11.32
10	27-11-13	26	24	21	24	26	25.08

Sumber : Data dan hasil perhitungan

$$I = \frac{30,04}{24} \times \frac{24}{1,63} ^{2/3} = 7,519 \text{ mm/jam}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 4.22 Perhitungan Intensitas Hujan DPS Lesti**

Tahun	Intensitas Hujan (mm/jam)
2004	7.519190909
2005	5.156302687
2006	12.42018152
2007	3.794638288
2008	5.106241496
2009	15.3737918
2010	15.53398761
2011	5.571810573
2012	2.833463418
2013	6.277673368

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.3.3 Analisa Debit Banjir Rancangan Metode Rasional

Perhitungan koefisien pengaliran menggunakan metode Rasional, dengan bentuk persamaan :  $Q = 0,2778 \cdot C \cdot I \cdot A$

Dimana :

$Q$  = debit air hujan (  $m^3 \cdot det^{-1}$  ).

$C$  = koefisien pengaliran.

$I$  = intensitas hujan (  $mm \cdot jam^{-1}$  ).

$A$  = Luas daerah pengaliran (  $km^2$  ).

**Tabel 4.23 Debit Banjir Rancangan Metode Rasional**

No	Tr	C	I	A	Q metode
			(mm/jam)	(km <sup>2</sup> )	Rasional (m <sup>3</sup> /detik)
1	2	0.2188	93.963	382	6.0603
2	5	0.2188	118.076	382	7.6155
3	10	0.2188	136.235	382	8.7867

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel di atas dapat dinyatakan bahwa pada periode ulang 2 tahun dengan intensitas hujan 93.963 mm/jam dengan luas wilayah DAS Lesti, maka debit banjir yang diperoleh sebesar 6,060 m<sup>3</sup>/detik

dapat dijadikan sebagai bahan dasar untuk perencanaan bangunan pengendali banjir.

#### 4.4 Debit Air Hujan Limpasan

##### 4.4.1 Perhitungan Debit Air Hujan Limpasan

Dalam perhitungan debit air hujan limpasan, dilakukan pada tiap-tiap daerah pengaliran yang ada dengan menggunakan metode rasional.

**Tabel 4.24 Debit Air Hujan Limpasan**

Kecamatan	Landuse	A	I	C	Q	Q total (m <sup>3</sup> /jam)
(A) Dampit = 135,67	Sawah	14.763	93.963	0.12	0.0462	0.3462
	Tegal	71.103	93.963	0.05	0.0928	
	Perkebunan	25.607	93.963	0.12	0.0802	
	Hutan	3.372	93.963	0.1	0.0088	
	Permukiman	16.271	93.963	0.25	0.1062	
	Bangunan industry	0.055	93.963	0.2	0.0003	
	Lahan tidak digunakan	4.501	93.963	0.1	0.0117	
	Total Luas	135.672	-	-	-	
(A) Poncokusuma=206,32	Sawah	17.36	93.963	0.12	0.0544	0.6176
	Tanah kering	68.03	93.963	0.1	0.1776	
	Hutan Negara	93.76	93.963	0.1	0.2447	
	Hutan rakyat	8.5	93.963	0.1	0.0222	
	Permukiman	18.1	93.963	0.25	0.1181	
	Lahan tidak digunakan	0.57	93.963	0.05	0.0007	
	Total Luas	206.32	-	-	-	
(A)Tangkil sari=48,612	Sawah	1.503	93.963	0.12	0.0047	0.2822
	Ladang	0.976	93.963	0.12	0.0031	
	Permukiman	33.809	93.963	0.25	0.2206	
	Bangunan industry	10.31	93.963	0.2	0.0538	
	Lahan tidak digunakan	0.0145	93.963	0.1	0.0000	

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

#### 4.5 Sumur Resapan

##### 4.5.1 Perhitungan Tinggi Muka Air Dalam Sumur Resapan (H)

Pada dasar sumur dihamparkan lapisan batu belah atau puing batu merah yang bersih dari serpihan adukan dan bahan organic setebal 40 cm untuk mencegah terjadi erosi pada dasar sumur akibat benturan dari jatuhnya air.

Penutup sumur dibuat dari plat beton bertulang tebal 10 cm dan setelah sumur ditutup, di atasnya ditimbun dengan tanah setebal 15 cm.

