

**KAJIAN SISTEM DRAINASE PADA UNIVERSITAS NEGERI  
YOGYAKARTA KAMPUS KARANGMALANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna  
Memperoleh Gelar Ahli Madya**



**Oleh**

**Dwi Yulianto**

**07510134007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
JUNI 2012**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PROYEK AKHIR**

**KAJIAN SISTEM DRAINASE PADA UNIVERSITAS NEGERI  
YOGYAKARTA KAMPUS KARANGMALANG**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : Dwi Yulianto

NIM : 07510134007

Telah Dipertahan Di Depan Panitia Penguji Proyek Akhir Jurusan Pendidikan

Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 28 Januari 2013

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

**Susunan Panitia Penguji**

**Jabatan**

**Nama Lengkap**

**Tanda Tangan**

1. Ketua/Pembimbing

Didik Purwantoro, S.T., M.Eng.

.....  


2. Penguji Utama I

Drs. H. Lutjito, MT.

.....

3. Penguji Utama II

Drs. Darmono, MT.

.....  


Yogyakarta, 28 Januari 2013

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



  
Dr. Moch. Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003

## **PERSETUJUAN**

Proyek Akhir yang berjudul “ *Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang* ” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, ... September 2012

Dosen Pembimbing



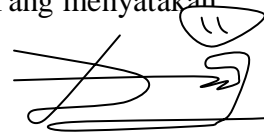
Didik Purwantoro, S.T,M.Eng.  
NIP. 19730130 199802 2 001

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya di suatu Perguruan Tinggi lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, .... September 2012

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'D' followed by a horizontal line and a vertical stroke, with a small circle above the vertical stroke.

Dwi Yulianto

NIM. 07510134007

MoTTo

*'Apapun Itu Jika Dikerjakan Dengan Hati Yang Tulus  
Dan Bersih Maka Akan Lebih Bermakna'*

*"Walaupun Langit Mendung Kaulah Binataang Dihati Ku"*

*"Tugas Kita Bukanlah Untuk Berhasil, Tugas Kita Adalah  
Untuk Mencoba. Karena Didalam Mencoba Itulah Kita  
Menemukan Dan Belajar Membangun Kesempatan Untuk  
Berhasil"*

*(Mario Teguh 2009)*

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala rahmat serta hidayah-nya, sehingga karya ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita pada jalan yang terang benerang dimuka bumi ini. Dengan segala ketulusan dan keikhlasan. Kupersembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tuaku tercinta, tiada puisi terindah selain untaian doamu yang selalu menyertai langkahku. Terimakasih atas kasih sayang, nasehat, motivasi dan “perjuangan” semoga Allah memberi yang terbaik bagi beliau.
2. Milawati yang kusayangi, terimakasih atas bantuan, doa, semangat, dan sabar dalam menghadapiku.
3. Semua guru – guruku mulai dari SD, SMP, SMK sampai perguruan tinggi. Yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya dengan penuh ikhlas dan kesabaran.
4. Teman-teman seperjuangan semua angkatan 07, terima kasih atas segala bantuan, kebersamaan keceriaan dan Motivasinya.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang kubanggakan.

# **KAJIAN SISTEM DRAINASE PADA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA KAMPUS KARANGMALANG**

**Oleh : Dwi Yulianto**

**Nim : 07510134007**

## **ABSTRAK**

Drainase merupakan saluran untuk membuang atau mengalirkan Air hujan pada saat musim hujan, jalan di permukiman kampus Universitas Negeri Yogyakarta Karangmalang, tergenang air pada saat hujan sangat lebat periode ulang 10 tahun dengan durasi hujan 30 menit. Tujuan dari penulisan Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang ini untuk mengetahui berapa sumur resapan yang dibutuhkan apabila dipakai sistem drainase sumur resapan.

Tinjauan drainase pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang ini menggunakan Metode Gumbel untuk memperoleh nilai rata-rata, standar Deviasi sehingga mendapat curah hujan maksimum dengan kala ulang 10 tahun durasi 30 menit mendapat intensitas hujan sebesar 55,77 mm/jam hasil perhitungan dengan menggunakan Metode Rasional mendapat debit (Q) banjir maksimum sebesar 2,44 m<sup>3</sup>/detik

Sumur resapan yang digunakan pada Kajian Sistem Drainase Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang menggunakan diameter 1 meter dengan kedalaman 7 meter. Sumur resapan tersebut akan disebar pada 7 blok bagian pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang. Untuk menampung hujan sangat lebat periode ulang 10 tahun dengan durasi 30 menit membutuhkan 732 buah sumur resapan.

**Kata kunci : Drainase, Kampus, Sumur Resapan**

## KATA PENGANTAR

*Assallamuallaikum, Wr. Wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan Proyek Akhir yang berjudul "*Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang*".

Dalam penulisan proyek akhir ini penulis banyak mendapatkan banyak masukan yang berguna sehingga laporan proyek akhir ini dapat terselesaikan. Dengan terselesaikannya laporan ini penyusun juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Didik Purwantoro, S.T,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
2. Bapak Ir. Surahmad Mursidi selaku Penasehat Akademik.
3. Bapak Agus Santoso, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan.
4. Seluruh anggota keluarga, bapak, ibu, yang aku cintai ; terima kasih atas segala dukungannya baik berupa doa, semangat, maupun materil selama ini yang telah kau berikan.
5. Teman-teman civil '07 dan teman satu kelasku yang telah membuat hidup terasa ramai, penuh dengan seyuman, saling memaafkan, aku sangat bahagia saat menjalani kuliah bersama kalian.



Pada akhir penulisan Proyek Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis meminta saran dan kritik sehingga laporan proyek akhir dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan proyek akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan warga masyarakat pada umumnya.

*Wassalamu`alaikum, Wr. Wb.*

Yogyakarta, September 2012

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN ... ..	ii
PERSETUJUAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN .....	iv
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAAN .....	vi
ABSTRAK ... ..	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR ... ..	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah .....	3
E. Maksud dan Tujuan .....	3
F. Manfaat .....	4
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
A. Drainase .....	5
1. Pengertian .....	5
2. Jenis Drainase .....	6
B. Hidrologi .....	7
1. Hujan .....	8
2. Siklus Hidrologi .....	12
3. Curah Hujan Rata – rata Daerah Aliran .....	14
4. Kala Ulang Hujan .....	19
5. Curah Hujan Maksimum Harian Rata – Rata .....	20

6. Intensitas Hujan .....	21
7. Distribusi Gumbel .....	22
8. Pengeplotan Probabilitas .....	26
9. Penentuan Banjir Rencana.....	28
a. Metode Rasional .....	28
b. Koefisien Aliran Permukaan .....	29
c. Daerah Pengaliran .....	32
d. Koefisien Tampungan .....	32
e. Kecepatan Rembesan pada Tanah Berlapis .....	33
f. Porositas .....	33
C. Konsep Sistem Drainase yang Berkelanjutan .....	34
D. Sumur Resapan Dangkal .....	36
a. Permeabilitas Tanah .....	39
b. Sunjoto .....	39
c. Metode PU .....	40
d. Penempatan Sumur Resapan .....	42
<b>BAB III. TAHAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
A. Obyek Penelitian .....	44
B. Waktu .....	44
C. Data Penelitian .....	44
D. Topografi .....	45
E. Pola Aliran Drainase .....	45
F. Klimatologi dan Curah Hujan .....	46
G. Data Curah Hujan .....	46
H. Data Permukiman .....	47
I. Peralatan Penelitian .....	48
J. Cara Pengambilan Data .....	48
K. Teknik Pengumpulan Data .....	48
L. Analisa Data .....	49
<b>BAB IV.HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
A. Data Drainase .....	50

B. Data Permukiman .....	50
C. Perhitungan Curah Hujan .....	52
1. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian.....	52
D. Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	56
1. Koefisien Pengaliran .....	56
2. Curah Hujan Maksimum.....	58
3. Menghitung Intensitas Curah Hujan .....	58
4. Perhitungan Debit Air Hujan .....	59
E. Menghitung Sumur Resapan Dangkal .....	60
1. Blok Fakultas Teknik.....	60
2. Blok FISE .....	64
3. Blok FMIPA dan FIP .....	67
4. Blok FBS dan FIK .....	70
5. Blok Rektorat .....	74
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>79</b>
A. Kesimpulan .....	79
B. Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Reduced mean, $Y_n$ .....	24
Tabel 1.2 Reduced standard deviation, $S_n$ .....	25
Tabel 1.3 Reduced variate, $Y_{T_r}$ sebagai fungsi periode ulan .....	25
Tabel 1.4 Koefisien limpasan untuk metode rasional .....	30
Tabel 1.5 Koefisien aliran untuk metode rasional rasional .....	31
Tabel 1.6 Porositas jenis tanah .....	34
Tabel 1.7 Jarak minimum sumur resapan dengan bangunan lainnya .....	42
Tabel 1.8 Curah hujan harian rata – rata empat stasiun .....	46
Tabel 1.9 Perhitungan hujan maksimum harian rata – rata .....	53
Tabel 1.10 Hujan maksimum harian rata – rata .....	54
Tabel 1.11 Perhitungan dari nilai ekstrim metode gumbel .....	55
Tabel 1.12 Perhitungan data tata guna UNY karangmalang .....	57
Tabel 1.13 Perhitungan data tata guna blok FT .....	60
Tabel 1.14 Perhitungan data tata guna blok FISE .....	64
Tabel 1.15 Perhitungan data tata guna blok FMIPA dan FIP .....	67
Tabel 1.16 Perhitungan data tata guna blok FBS dan FIK .....	70
Tabel 1.17 Perhitungan data tata guna blok Rektorat .....	74

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Drainase buatan .....	7
Gambar 2. Siklus hidrologi .....	14
Gambar 3. Poligon thiessen.....	17
Gambar 4. Isohyet.....	18
Gambar 5. Klasifikasi usuha dalam manajemen banjir.....	36
Gambar 6. Debit resapan pada sumur dengan berbagai kondisi .....	38
Gambar 7. Bagan alir pembuatan sumur resapan .....	41
Gambar 8. Tata letak sumur resapan .....	43
Gambar 9. Denah UNY Karangmalang .....	51
Gambar 10. Prosentase komposisi UNY Karangmalang .....	57

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Sistem saluran drainase pada permukiman penduduk sangatlah penting guna menjamin kenyamanan penghuni pada permukiman tersebut, karena tidak sedikit kompleks perumahan atau permukiman yang mengalami banjir dikarenakan sistem drainase yang kurang baik, disamping itu juga kurang adanya saluran drainase yang baik dan memenuhi standar yang telah ditentukan. Drainase merupakan suatu sarana atau prasarana untuk mengalirkan air hujan dari suatu tempat ketempat lain, misalnya dari daerah permukiman/perkampungan kedaerah pembuangan seperti saluran utama, sungai, danau, laut.