Tinggi muka air dalam sumur resapan untuk tiap-tiap Kecamatan dihitung dengan persamaan rumus yaitu

Contoh perhitungan untuk Kecamatan Poncokusuma :

$$\text{Debit (Qi)} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Lama hujan (t)} = 3600 \text{ det}$$

$$\text{Koefisien permeabilitas (k)} = 7,85 \times 10^{-6} \text{ cm/det}$$

$$\text{Jari-jari sumur ( R )} = \frac{1}{2} \times d = 1,2$$

$$\text{Faktor geometric} = 2 \times \Pi \times 1,2 = 7,536 \text{ m}$$

Tinggi muka air dalam sumur resapan =

$$H = \frac{Qi}{F \times K} \times \left[ 1 - \exp \left[ - \frac{F \times k \times t}{\Phi \times R^2} \right] \right] =$$

$$= \frac{0,0019}{7,536 \times 0,00000785} \times \left[ 1 - \exp \left[ - \frac{7,536 \times 0,00000785 \times 3600}{3,14 \times (1,2)^2} \right] \right]$$

$$=$$

$$= 1,49 \text{ m}$$

**Tabel 4.25 Tinggi Muka Air Dalam Sumur**

Kecamatan	Landuse	Qi (m <sup>3</sup> /det)	T (detik)	K	R (m)	F (m)	H (m)
Poncokusuma	Permukiman	0.0019	3600	0.00000785	1.2	7.536	1.496
Dampit	Permukiman	0.0024	3600	0.00000785	1.2	7.536	1.862
Dampit	Bangunan Industri	0.0010	3600	0.00000785	1.2	7.536	0.771
Tangkil sari	Permukiman	0.0011	3600	0.00000785	1.2	7.536	0.844
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.0010	3600	0.00000785	1.2	7.536	0.771

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.5.2 Perhitungan Tinggi Muka Air Sumur Rencana (HSR)

Kedalaman sumur resapan (Hsr) untuk Kecamatan Poncokusuma :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi muka air sumur rata-rata} &= 1,496 \text{ m} \\ \text{Tebal isian sumur (Is)} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Tebal tutup sumur (Ts)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Tebal timbunan tanah (Tt)} &= 0,15 \text{ m} \\ \text{Diameter pipa peluap (Dp)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Kedalaman sumur resapan (Hsr)} &= H_r + I_s + T_s + T_t + D_p \\ &= 2,246 \approx 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan sumur resapan ini dipakai kedalaman 3 m dan untuk tinggi muka air dalam sumur rencana (Hrenc) adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{renc}} &= H_{\text{sr renc}} - (I_s + T_s + T_t + D_p) \\ &= 3 - (0,4 + 0,1 + 0,15 + 0,1) = 2,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan diperolehnya tinggi muka air dalam sumur rencana, maka debit masukan dari sumur resapan rencana dapat dihitung.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi muka air dalam sumur rencana (Hrenc)} &= 2,25 \text{ m} \\ \text{Lama hujan (t)} &= 3600 \text{ det} \\ \text{Koefisien permeabilitas (k)} &= 7,85 \times 10^{-6} \text{ cm/det} \end{aligned}$$

Jari-jari sumur yang direncanakan supaya tidak terjadi luapan (Rrenc) = 1,2 m

$$\begin{aligned} \text{Faktor geometrik (f)} &= 2 \times \Pi \times R \\ &= 2 \times 3,14 \times 1,2 = 7,536 \text{ m} \end{aligned}$$

Debit masukan rencana (Qi renc) =

$$Q_{\text{irenc}} = \frac{H_{\text{renc}} \times F \times K}{1 - \exp\left[-\frac{F \times k \times t}{\text{Phi} \times R^2}\right]}$$

$$= \frac{2,25 \times 7,536 \times 7,85 \times 10^{-6}}{1 - \exp\left[-\frac{7,536 \times 0,00000785 \times 3600}{3,14 \times (1,2)^2}\right]}$$

$$= \frac{0,000133105}{0,046008006}$$

$$= 0,00289 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit air hujan maksimum yang dapat tertampung di dalam sumur resapan untuk rumah tipe 60 adalah sebesar debit masukan sumur rencana, yaitu 0,00289 m<sup>3</sup>/det.

Jika debit air hujan yang jatuh dari atap lebih besar dari debit masukan sumur rencana, maka akan terjadi luapan air di dalam sumur. Kelebihan air ini akan melalui pipa peluap yang kemudian akan melimpas kembali, sebaliknya untuk debit air hujan dari atap yang besarnya kurang dari debit masukan sumur rencana, maka seluruhnya akan tertampung di dalam sumur resapan.

**Tabel 4. 26 Perhitungan Debit Masukan dan Debit Luapan**

**Tiap Sumur Resapan Diameter 2,4 m**

Kecamatan	Landuse	Qi (m <sup>3</sup> /det)	Qi Renc (detik)	Ql
Poncokusuma	Permukiman	0.0019	0.0028	0
Dampit	Permukiman	0.0024	0.0028	0
Dampit	Bangunan Industri	0.0010	0.0028	0
Tangkil sari	Permukiman	0.0011	0.0028	0
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.0010	0.0028	0

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan sumur resapan yang direncanakan. Diameter yang direncanakan dari rata-rata diameter sumur resapan ternyata tidak mengalami debit luapan. Sehingga saran dalam merencanakan diameter sumur resapan untuk perumahan diusahakan tidak mengalami luapan. Untuk lebih efisien



menggunakan diameter yang dipakai, saat lahan penggunaan sulit dipakai. Disarankan diameter sumur resapan adalah 1 m dan kedalaman sumur rencana yang dipakai 6 m.

Kedalaman sumur resapan (Hsr) untuk Kecamatan Tangkilsari :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi muka air sumur rata-rata} &= 4,709 \text{ m} \\
 \text{Tebal isian sumur (Is)} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Tebal tutup sumur (Ts)} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Tebal timbunan tanah (Tt)} &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa peluap (Dp)} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman sumur resapan (Hsr)} &= H_r + I_s + T_s + T_t + D_p \\
 &= 5,459 \approx 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan sumur resapan ini dipakai kedalaman 3 m dan untuk tinggi muka air dalam sumur rencana (Hrenc) adalah

$$\begin{aligned}
 H_{\text{renc}} &= H_{\text{sr renc}} - (I_s + T_s + T_t + D_p) \\
 &= 6 - (0,4 + 0,1 + 0,15 + 0,1) = 5,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dengan diperolehnya tinggi muka air dalam sumur rencana, maka debit masukan dari sumur resapan rencana dapat dihitung.

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi muka air dalam sumur rencana (Hrenc)} &= 5,25 \text{ m} \\
 \text{Lama hujan (t)} &= 3600 \text{ det} \\
 \text{Koefisien permeabilitas (k)} &= 7,85 \times 10^{-6} \text{ cm/det}
 \end{aligned}$$

Jari-jari sumur yang direncanakan supaya tidak terjadi luapan (Rrenc) = 0,5 m

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor geometrik (f)} &= 2 \times \Pi \times R \\
 &= 2 \times 3,14 \times 0,5 = 3,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Debit masukan rencana (Qi renc) =

$$\begin{aligned}
Q_{irenc} &= \frac{H_{renc} \times F \times K}{1 - \exp\left[-\frac{F \times k \times t}{\Phi \times R^2}\right]} \\
&= \frac{5,25 \times 3,14 \times 7,85 \times 10^{-6}}{1 - \exp\left[-\frac{3,14 \times 0,00000785 \times 3600}{3,14 \times (0,5)^2}\right]} \\
&= \frac{0,0000129407}{0,106885065} \\
&= 0,00120714 \text{ m}^3/\text{det}
\end{aligned}$$

Debit air hujan maksimum yang dapat tertampung di dalam sumur resapan untuk rumah tipe 60 adalah sebesar debit masukan sumur rencana, yaitu 0,00120714 m<sup>3</sup>/det.

**Tabel 4. 27 Perhitungan Debit Masukan dan Debit Luapan  
Tiap Sumur Resapan Diameter 1m**

Kecamatan	Landuse	Qi (m <sup>3</sup> /det)	Qi Renc (detik)	Ql
Poncokusuma	Permukiman	0.0019	0.0012	0.0007
Dampit	Permukiman	0.0024	0.0012	0.0012
Dampit	Bangunan Industri	0.0010	0.0012	0.0000
Tangkil sari	Permukiman	0.0011	0.0012	0.0000
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.0010	0.0012	0.0000

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.5.3 Pengurangan Limpasan permukaan

Pengurangan limpasan permukaan terjadi akibat debit air hujan yang jatuh di atas atap ditampung dalam sumur resapan yang kemudian akan meresap ke dalam tanah. Total debit air hujan yang tertampung dalam sumur resapan pada masing masing kecamatan di DPS Lesti dihitung dengan mengkalikan masing -

masing debit untuk satu sumur dengan jumlah sumur yang direncanakan pada setiap kawasan dan hasilnya dijumlahkan. Dari hasil, debit air hujan yang melimpas di daerah studi sebelum adanya sumur buatan resapan dapat diketahui dan setelahnya ada sumur resapan debit air hujan yang melimpas di daerah studi juga dapat diketahui, sehingga terjadi pengurangan limpasan sebesar persen dari total debit air.