Drainase sendiri berasal dari bahasa inggris “drainage” yang mempunyai arti kata membuang, mengalirkan, atau mengalihkan air. Dalam teknik sipil Sistem drainase dapat didefinisikan secara umum sebagai suatu tindakan untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan air maupun dari kelebihan air dari suatu kawasan lahan sehingga fungsi kawasan lahan tidak terganggu.

Di dalam sebuah kompleks perumahan atau permukiman penduduk, perencanaan sistem drainase dipengaruhi oleh letak geografisnya. Perencanaan drainase untuk perumahan atau permukiman didataran yang tidak rata akan lebih rumit dibanding dengan perumahan yang berlokasi didataran yang lebih rata. Sistem drainase didataran yang tidak rata jika perencanaannya tidak baik atau

teliti dalam merencanakan sistem drainase yang akan digunakan akan menyebabkan terjadinya genangan air pada daerah yang lebih rendah, terutama jika terjadi hujan yang sangat lebat pada daerah itu. Pada dasarnya sistem drainase dibagi menjadi dua macam yaitu sistem drainase tertutup dan sistem drainase sistem terbuka. Sistem drainase tertutup jarang dipakai diperumahan atau pemukiman penduduk karena membutuhkan biaya lebih untuk peresapannya, sedangkan untuk drainase sistem terbuka tidak membutuhkan sumur resapan. Pada daerah yang tanahnya tidak rata sebaiknya dalam perencanaan dibuat saluran drainase tertutup, karena memiliki permukaan air tanah yang rendah.

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan berapa kebutuhan sumur resapan jika pada Universitas Negeri Yogyakarta kampus karangmalang menggunakan sistem drainase sumur resapan. Untuk mendapatkan pemahaman tentang drainase secara umum, maka kita perlu mengetahui latar belakang diperlukannya suatu drainase, tujuan dan manfaat dari pembuatan drainase tersebut, jenis drainase yang umum digunakan, sejarah perkembangan, prinsip-prinsip sistem drainase dan kebijakan-kebijakan yang diambil pemerintah berhubungan dengan pencapaian lingkungan yang baik, asri dan nyaman bagi masyarakat.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah ditulis diatas dapat diidentifikasi masalah dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Jalan pada Universitas Negeri Yogyakarta Karang Malang tergenang air saat hujan yang lebat periode ulang 10 tahun dengan durasi 30 menit.



2. Kapasitas saluran drainase pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang sudah tidak memadai untuk menampung air pada saat hujan lebat periode ulang 10 tahun dengan durasi 30 menit.

### **C. Batasan Masalah**

Agar masalah dapat lebih sederhana, maka perlu membuat batasan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Adapun batasan masalah dari kajian ini adalah berapa kebutuhan sumur resapan untuk drainase kampus Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang.

### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang pokok dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Berapakah kebutuhan jumlah sumur resapan yang diperlukan jika Kampus Universitas Negeri Yogyakarta Karang Malang menggunakan sistem drainase sumur resapan?

### **E. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi sistem drainase pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang. Sedangkan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui jumlah sumur resapan yang dibutuhkan jika Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang menggunakan sistem drainase sumur resapan.

## **F. Manfaat**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Guna meningkatkan kualitas mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang dan masyarakat Karangmalang yang bermukim disekitar kampus, sehingga kampus tersebut aman dari genangan air hujan dan aktivitas masyarakat tidak terganggu atau tertunda, lingkungan akan menjadi bersih dan sehat, sehingga kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat meningkat.
2. Untuk menambah pengetahuan yang dimiliki oleh penulis khususnya mengenai sistem drainase pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang.
3. Bagi mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang dapat mengetahui bahwa sistem drainase tersebut sangatlah penting dalam kenyamanan, keamanan, dan sebagai acuan dalam perencanaan sistem drainase yang akan datang.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Drainase**

##### **1. Pengertian**

Drainase yang berasal dari kata *to drain* yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, ada juga kata yang mempunyai arti yang sama yaitu *drainage*. Drainase merupakan suatu sistem pembuangan air bersih dan air limbah dari daerah pemukiman, sarana pendidikan, industri, pertanian, badan jalan dan permukaan perkerasan lainnya, serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya, baik berupa air hujan, air limbah maupun air kotor lainnya yang keluar dari kawasan yang bersangkutan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah ke badan air atau ke bangunan resapan buatan.

Jadi dapat disimpulkan secara umum bahwa drainase dapat di definisikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari dan memahami tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Kelebihan air ini dapat disebabkan oleh intensitas air hujan yang tinggi atau juga akibat dari durasi hujan yang lama. Maka dapat disimpulkan bahwa drainase adalah sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air.

Pemahaman secara umum mengenai drainase perkotaan adalah suatu ilmu dari drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan, yaitu merupakan suatu sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah

perkotaan yang meliputi pemukiman penduduk, sarana pendidikan, kawasan industri dan perdagangan, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parkir, instansi pemerintah, serta tempat-tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota yang berfungsi mengendalikan kelebihan air permukaan, sehingga menimbulkan dampak negatif dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia.

Untuk kebutuhan rumah tangga menghasilkan air kotor yang perlu dialirkan dan dengan makin bertambahnya pengetahuan manusia mengenai industri yang juga mengeluarkan limbah yang perlu dialirkan. Kebutuhan terhadap drainase berawal dari kebutuhan air untuk kehidupan manusia dimana untuk kebutuhan tersebut manusia memanfaatkan sungai untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, peternakan, dan lainnya.. Pada musim hujan terjadi kelebihan air berupa limpasan permukaan yang seringkali menyebabkan banjir sehingga manusia mulai berfikir akan kebutuhan sistem saluran yang dapat mengalirkan air lebih terkendali dan terarah dan berkembang menjadi ilmu drainase (Wesli. 2008).

## **2. Jenis Drainase**

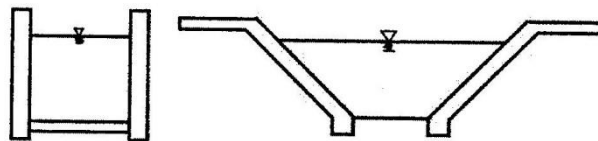
Untuk lebih memudahkan pemahaman tentang drainase, dapat dikelompokkan berdasarkan jenis drainase ditinjau dari cara terbentuknya yaitu menjadi :

a. Drainase Alamiah

Terbentuknya drainase alamiah diakibatkan oleh gerusan air sesuai dengan kontur tanah. Sistem drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Sistem saluran ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai – sungai (Wesli. 2008).

b. Drainase Buatan

Sistem drainase buatan adalah sistem drainase yang dibuat oleh manusia dengan maksud dan tujuan tertentu, sistem drainase ini merupakan hasil perhitungan yang telah dilakukan dan diteliti untuk lebih menyempurnakan dan melengkapi kekurangan yang ada pada sistem drainase alamiah.



Gambar 1 : Drainase Buatan  
( Sumber : Drainase perkotaan, Wesli : 2008)

## B. Hidrologi

Hidrologi berasal dari Bahasa Yunani : *Hydrologia*, atau berarti ilmu air yang merupakan cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan

sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Penelitian hidrologi juga memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena terkait dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendungan, bendung, dan jembatan.

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan pergerakan air, dalam kata ini meliputi berbagai bentuk air yaitu menyangkut perubahan-perubahan bentuk antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan di bawah permukaan tanah, didalam terdapat air laut yang merupakan sumber dan menyimpan air yang mengaktifkan kehidupan di planet Bumi ini (CD. Soemekto. 1987).

## **1. Hujan**

Hujan adalah jatuhnya hydrometeor yang merupakan partikel-partikel air dengan diameter 0,5mm atau lebih. Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat memenuhi suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi. Di Bumi hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butiran air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan. Dua proses yang mungkin terjadi bersamaan dapat mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu

pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Virga adalah presipitasi yang jatuh ke Bumi namun menguap sebelum mencapai daratan, inilah satu cara penjenahan udara. Presipitasi terbentuk melalui tabrakan antara butir air atau kristal es dengan awan.

Hujan sangatlah penting dalam siklus hidrologi. kelembaban dari laut menguap, berubah menjadi awan, terkumpul menjadi awan mendung, lalu turun kembali ke bumi, dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan anak sungai untuk mengulangi daur ulang itu semula. Jumlah air hujan di ukur menggunakan pengukur hujan atau disa disebut ombrometer. Dapat juga dinyatakan sebagai kedalaman air yang terkumpul pada permukaan datar, dan diukur kurang lebih 0.25 mm. Satuan curah hujan menurut SI adalah milimeter, yang merupakan penyingkatan kata dari liter per meter persegi.

Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke Bumi dari awan. Tidak semua air hujansampai ke permukaan Bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Air hujan juga sering di gambarkan berbentuk "lonjong", lebar di bawah dan menciut di atas, tetapi ini tidaklah tepat. Air hujan kecil hampir bulat. air hujan yang besar menjadi semakin leper, air hujan yang lebih besar berbentuk payung terjun. Air hujan yang besar jatuh lebih cepat berbanding air hujan yang lebih kecil. hujan.

Berikut ini adalah berbagai jenis hujan yang telah dibagi berdasarkan terjadinya, ukuran hujan dan curah hujan:

Hujan berdasarkan terjadinya:

- a. Hujan Orografis, yaitu hujan yang terjadi karena angin yang mengandung uap air yang bergerak horisontal. Angin tersebut naik menuju pegunungan, suhu udara menjadi dingin sehingga terjadi kondensasi. Terjadilah hujan di sekitar pegunungan.
- b. Hujan Zenithal, yaitu hujan yang sering terjadi di daerah sekitar ekuator, akibat pertemuan Angin Timur Laut dengan Angin Tenggara. Kemudian angin tersebut naik dan membentuk gumpalan-gumpalan awan di sekitar ekuator yang berakibat awan menjadi jenuh dan turunlah hujan.
- c. Hujan Frontal, yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas. Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang *front*. Karena lebih berat massa udara dingin lebih berada di bawah. Di sekitar bidang *front* inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal.
- d. Hujan Siklonal, yaitu hujan yang terjadi karena udara panas yang naik disertai dengan angin berputar.

Hujan berdasarkan ukuran butirnya:

- a. Hujan gerimis, diameter butirannya kurang dari 0,5 mm.



- b. Hujan salju, terdiri dari kristal-kristal es yang suhunya berada dibawah  $0^{\circ}$  Celsius.
- c. Hujan batu es, curahan batu es yang turun dalam cuaca panas dari awan yang suhunya dibawah  $0^{\circ}$  Celsius.
- d. Hujan deras, curahan air yang turun dari awan dengan suhu diatas  $0^{\circ}$  Celsius dengan diameter  $\pm 7$  mm

Jenis-jenis hujan berdasarkan besaran curah hujan:

- a. Hujan sedang, 20 - 50 mm per hari
- b. Hujan lebat, 50-100 mm per hari
- c. Hujan sangat lebat, di atas 100 mm per hari

Pada saat ini sering kali kebutuhan air tidak dapat dipenuhi dari hujan alami. Maka dengan itu orang menciptakan suatu teknik untuk menambah curah hujan dengan memberikan perlakuan pada awan. Perlakuan ini dinamakan hujan buatan (*rain-making*), atau sering pula dinamakan penyampaian awan (*cloud-seeding*). Hujan buatan adalah usaha manusia untuk meningkatkan curah hujan yang turun secara alami dengan mengubah proses fisika yang terjadi di dalam awan. Proses fisika yang dapat diubah meliputi proses tumbukan dan penggabungan (*collision* dan *coalescence*), proses pembentukan es (*ice nucleation*). Jadi jelas bahwa hujan buatan sebenarnya tidak menciptakan sesuatu dari yang tidak ada. Untuk menerapkan usaha hujan buatan diperlukan tersedianya awan yang mempunyai kandungan air yang cukup, sehingga dapat terjadi hujan yang

sampai ke tanah. Bahan yang dipakai dalam hujan buatan dinamakan bahan semai.

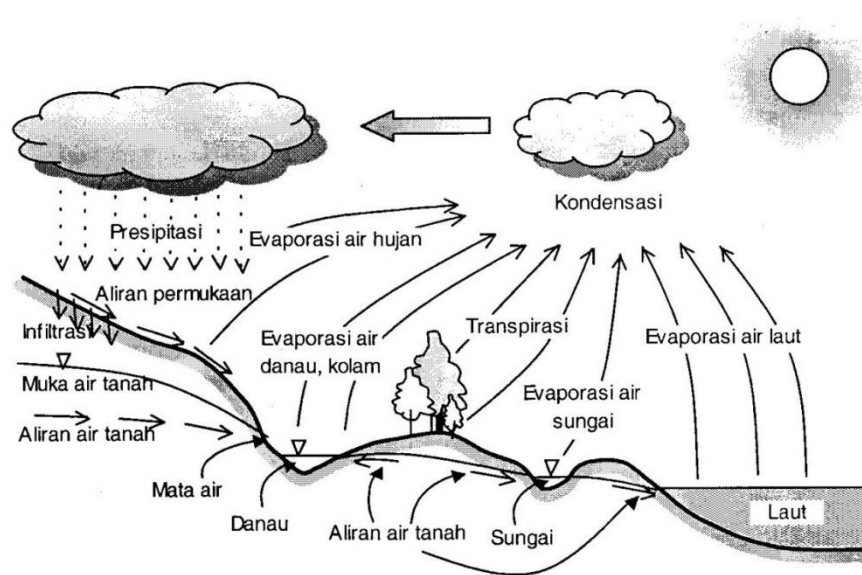
## **2. Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi melibatkan pertukaran energi panas, yang menyebabkan perubahan suhu. Misalnya, dalam proses penguapan, air mengambil energy dari sekitarnya dan mendinginkan lingkungan. Sebaliknya, dalam proses kondensasi, air melepaskan energi dengan lingkungannya, pemanasan lingkungan. Siklus air secara signifikan berperan dalam pemeliharaan kehidupan dan ekosistem di Bumi. Bahkan saat air dalam reservoir masing-masing memainkan peran penting, siklus air membawa signifikansi di tambahkan ke dalam keberadaan air di planet kita.

Siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara continue. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut.

Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara continue dalam tiga cara yang berbeda:

- a. Evaporasi atau Transpirasi - Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dsb. kemudian akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (precipitation) dalam bentuk hujan, salju, es.
- b. Infiltrasi atau Perkolasi ke dalam tanah - Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.
- c. Air Permukaan - Air bergerak diatas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau; makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.



Gambar 2 : Siklus Hidrologi  
( Sumber : Drainase Perkotaan, Wesli : 2008)

### 3. Curah Hujan Rata-rata Daerah Aliran

Sebagai salah satu kawasan tropis yang unik dinamika atmosfernya dimana banyak dipengaruhi oleh kehadiran angin pasat, angin musonal, iklim maritime dan pengaruh berbagai kondisi local, maka cuaca dan iklim Indonesia diduga memiliki karakteristik khusus yang hingga kini mekanisme proses pembentukannya belum di ketahui banyak pihak. Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya pengaruh beberapa fenomena, antara lain sistem monsoon Asia-Australia, El-Nino, sirkulasi Timur-Barat dan sirkulasi Utara-Selatan. Curah hujan yang diperlukan dalam suatu perencanaan banjir dan pemampatan air adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang berkait yang dinyatakan dalam mm dan bukan curah hujan pada suatu titik stasiun hujan tertentu

(*poin rainfall*), terdapat bermacam macam cara yang digunakan dalam perkiraan curah hujan daerah *regional rainfall* menurut (CD. Soemarto. 1987) ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan curah hujan rata rata daerah antara lain

a. Cara Rata Rata Aljabar

Curah hujan di dapat dengan mengambil rata-rata hitungan (*arithematicmean*) dari penakaran pada curah hujan area tersebut. Cara ini digunakan apabila:

- 1) Daerah tersebut berada pada daerah yang datar.
- 2) Penempatan alat ukur tersebar merata,
- 3) Variasi curah hujan sedikit dari harga tengahnya.

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.1)$$

R = Curah hujan daerah (mm)

N = Jumlah titik – titik atau pos pengamatan

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>,...R<sub>n</sub> = Curah hujan ditiap titik pengamatan (mm)

b. Metode Poligon Thessen

Cara ini di dasarkan atas cara rata-rata timbangan, dimana masing-masing stasiun hujan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun dengan planimeter maka dapat dihitung luas daerah tiap stasiun. Curah hujan itu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} & (2.2) \\
 &= \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A} \\
 &= W_1.R_1 + W_2.R_2 + \dots + W_n.R_n
 \end{aligned}$$

$R$  = Curah hujan daerah (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan  $n$  adalah jumlah titik – titik pengamatan

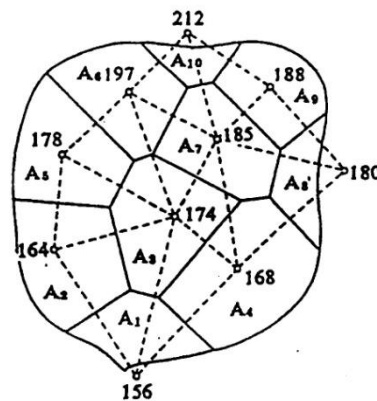
$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

$W_1, W_2, \dots, W_n$  =  $W_1, W_2, \dots, W_n : \frac{A_1}{A}, \frac{A_2}{A}, \dots, \frac{A_n}{A}$

Bagian–bagian daerah  $A_1, A_2, \dots, A_n$  Ditentukan dengan cara seperti berikut :

- 1) Cantumkan titik –titik pengamatan di dalam dan disekitar daerah itu pada peta topografi skala 1 : 50.000, kemudian hubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus (dengan demikian akan terlukis jaringan segi tiga yang smenutupi aeluruh daerah)
- 2) Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon – poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segi tiga tersebut di atas. Curah hujan dalam tiap poligon itu dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu . luas tiap poligon itu diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Metode Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar rata-rata. Akan tetapi pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain ialah umpanya untuk penentuan kembali jaringan segi tiga terdapat kekurangan pengamatan pada satu titik pengamatan.



Gambar 3 : Poligon Thiessen  
( Sumber : Drainase Perkotaan, Wesli : 2008 )

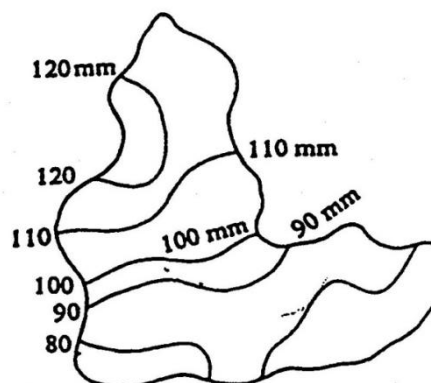
#### c. Cara Garis *Isohiet*

Pada metode ini data curah hujan yang ada dibuat garis-garis yang merupakan daerah yang mempunyai curah hujan yang sama (*isohyet*), kemudian luas bagian diantara isohyet-isohyet yang berdekapan diukur, dengan harga rata-ratanya dihitung sebagai rata-rata nilai kontur yang dicari. Metode curah hujan rata-rata iana dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

$R$	= Curah hujan daerah
$A_1, A_2, \dots A_n$	= Luas bagian – bagian antara garis – garis Isohiet
$R_1, R_2, \dots R_n$	= Curah hujan rata – rata pada bagian – bagian $A_1, A_2, \dots A_n$

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis–garis Isohiet dapat digambarkan dengan teliti. Akan tetapi jika titik–titik pengamatan itu banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohiet ini akan terdapat kesalahan pribadi (*individual error*) dari pembuat peta.