**Tabel 4.28 Debit Air Hujan Limpasan**

Kecamatan	Landuse	Harga C	Q total Debit Limpasan
Poncokusuma	Permukiman	0.25	0.118
Dampit	Permukiman	0.25	0.106
Dampit	Bangunan Industri	0.2	
Tangkil sari	Permukiman	0.25	0.274
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.2	
Total			0.498

Sumber : Hasil Data tabel 4.24

**Tabel 4.29 Jumlah Sumur Resapan Diameter 1 m**

Kecamatan	Landuse	Qi	Qi Renc	Jumlah Sumur	Qi R x Jumlah
Poncokusuma	Permukiman	0.0019	0.0012	18	0.0216
Dampit	Permukiman	0.0024	0.0012	16	0,0312
Dampit	Bangunan Industri	0.0010	0.0012	10	
Tangkil sari	Permukiman	0.0011	0.0012	12	0,0264
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.0010	0.0012	10	
Total		0,0074		66	0,0792

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.30 Jumlah Sumur Resapan Diameter 2,4 m**

Kecamatan	Landuse	Qi	Qi Renc	Jumlah Sumur	Qi R x Jumlah
Poncokusuma	Permukiman	0.0019	0.0028	5	0.0144
Dampit	Permukiman	0.0024	0.0028	6	0,0202
Dampit	Bangunan Industri	0.0010	0.0028	1	
Tangkil sari	Permukiman	0.0011	0.0028	5	0,0173
Tangkil sari	Bangunan Industri	0.0010	0.0028	1	
Total		0,0074		18	0,052

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.31 Perhitungan Debit Limpasan Setelah Adanya Sumur Resapan**

Kecamatan	Landuse	Q total	Qi renc Semua	Q Sisa limpasan
Poncokusuma	Permukiman	0,118	0,036	0,152
Dampit	Permukiman	0,106	0,0514	0,0546
Dampit	Bangunan Industri			
Tangkil sari	Permukiman	0,274	0,0437	0,2303
Tangkil sari	Bangunan Industri			
Total		0,498	0,1312	0,3668

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, debit air hujan yang melimpas di daerah studi sebelum adanya (sumur resapan) sebesar  $0,498 \text{ M}^3/\text{det}^{-1}$ . Setelah adanya sumur resapan. Maka debit air hujan yang melimpas di daerah studi berkurang sebesar  $0,3668 \text{ M}^3/\text{det}^{-1}$ . Sehingga terjadi pengurangan limpasan sebesar 26% dari total debit air hujan limpasan yang terjadi sesudah adanya sumur resapan di daerah studi.

#### **4.5.4 Perencanaan Konstruksi Sumur Resapan**

Konstruksi sumur resapan direncanakan sesuai dengan alternative pemakaian bahan bangunan yang ditetapkan dalam SK SNI S-4-1990-F. Bentuk muka sumur direncanakan berbentuk lingkaran. Ruang sumur disediakan tetap kosong guna menampung air sebelum meresap ke dalam tanah.

Dinding sumur terbuat dari susunan bata merah atau batu cetak batako tanpa diplester dengan tebal setengah batu untuk melindungi dinding tanah dari bahaya longsor. Sedangkan untuk dinding sumur bagian bawah bata merah atau batu cetak batako disusun sedemikian rupa sehingga terdapat celah-celah pada dinding.

Bagian penunjang pada sumur resapan terdiri dari saluran pemasukan, saluran pelimpah dan bak kontrol. Saluran pemasukan berfungsi untuk menghubungkan talang tegak dengan sumur resapan, sedangkan saluran pelimpah berfungsi untuk melimpahkan air apabila sewaktu-waktu debit yang masuk melebihi daya tampung sumur. Saluran pemasukan dan saluran pelimpah direncanakan berupa pipa dengan diameter 100-150mm.