Gambar 4 : Isohyet  
( Sumber : Drainase Perkotaan, Wesli : 2008)

d. Cara dalam–elevasi

Umumnya juga disebut juga dengan depth–elevation method, cara ini berasumsi bahwa semakin tinggi elevasinya suatu daerah maka akan semakin besar curah hujannya. Dengan kata lain curah hujan akan bertambah apabila elevasinya bertambah pula. Oleh



karenanya perlu dibuat suatu grafik hubungan antara elevasi titik–titik pengamatan dengan besarnya curah hujan yang terjadi, pada peta fotografi umumnya garis–garis kontur dibuat selang 10 cm sampai 20 cm, sedangkan kurangnya dapat dibuat dengan kuadrat terkecil (Suyitno, Hp,1994).

Dari kurva dapat diamati besarnya curah hujan tiap–tiap elevasi kemudian ditentukan dengan berdasarkan rumus dibawah ini :

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + R_n.R_n}{A_1.A_2 + \dots + A_n} \quad (2.4)$$

$R$  = Curah hujan daerah

$R_1, R_2, \dots R_n$  = Curah hujan ditiap pengamatan, n  
adalah jumlah titik

$A_1, A_2, \dots A_n$  = Bagian daerah yang mewakili tiap  
titik pengamatan

#### 4. Kala Ulang Hujan

Penentuan periode ulang juga di dasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip penyelesaian masalah drainase perkotaan atau pemukiman dari aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisa frekuensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan periode ulang tertentu harus di persiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam atau menit.

Suatu data hujan adalah (x) akan mencari harga tertentu / disamai ( $x_1$ ) atau kurang dari ( $x_1$ ) atau lebih/dilampaui dari ( $x_1$ ) dan diperkirakan terjadi

sekali dalam kurun waktu T tahun, maka T tahun ini dianggap sebagai priode ulang dari ( $x_1$ ). Menurut (Wesli. 2008: 48)

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- Saluran kwarter : periode 1 tahun
- Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- Saluran primer : periode ulang 10 tahun

## 5. Curah Hujan Maksimum Harian Rata rata

Perhitungan data hujan maksimum harian rata rata DAS dilakukan secara benar untuk analisis frekuensi data hujan. Dalam praktek sering kita jumpai perhitungan yang kurang pas, yaitu dengan cara mencari hujan maksimum harian setiap pos hujan dalam satu tahun, kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan hujan DAS. Cara ini tidak logis karena rata-rata hujan dilakukan atas hujan dari masing-masing pos hujan yang terjadi pada hari yang berlainan. Hasilnya akan jauh menyimpang dari yang seharusnya.

Cara yang seharusnya ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata – rata DAS adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu yang sama pada satu stasiun hujan.
- b. Cari besarnya curah hujan pada tanggal, bulan dan tahun yang sama untuk stasiun hujan yang lain.
- c. Menghitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih

- d. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk stasiun hujan yang lain.
- e. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahun.

Dari hasil rata – rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah stasiun hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum DAS untuk tahun yang bersangkutan.

## **6. Intensitas Hujan**

Intensitas hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisa intensitas hujan ini dapat di proses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Alat untuk pencatat hujan yang digunakan di Indonesia adalah alat pencatat hujan biasa yang mengukur hujan 24 jam atau disebut hujan harian. Intensitas hujan juga dapat diartikan jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda–beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan di peroleh dari cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan ialah ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu air hujan terkonsentrasi.

Apabila yang tersedia hanya data hujan harian ini maka intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.5)$$

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

$t$  = Durasi (lamanya) curah hujan (menit) atau (jam).

## 7. Distribusi Gumbel

Menurut Gumbel : 1941 (CD. Soemarto. 1987), persoalan tertua adalah berhubungan dengan nilai-nilai ekstrim adalah dari persoalan banjir. Tujuan teori statistik nilai-nilai ekstrim adalah untuk menganalisa hasil pengamatan nilai-nilai ekstrim tersebut untuk memperkirakan nilai ekstrim berikutnya. Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai Fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(x-b)}} \quad (2.6)$$

Jika diambil  $Y = a(X - b)$ , dengan  $Y$  disebut *reduced varied*, maka persamaan (1.7) dapat ditulis

$$P(X) = e^{-e^{-y}} \quad (2.7)$$

Dimana  $e$  = bilangan alam = 2,7182818.....

Dengan mengambil dua kali logaritma dengan bilangan dasar  $e$  terhadap persamaan (2.6) diperoleh persamaan berikut ini :

$$X = \frac{1}{a} [ab - \ln \{-\ln P(X)\}] \quad (2.8)$$

Kala ulang (*return period*) merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata dimana suatu besaran disamai atau dilampaui oleh suatu harga,

sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini .

$$T_r(X) = \frac{1}{1-P(X)} \quad (2.9)$$

Subtitusikan persamaan (2.9) ke dalam persamaan (2.8) akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$XT_r = b - \frac{1}{a} \left\{ \ln - \frac{T_r(x)1}{T_r(X)} \right\} \quad (2.10)$$

Dengan  $Y = a(X-b)$ , maka diperoleh persamaan berikut ini :

$$XT_r = - \ln \left\{ \ln - \frac{T_r(x)1}{T_r(X)} \right\} \quad (2.11)$$

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, CHOW (1964) menyarankan penggunaan rumus sebagai berikut ini :

$$X = \mu + \sigma K \quad (2.12)$$

$\mu$  = harga rata – rata populasi

$\sigma$  = standar deviasi (simpangan baku)

K = faktor probabilitas.

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.12)

dapat didekati dengan persamaan

$$X = \bar{X} + sK \quad (2.13)$$

$\bar{X}$  = harga rata rata sampel

S = Standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas K untuk harga – harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} \quad (2.14)$$

$Y_n$  = reduced mean yang tergantung jumlah sampel/data n (tabel 1.1)

$S_n$  = reduced variate yang juga tergantung pada data jumlah sampel/data n (tabel 1.1 )

$Y_{T_r}$  = reduced variate, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{T_r} = -In \frac{T_r - 1}{T_r} \quad (2.15)$$

Tabel 1.1 Reduced Mean,  $Y_n$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,49 52	0,4996	0,59035	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	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,55436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,55485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5538	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	0,5589	0,5586	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5608	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber : Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan : Suripin)

Tabel 1.2 Reduced Standard Deviation,  $S_n$ 

$N$	$0$	$1$	$2$	$3$	$4$	$5$	$6$	$7$	$8$	$9$
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	1,0915	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	1,1480	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1746	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	1,2020	1,2032	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan : Suripin)

Tabel 1.3 Reduced Variate,  $Y_{Tr}$ 

Periode ulang $Tr$ (tahun)	Reduced Variate $Y_r$	Periode ulang $Tr$ (tahun)	Reduced variate $Y_{Tr}$
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber : Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan : Suripin)

Substitusikan persamaan (2.13) ke dalam persamaan (2.14), maka akan didapat persamaan berikut :

$$\begin{aligned} X_{T_r} &= \bar{X} + \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} S \\ &= \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} + \frac{Y_{T_r} S}{S_n} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Atau

$$X_{T_r} = b - + \frac{1}{a} Y_{T_r} \quad (2.17)$$

Dimana

$$a = \frac{S_n}{S} \text{ dan } b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} \quad (2.18)$$

## 8. Pengeplotan Probabilitas

Ada dua cara untuk mengetahui ketepatan distribusi probabilitas data hidrologi, yaitu data yang ada di plot pada kertas probabilitas yang sudah di desain khusus atau menggunakan data plot yang melinierkan fungsi distribusi. Suatu garis lurus yang merepresentasikan sebaran data-data yang di plot kemudian di tarik sedemikian rupa, sehingga dapat di gunakan untuk interpolasi. Posisi pengeplotan data merupakan nilai probabilitas yang dimiliki oleh masing masing data yang diplot. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menentukan posisi pengeplotan yang sebagian besar dibuat secara empiris. Untuk keperluan penentuan posisi ini, data hidrologi (hujan atau banjir) yang telah ditebalkan diurutkan dari besar ke kecil (berdasarkan peringkat  $m$ ), dimulai dari  $m = 1$  untuk data dengan nilai tertinggi dan  $m=n$  untuk data dengan nilai terkecil. Periode ulang  $T_r$  dapat dihitung dengan beberapa persamaan yang telah dikenal, yaitu:



a. Weibull

Persamaan , Weibull merupakan salah satu persamaan yang paling sering digunakan, yaitu

$$T_r = \frac{n+1}{m} \quad (2.19)$$

$M$  = nomor urut (peringkat) data setelah diurutkan dari besa ke kecil,

$N$  = banyaknya data atau jumlah kejadian(*event*)

Pada metode ini mempunyai kelemahan dari persamaan ini hasilnya kurang tepat untuk kejadian terbesar jika rangkaian datanya pendek.

b. California

$$T_r = \frac{n}{m} \quad (2.20)$$

c. Hazen

$$T_r = \frac{2n}{2m-1} \quad (2.21)$$

d. Gringorten

$$T_r = \frac{n+0,12}{m-0,44} \quad (2.22)$$

e. Cunnane

$$T_r = \frac{n+0,2}{m-0,4} \quad (2.23)$$

f. Blom

$$T_r = \frac{n+0,25}{m-\left(\frac{3}{8}\right)} \quad (2.24)$$

g. Turkey

$$T_r = \frac{3n+1}{3m-1} \quad (2.25)$$

Data yang telah diurutkan dan periode ulangnya telah dihitung dengan salah satu persamaan (1.22 – 1.26) diplotkan diatas kertas

probabilitas. Sehingga diperoleh garis  $T_r$  Vs  $P$  (hujan) atau  $Q$  (debit banjir) yang berupa garis lurus.