Untuk bangunan beratap yang melengkapi dengan talang, maka air hujan disalurkan melalui talang menuju sumur resapan. Sebelum air hujan masuk ke dalam sumur, air harus melalui bak kontrol terlebih dahulu. Bak kontrol dibuat pada jarak kurang lebih 1m sebelum saluran masuk ke sumur. Fungsi bak kontrol adalah untuk menjaga agar endapan dan kotoran yang terbawa air dari atap dapat diendapkan dan tidak langsung masuk ke sumur resapan. Untuk memudahkan pengontrolan maka bak kontrol perlu dibuatkan penutup sehingga sewaktu-waktu dapat dibuka dan ditutup. Bak kontrol direncanakan dengan ukuran 70 x 70 cm yang dindingnya dapat dibuat pasangan bata merah. Jarak sumur resapan dengan bangunan adalah 3 m dan jarak bak kontrol dengan sumur resapan adalah 2.5 m.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari Hasil Studi ini dapat disimpulkan beberapa hal, yang meliputi :

1. Besarnya debit limpasan permukaan (*run off*) air hujan yang terjadi di wilayah Permukiman Kec Dampit dan wilayah sekitarnya di Kec Poncokusuma dan Kec Tangkilsari dengan landuse permukiman seluas 78,54 km<sup>2</sup> adalah sebesar 0,498 m<sup>3</sup>/det.
2. Besarnya debit luapan air limpasan permukaan (*run off*) setelah berasal dari lahan dengan permukiman dan bangunan industri yang menerapkan sumur resapan pada daerah studi sebesar 0,3668 M<sup>3</sup>/det<sup>-1</sup>. Sehingga terjadi pengurangan limpasan sebesar 26% dari total debit air hujan limpasan yang terjadi sesudah adanya sumur resapan di daerah studi.
3. Berdasarkan besar debit masukan sumur yang berasal dari luasan atap sebagai bidang tangkapan air hujan diperoleh ukuran sumur resapan dengan diameter yang dikehendaki adalah 1m dan 2,4 m. Sumur berdiameter 1 m tinggi ruang kosong dalam sumur untuk menampung air hujan dari atap sebelum meresap ke dalam tanah adalah 6m dan Sumur berdiameter 2,4 m tinggi ruang kosong dalam sumur untuk menampung air hujan dari atap sebelum meresap ke dalam tanah adalah 3 m

#### **5.2 Saran**

Saran – saran yang diajukan dengan hasil studi ini adalah :

1. Agar memperoleh debit resapan yang lebih besar dari debit resapan pada hasil studi ini, debit masukan sumur resapan disamping berasal dari atap dapat dipertimbangkan untuk masukan dari air hujan yang berada pada perkerasan di pekarangan dan di luar pekarangan bangunan serta dari saluran drainase.
2. Masyarakat seharusnya sudah memulai membangun system drainase air hujan yang berupa sumur resapan, baik secara individu maupun kolektif.
3. Perencanaan sumur resapan tidak hanya dibangun pada daerah – daerah yang mengalami genangan, tetapi juga dapat direncanakan pada daerah yang tidak mengalami genangan dengan tujuan untuk menyerap air hujan dan mengurangi limpasan air permukaan yang diakibatkan adanya hujan. Sehingga bisa terserap ke dalam tanah yang pada akhirnya berfungsi meninggikan permukaan air tanah serta dapat bermanfaat pada musim kemarau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pu, SK SNI. T-06-1990-F Bidang PU. *Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Perkarangan*. LPMB, Bandung.
- G. N I Bagus Widhi, ST. 2004. *Kajian Pengembangan Sumur Resapan Air Hujan Di Kota Tabanan*. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Pengairan. FTSP, ITN Malang.
- Martson Herdeman, ST. 2014. *Optimasi Jumlah Sumur Resapan Di Wilayah Kota Batu*. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Pengairan. FTSP, ITN Malang.
- Maryana Anna, ST. 2004. *Kajian Perubahan Koefisien Pengaliran Akibat Kerusakan Hutan Dan Perubahan Tata Guna Lahan*. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Pengairan. FTSP, ITN Malang.
- Mundra, I Wayan. dkk. 2002. *Kajian Sistem Drainase Air Hujan Sumur Resapan Di Kota Malang* Jurusan Teknik Pengairan. FTSP. ITN Malang
- Soemarto, CD., B.I.E., Dipl., He, 1986. *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung
- Subarkah, Iman. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suripin, Dr., Ir., M., Eng. 2004. *Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.