## 9. Penentuan Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir maksimal dari suatu sungai atau saluran yang besarnya didasarkan pada kala ulang tertentu, debit banjir rencana dijadikan dasar dalam merencanakan suatu bangunan hidrolis dengan tujuan supaya bangunan yang direncanakan mampu menerima jumlah debit banjir yang kemungkinan terjadi pada periode ulang sesuai waktu ulang yang direncanakan. Untuk menghitung besar debit banjir rencana digunakan metode sebagai berikut :

### a. Metode rasional

Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha Goldman et.al.,1986 (Suripin : 2004). Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi.

$$Q_p = 0,002778 C I A \quad (2.26)$$

Dimana

$Q_p$  = Laju aliran permukaan (debit) puncak dalam m<sup>3</sup>/detik

$C$  = Koefisien aliran permukaan ( $0 \leq C \leq 1$ ),

$I$  = Intensitas hujan dalam mm/jam

$A$  = Luas DAS dalam hektar

b. Koefisien Aliran Permukaan (C)

Koefisien  $C$  didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan harga  $C$  yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Faktor utama yang mempengaruhi  $C$  adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100 % setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya.

Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang mempengaruhi nilai  $C$  adalah air tanah, derajat kepadatan tanah,

porositas tanah, dan simpanan depresi. Harga  $c$  untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam tabel 1.4.

Harga  $C$  yang ditampilkan dalam tabel 1.4 belum memberikan rincian masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap besarnya nilai  $C$ . Oleh karena itu (Suripin : 2004) menyajikan cara penentuan faktor  $C$  yang mengintegrasikan nilai yang merepresentasikan beberapa faktor yang mempengaruhi hubungan antara hujan dan aliran, yaitu topografi, permeabilitas tanah, penutup lahan, dan tata guna tanah. Nilai koefisien  $C$  merupakan kombinasi dari beberapa faktor yang dapat berdasarkan tabel 1.4.

Tabel 1.4 Koefisien Limpasan Metode Rasional

<b>Diskripsi lahan / karakter permukaan</b>	<b>Koefisien aliran, <math>C</math></b>
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 – 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,90
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar %	0,05 – 0,10
Rata – rata, 2 – 7 %	0,10 – 0,15

Curam, 7 % Halaman, tanah berat Datar 2 % Rata rata, 2 – 7 % Curam, 7 %	0,15 – 0,20  0,13 – 0,17 0,18 – 0,22 0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, pekuburan	0,10 – 0,60
Hutan Datar, 0 – 5 % Bergelombang, 5 – 10 % Berbukit, 10 – 30 %	0,10 - 0,40 0,25 – 0,50 0,30 – 0,60

Sumber : McGuen, 1989 (Suripin : 2004)

Tabel 1.5 Koefisien Aliran Metode Rasional

Topografi Ci		Tanah, Cs		Vegetasi, Cv	
Datar (<1%)	0,03	Pasar dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

(sumber : sistem drainase yang berkelanjutan, Suripin)

Pada tabel 1.4 dan 1.5 menggambarkan nilai C untuk penggunaan lahan yang seragam, dimana kondisi ini sangat jarang dijumpai untuk lahan yang relatif luas. Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i} \quad (2.27)$$

dimana

$A_i$  = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$C_i$  = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

$n$  = jumlah jenis penutup lahan.

Cara lain penggunaan rumus Rasional untuk DAS dengan tata guna lahan yang tidak homogen adalah dengan substitusi persamaan (2.27) kedalam persamaan (2.26) sebagai berikut ini

$$Q_p = 0,002778 \cdot I \sum_{i=0}^n C_i A_i \quad (1.28)$$

#### c. Daerah Pengaliran

Jika besar curah hujan dan intensitas hujan selalu tetap maka limpasan yang dinyatakan dengan dalamnya air rata-rata akan sama. Berdasarkan asumsi di atas mengingat aliran per satuan luas tetap maka hidrograf sungai akan sebanding dengan luas daerah pengaliran tersebut.

#### d. Koefisien Tampungan

Daerah yang memiliki cekungan untuk menampung air hujan relative mengalirkan lebih sedikit air hujan dibandingkan dengan daerah yang tidak memiliki cekungan sama sekali. Efek tampungan ini terhadap debit rencana diperkirakan dengan koefisien tampungan yang diperoleh dengan rumus berikut :

$$Cs = \frac{2 Tc}{2 Tc + Td} \quad (2.29)$$

Di mana :

$C_s$  : Koefisien tampungan

$T_c$  : Waktu konsentrasi (jam)

$T_d$  : Waktu aliran air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam)

e. Kecepatan Rembesan Pada Tanah Berlapis

Menurut (CD.Soemarto. 1987 ) Darcy memperkenalkan suatu persamaan sederhana yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran air yang mengalir dalam tanah yang jenuh, dinyatakan sebagai berikut :

$$v = k \quad (2.30)$$

Di mana :

$V$  : Kecepatan aliran, yaitu banyaknya air yang mengalir dalam suatu waktu melalui suatu satuan luas penampang melintang tanah yang tegak lurus arah aliran.

$k$  : koefisien rembesan

f. Porositas

Porositas suatu medium adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen dan disebut porositas. Selain itu dikenal juga istilah porositas efektif, yaitu apabila bagian rongga-rongga di dalam batuan berhubungan, sehingga dengan demikian porositas efektif biasanya lebih kecil dari pada rongga pori-pori total yang biasanya berkisar dari 10 sampai 15 persen (CD. Soemarto. 1987)

Tabel 1.6 Porositas jenis tanah

No	Uraian	Porositas $n$ (%)
1	Pasir seragam, lepas	46
2	Pasir seragam, padat	34
3	Pasir berbutir campuran, lepas	40
4	Pasir berbutir campuran, padat	30
5	Tillglasial, sangat berbutir campuran	20
6	Lempung glacial lunak	55
7	Lempung glacial kaku	37
8	Lempung organic agak lunak	66
9	Lempung organic sangat lunak	75
10	Beton lunak	84

(sumber : sistem drainase yang berkelanjutan, Suripin)

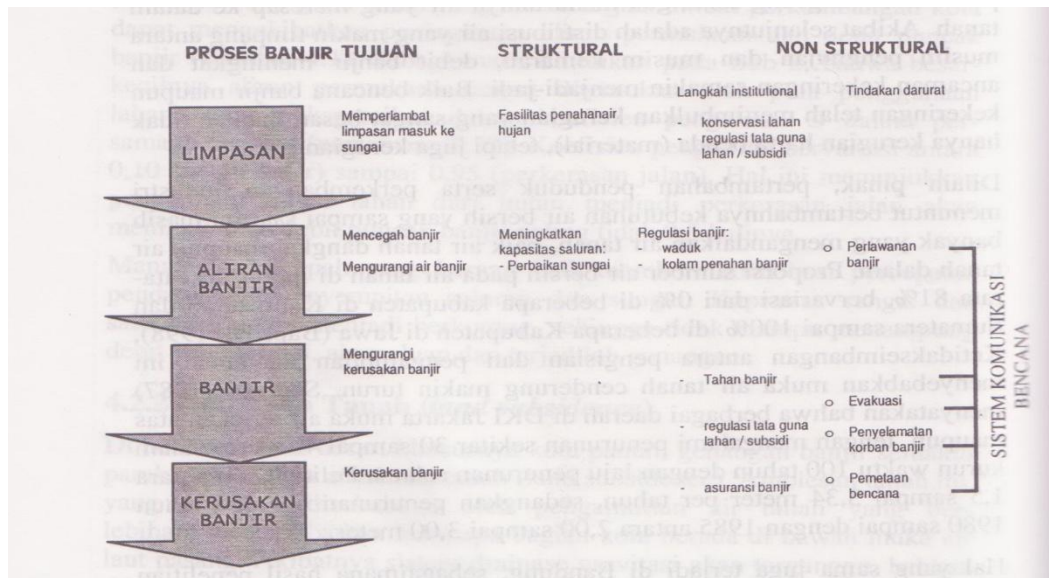
### C. Konsep Sistem Drainase yang Berkelanjutan

Pertumbuhan penduduk dan bangunan yang begitu cepat telah menyebabkan perubahan tata guna lahan. Banyak lahan-lahan yang semula berupa lahan terbuka atau hutan berubah menjadi areal permukiman maupun industri. Hal ini tidak hanya terjadi di kawasan perkotaan, namun sudah merambah ke kawasan budidaya dan kawasan lindung, yang berfungsi sebagai daerah yang meresapan air. Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut adalah meningkatnya aliran permukaan langsung sekaligus



menurunnya air yang meresap kedalam tanah. Akibat selanjutnya adalah distribusi air yang makin timpang antara musim penghujan dan musim kemarau, debit banjir yang meningkat dan ancaman kekeringan semakin menjadi jadi. Baik ancaman banjir mau pun kekeringan telah menimbulkan kerugian yang sangat besar, bahkan tidak hanya kerugian harta benda (material), tetapi kerugian jiwa.

Dilain pihak, pertambahan penduduk serta perkembangan industri menurut bertambahannya kebutuhan air bersih yang sampai saat ini masih banya yang mengandalkan air tanah, baik air tanah dangkal mau pun air tanah dalam. Ketidakseimbangan antara pengisian dan pengambilan air tanah ini menyebabkan muka air tanah cenderung semakin turun. Bertolak dari permasalahan tersebut, maka konsep dasar pengembangan drainase berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan. Diperlukan usaha – usaha komprehensif dan integritif yang meliputi seluruh proses, baik yang bersifat struktural maupun non struktural, untuk mencapai tujuan tersebut.



Gambar 5 : Klasifikasi Usaha Struktural Dan Non Struktural Dalam Menejemen Dataran Banjir

(sumber : Sistem Drainase Yang Berkelanjutan, Suripin)

Berdasarkan skema gambar diatas prioritas utama kegiatan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu (1) tipe penyimpanan (*storage types*) (2) tipe peresapan (*infiltration types*).

#### D. Sumur Resapan Dangkal

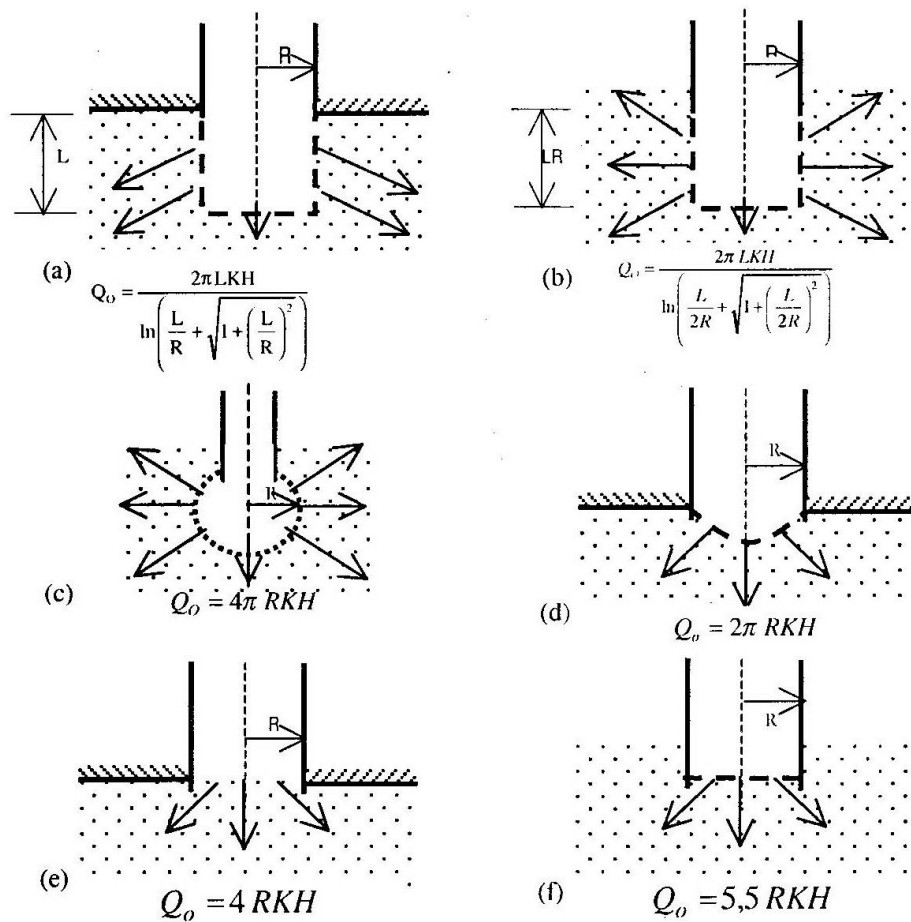
Konsep dasar sumur resapan adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh diatap atau lahan yang kedap air untuk meresap kedalam tanah dengan jalan manampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Berbeda dengan cara konvensional dimana air hujan dibuang / dialirkan ke sungai diteruskan ke laut, dengan cara seperti ini dapat

mengalirkan air hujan kedalam sumur - sumur resapan yang dibuat di halaman rumah. Sumur resapan ini merupakan sumur kosong dengan kapasitas tampungan yang cukup besar sebelum air meresap ke dalam tanah. Dengan adanya tampungan, maka air hujan mempunyai cukup waktu untuk meresap kedalam tanah, sehingga pengisian tanah menjadi optimal.

Berdasarkan konsep tersebut, maka ukuran atau dimensi sumuran yang diperlukan untuk suatu lahan atau kapling sangat bergantung dari beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Luas permukaan penutup, yaitu lahan yang airnya akan ditampung dalam sumur resapan, meliputi luas atap, lapangan parkir dan perkerasan – perkerasan lain.
2. Karakteristik hujan, meliputi intensitas hujan, lama hujan, selang waktu hujan, makin lama berlangsungnya hujan memerlukan volume sumuran resapan yang semakin besar. Sementara selang waktu yang besar dapat mengurangi volume sumur yang diperlukan.
3. Koefisien permeabilitas tanah, yaitu kemampuan tanah dalam melewatkan air per satuan waktu. Tanah berpasir mempunyai koefisien permeabilitas lebih tinggi dibandingkan tanah berlempung.
4. Tinggi muka air tanah, pada kondisi muka air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar – besaran karena tanah benar – benar memerlukan pengisian air melalui sumur – sumur resapan. Sebaliknya pada lahan yang muka airnya dangkal, pembuatan sumur resapan kurang efektif, terutama pada daerah pasang surut atau daerah rawa dimana air

tanahnya sangat dangkal. Se jauh ini telah dikembangkan beberapa metode untuk mendimensi sumur resapan, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Debit Resapan Pada Sumur Dengan Berbagai Kondisi

(Sumber : Suripin 2004)

### a. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah yang dapat dipergunakan untuk sumur resapan dibagi menjadi 3 kelas yaitu :

- 1) permeabilitas tanah sedang (eluh/lanau, 2,0 – 6,5 cm/jam)
- 2) permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus, 6,5 – 12,5 cm/jam)
- 3) permeabilitas tanah cepat (pasir kasar, lebih besar 12,5 cm/jam)

### b. Sunjoto 1988

Secara teoritis, volume atau efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Suripin : 2004), dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right) \quad (2.30)$$

Dimana :

- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- F = adlah faktor geometrik (m)
- Q = debit air yang masuk (m<sup>3</sup>/detik)
- T = waktu pengaliran (detik)
- K = koefisien permeabilitas tanah (m/det)
- R = jari – jari sumur (m)

Faktor geometrik tergantung pada berbagai keadaan sebagaimana dapat dilihat pada gambar 6 dan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan

$$Q_0 = F . K . H \quad (2.31)$$

Kedalaman efektif sumur resapan dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur berada di bawah muka air tanah tersebut, dan diukur

dari dasar sumur bila muka air tanah berada dibawah dasar sumur. Sebaiknya dasar sumur berada pada lapisan tanah dengan permeabilitas tinggi.

### c. Metode PU

Pusat penelitian dan pengembangan permukiman, Departemen Pekerjaan Umum 1990 (Suripin : 2004) telah menyusun standar tata cara perencanaan teknis sumur resapan air hujan untuk lahan perkarangan yang dituangkan dalam SK SNI T – 06 – 1990 F. Tidak jauh berbeda dengan apa yang dikemukakan oleh Sunjoto, metode PU menyatakan bahwa dimensi atau jumlah sumur resapan air hujan yang diperlukan pada suatu lahan perkarangan ditentukan oleh curah hujan maksimum, permeabilitas tanah dan luas bidang tanah, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H = \frac{D.I.A_t - D.K.A_s}{A_s + D.K.P} \quad (2.32)$$

Dimana :

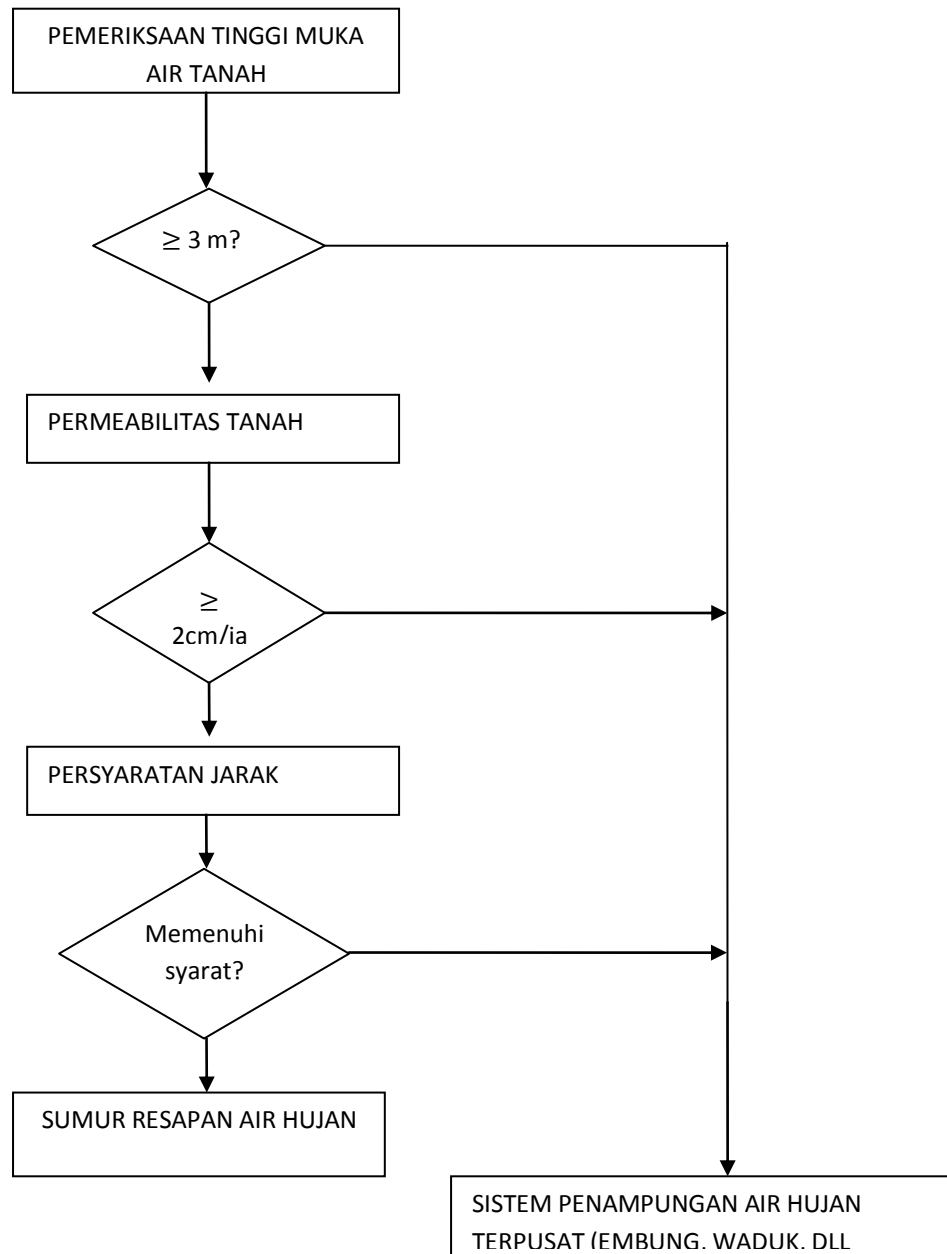
D = Durasi hujan  
 I = Intensitas hujan (m/jam)  
 $A_t$  = Luas tadah hujan (m), dapat berupa atap rumah

atau permukaan tanah yang diperkeras

k = Permeabilitas Tanah (m/jam)  
 P = Keliling penampang Sumur (m)  
 $A_s$  = Luas penampang sumur (m<sup>2</sup>)  
 H = Kedalaman sumur (m)

Perencanaan sumur resapan berdasarkan standar PU mengikuti

Tahapan Sebagaimana Dilukiskan dalam bagan alir Gambar 7.



Gambar 7. Bagan Alir Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan

(sumber : Sistem Drainase Yang Berkelanjutan, Suripin)

#### d. Penempatan Sumur Resapan

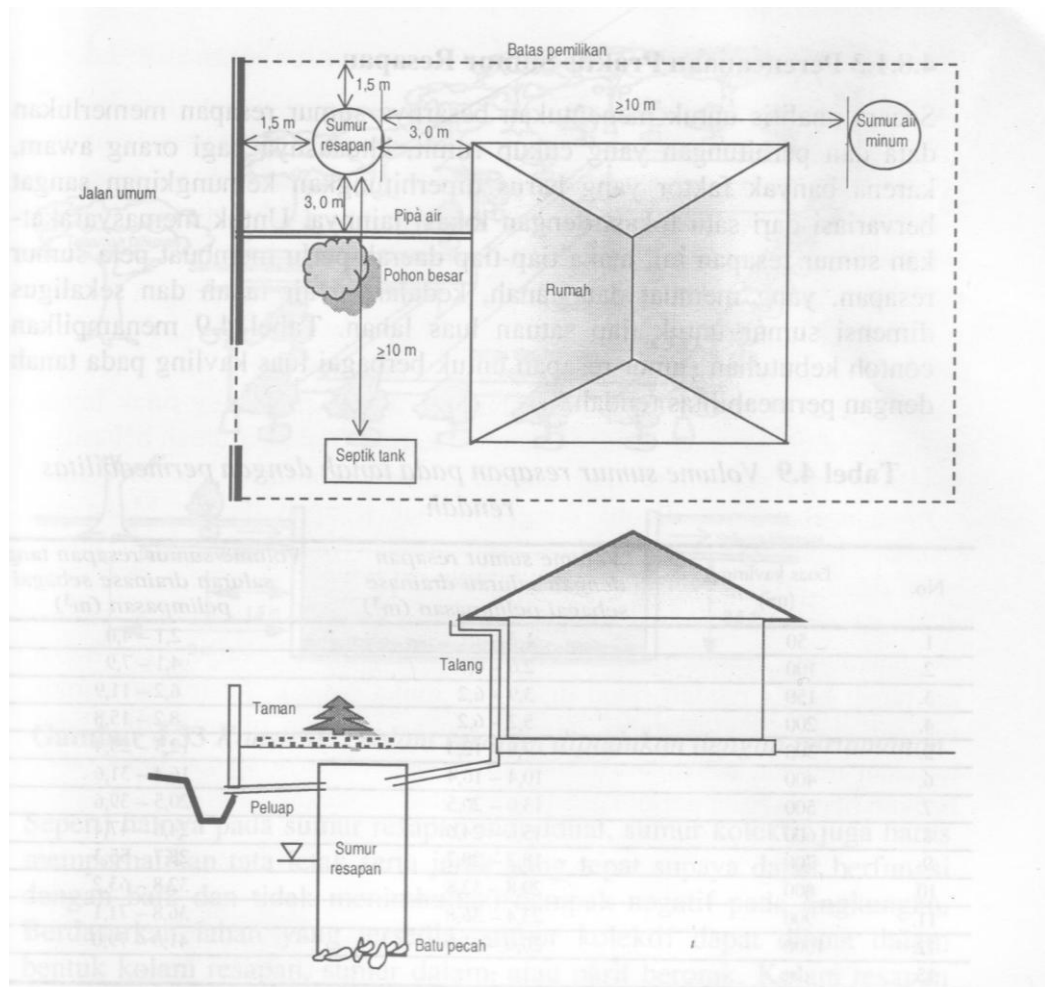
Untuk memberikan hasil yang baik, serta tidak menimbulkan dampak negatif, penempatan sumur resapan harus memperhatikan kondisi lingkungan setempat. Penempatan sumur resapan harus memperhatikan letak saptik tank, sumur air minum, posisi rumah, dan jalan umum. Tabel 1.7 memberikan batas minimum jarak sumur resapan terhadap bangunan lainnya. Sebagai gambaran tata letak serta konstruksi sumur resapan diperlihatkan pada gambar 8.

Tabel 1.7 Jarak Minimum Sumur Resapan Dengan Bangunan Lainnya

No.	Bangunan/obyek yang ada	Jarak minimal dengan sumur resapan (m)
1	Bangunan rumah	3,0
2	Batas pemilikan lahan/kapling	1,5
3	Sumur untuk air minum	10,0
4	Septik tank	10,0
5	Aliran air sungai	30,0
6	Pipa air minum	3,0
7	Jalan umum	1,5
8	Pohon besar	3,0

(Sumber : Cotteral and Norris dalam Kusneadi, 2000 (Suripin : 2004))





Gambar 8. Tata Letak Sumur Resapan (atas) dan Kondisi Konstruksi (bawah)  
 Untuk Resapan Air Hujan Rumah Tinggal  
 (sumber : Sistem drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin)

### **BAB III**

#### **TAHAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

##### **A. Obyek Penelitian**

Tugas akhir ini merupakan studi kasus di Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang. Dengan luas area 45 hektar atau 450.000 m<sup>2</sup>. Dalam kampus UNY Kampus Karangmalang terdapat bangunan sebanyak 150 yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Gedung Rektorat : 15 bangunan
- Gedung FIK : 25 bangunan
- Gedung FIP : 12 bangunan
- Gedung FMIPA : 19 bangunan
- Gedung FBS : 39 bangunan
- Gedung FT : 31 bangunan
- Gedung FISE : 9 bangunan

##### **B. Waktu**

Penulis tugas akhir dilakukan mulai Maret 2012 sampai Juli 2012.

##### **C. Data Penelitian**

###### **1. Geografis**

Permukiman permukiman UNY Kampus Karangmalang , ditinjau dari segi geografis terletak :

- a. Di sebelah utara berbatasan dengan selokan Mataram.

- b. Di sebelah selatan berbatasan dengan Jl. Colombo.
- c. Di sebelah barat berbatasan dengan Universitas Gadjah Mada.
- d. Di sebelah timur berbatasan dengan Jl. Affandi.

## 2. Tata guna lahan

Tata guna lahan selain digunakan sebagai sarana pendidikan, juga terdapat lapangan olahraga, seperti lapangan bola volly, tennis, sepak bola, tempat ibadah.

## **D. Topografi**

Kondisi di permukiman UNY Kampus Karangmalang merupakan daerah topografi yang tidak berbukit, mempunyai permukaan tanah dengan sudut elevasi rata-rata berkisar 1 derajat sampai 3 derajat dan mempunyai ketinggian diatas permukaan laut.

## **E. Pola Aliran Drainase**

Jaringan drainase pada permukiman UNY Kampus Karangmalang yang terdiri dari jaringan drainase skunder dan jaringan drainase primer. Jaringan drainase skunder yang berasal dari perumahan mengalir menuju saluran drainase primer dan terus mengalir menuju saluran induk.

## F. Klimatologi dan Curah Hujan

Wilayah Kabupaten Sleman memiliki iklim yang sama dengan daerah atau kota-kota lain di Indonesia yaitu beriklim tropis. Iklim tropis mempunyai dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan dengan siklus pergantian kurang lebih 6 bulan sekali dalam satu tahun. Musim penghujan datang antara bulan Oktober sampai bulan Maret. Sedangkan musim kemarau datang antara bulan April sampai bulan September.

## G. Data Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sleman selama 10 tahun yaitu dari tahun 2000 sampai tahun 2010 sedangkan stasiun yang digunakan adalah :

- a) Stasiun penangkaran hujan kecamatan Berbah
- b) Stasiun penangkaran hujan kecamatan Tanjung Tirto
- c) Stasiun penangkaran hujan kecamatan Gemawang
- d) Stasiun penangkaran hujan kecamatan Santan

Tabel 1.8 Curah Hujan Harian Rata-rata

No	Tahun	Curah Hujan				Rata rata mm
		ST Berbah	ST Tanjung Tirto	ST Gemawang	ST Santan	
1	2000	217,75	75	85,25	112	123
2	2001	252,75	186,65	208,58	210,66	215
3	2002	210,33	193,27	157,67	121,5	171

4	2003	186,58	199,88	117,25	141,25	161
5	2004	191,58	206,49	128	123,833	162
6	2005	191,25	230,88	118,67	133,416	169
7	2006	18942	238,5	117,92	140,333	172
8	2007	236,5	246,13	89,17	118,911	173
9	2008	233,5	253,75	80,42	145,911	178
10	2009	124,5	261,379	106,08	125,166	154
11	2010	227,72	227,729	156,25	166,66	151

(Sumber : Dinas sumber daya air Kabupaten Sleman, 2010)

## H. Data Permukiman

### a) Kondisi jalan

Jalan utama yang menuju UNY Kampus Karangmalang tersebut adalah aspal, dengan kondisi masih bagus. Sedangkan untuk jalan yang berada di dalam permukiman tersebut adalah paving block yang sebagian jalan sudah rusak karena tergenang oleh air hujan.

### b) Pola konfigurasi jalan

UNY Kampus Karangmalang memiliki pola konfigurasi jalan grid yang terbagi dalam tiga jenis yaitu :

- Jalan utama = aspal
- Jalan didalam permukiman = *conblok*
- Jalan penghubung antar fakultas = aspal

### c) Bentuk dasar rumah

Permukiman ini mempunyai bentuk dan tipe bangunan yang berbeda-beda, antara bangunan yang satu dengan yang lainnya terpisah.

## **I. Peralatan Penelitian**

Alat yang digunakan untuk pengambilan data digunakan meteran, waterpas, alat tulis dan lain-lain.

## **J. Cara Pengambilan Data**

Data curah hujan diambil dari dinas pengairan kabupaten sleman. Sedangkan untuk mengetahui dimensi saluran drainase pada permukiman UNY Kampus Karangmalang tersebut dilakukan dengan cara mengukur langsung di lapangan. Untuk data-data lain dilakukan dengan bertanya langsung dengan pihak UNY Kampus Karangmalang.

## **K. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dalam proyek akhir ini dilakukan dengan cara:

### **1. Observasi**

Penulisan pengamatan secara langsung pada proyek atau tempat penelitian yaitu keadaan saluran drainase, jenis saluran drainase, arah aliran dan dimensi saluran pada permukiman UNY Kampus Karangmalang tersebut.

### **2. Dokumentasi**

Penulisan pengumpulan data-data curah hujan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sleman, dan yang utama adalah data site plan permukiman UNY Kampus Karangmalang.

### 3. Kepustakaan

Penulis mencari dan mempelajari buku-buku yang ada hubungannya dengan permasalahan, sebagai pendukung dan pembantu penelitian lebih lanjut yang berfokus pada penyusunan proyek akhir.

### **L. Analisa Data**

Analisa data untuk mendapatkan Intensitas Curah Hujan yaitu dengan menggunakan metode Gumbel untuk memperoleh nilai standar deviasi, rata-rata. Dari nilai-nilai tersebut mendapatkan curah hujan maksimum pada kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, dan 25 tahun. Dari data tersebut dapat menghitung Debit banjir rencana dengan menggunakan metode Rasional.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Data Drainase**

Data drainase yang ada di UNY Kampus Karangmalang adalah sistem drainase saluran yang mempunyai lebar 1 meter dan kedalaman 1,5 meter, akan tetapi didalam peresapan tersebut masih ada air yang tidak meresap dikarenakan dasar resapan tersebut terdapat lumpur, dalam pembahasan ini akan dihitung kebutuhan sumur resapan jika pada UNY Kampus Karangmalang menggunakan sistem drainase sumur resapan dengan diameter 1 meter dan kedalaman sumur 7 meter.

#### **B. Data Permukiman**

UNY Kampus Karangmalang mempunyai luas wilayah 450.000 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 77.310 m<sup>2</sup>.

Presentase daerah perkerasan pada UNY Kampus Karangmalang:

##### **a) Bangunan Gedung**

Bangunan gedung yang terdapat di UNY Kampus Karangmalang berjumlah 150 bangunan dengan rata-rata luas bangunan tersebut 515.4 m<sup>2</sup> dan beberapa bangunan lainnya seperti masjid, lapangan olahraga, auditorium dll, jadi total luas keseluruhan daerah yang terbangun adalah 77.310 m<sup>2</sup>.





Gambar 9. Denah UNY Kampus Karangmalang  
(sumber : Didik Purwantoro, S.T, M.Eng.)

b) Jalan

Terdapat beberapa jalan yang ada di UNY Kampus Karangmalang ini yaitu jalan aspal dan jalan *con block* :

1. Jalan aspal

Jalan aspal ini terdapat di sebelah utara permukiman yang menghubungkan antara fakultas dengan fakultas lain yang mempunyai lebar 4 meter dan panjang 775 meter jadi luas jalan aspal tersebut  $3100 \text{ m}^2$ .

2. Jalan *con block*

Jalan *con block* tersebut terdapat di sekitar gedung rektorat dan gedung FBS yang mempunyai lebar 5 m, antara FBS dengan FT mempunyai lebar 4 m dengan panjang 250 m, di FBS jalan *con block* mempunyai panjang 300 m, dan di FT mempunyai panjang 350 m. Jadi luas jalan *con block* secara keseluruhan  $3350 \text{ m}^2$ .

### C. Perhitungan Curah Hujan

#### 1. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian

Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan diambil dari empat stasiun penakar hujan yaitu :

- a. Stasiun Berbah
- b. Stasiun Kalasan
- c. Stasiun Sambiroto

## d. Stasiun Depok

Tabel 1.9 Perhitungan Hujan Maksimum Harian Rata - Rata

	<i>Kejadian</i>		<i>Pos</i>	<i>Pos</i>	<i>Pos</i>	<i>Pos</i>	<i>Hujan harian</i>	<i>Hujan maksimum</i>
<i>Tahun</i>	<i>Tanggal</i>	<i>Bulan</i>	<i>Berbah</i>	<i>Kalasan</i>	<i>Sambiroto</i>	<i>Depok</i>	<i>rata rata</i>	<i>harian rata rata</i>
2000	17	4	15	14	15	68	28	61
	23	11	74		109	61	61	
	1	12	79		20	19	29.5	
2001	8	1	93		15	38	36.5	36.5
	6	4	22	18	25	71	34	
	26	10	15	11		49	18.75	
2002	23	1	36	18	78	71	50.75	50.75
	1	3	15	12	18	57	25.5	
	26	12	18	6	98	70	48	
2003	1	1	10	8	49	59	31.5	78.5
	27	2	20	65	150	79	78.5	
	8	12	15	21	7	57	25	
2004	30	1	18	46	15	58	34.25	70.5
	21	2		32	90	76	49.5	
	28	12	71	80	60	71	70.5	
2005	22	1	87	42	20	53	50.5	54
	24	2	60	28	60	68	54	
	11	12	29	29	15	98	42.75	
2006	26	2	9	26	60	8	25.75	34
	1	4	24	10	45	16	23.75	
	14	12	25	32	32	47	34	
2007	20	4	21	19	32	38	27.5	76.75
	30	10	8	46	26	37	29.25	
	27	12	100	46	78	83	76.75	
2008	29	1	19	58	62	17	39	67.75
	17	2	29	46	76	120	67.75	
	21	5	19	22	32	18	22.75	
2009	28	1	111	36	18	52	54.25	54.25
	12	2	49	12	62	40	40.75	
	3	4	70	14	30	32	36.5	
2010	16	1	2	14	48	41	26.25	56
	13	6	16	29	55	32	33	
	23	9	136	50	32	6	56	

(Sumber : Dinas Sumber Daya Air Kabupaten Sleman : 2010)

Harga harga yang telah dipilih pada langkah diatas dikumpulkan,  
seperti terlihat tabel dibawah ini :

Tabel 1.10 Hujan Maksimum Harian Rata – Rata

	<i>kejadian</i>		<i>hujan maksimum</i>
<i>tahun</i>	<i>bulan</i>	<i>tanggal</i>	<i>harian rata rata</i>
2000	11	23	61
2001	1	8	36.5
2002	1	23	50.75
2003	2	27	78.5
2004	12	28	70.5
2005	2	24	54
2006	12	14	34
2007	12	27	76.75
2008	2	17	67.75
2009	1	28	54.25
2010	9	23	56

(Sumber : Dinas Sumber Daya Air Kabupaten Sleman : 2010)

Hujan maksimum harian rata rata telah diperoleh diatas selanjutnya data tersebut di urutkan dari besar ke kecil,kemudian dianalisis berdasarkan distribusi yang dipilih untuk mendapatkan hujan dengan periode ulang (kala ulang) tertentu. Hal ini dicoba dengan distribusi Gumbel.

Tabel 1.11 Perhitungan dari Nilai Ekstrim Metode Gumbel

no	tahun	xi	(n+1)/m	xi-x'	(xi-x') <sup>2</sup>	xi <sup>2</sup>
1	2004	101	12	36,81364	1355,244	10201
2	2003	86	6	21,81364	475,8347	7396
3	2007	83,5	4	19,31364	373,0165	6972,25
4	2000	76,67	3	12,48364	155,8412	5878,289
5	2002	63	2,4	-1,18636	1,407459	3969
6	2006	59	2	-5,18636	26,89837	3481
7	2010	56	1,7	-8,18636	67,01655	3136
8	2009	54,25	1,5	-9,93636	98,73132	2943,063
9	2005	50,55	1,3	-13,6364	185,9504	2555,303
10	2001	45,33	1,2	-18,8564	355,5624	2054,809
11	2008	30,75	1,091	-33,4364	1117,99	945,5625
jumlah		706,05			4213,493	49532,28

(Sumber : Penulis, 2012)

Rata – rata

$$\bar{X} = \frac{706,05}{11} = 64,18636$$

Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{4213,493}{11-1}} = 20,5268$$

Jumlah data n = 11, maka

Dari tabel 1.1 Yn = 0,4996

Dari tabel 1.2 Sn = 0,9676

$$\frac{1}{a} = \frac{S}{S_n} = \frac{20,5268}{0,9676} = 21,214$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} = 64,18636 - \frac{0,4996 \times 20,5268}{0,9676} = 53,588$$

Dari tabel 1.3 diperoleh

$$T_2 \rightarrow Y_2 = 0,3668$$

$$T_5 \rightarrow Y_5 = 1,5004$$

$$T_{10} \rightarrow Y_{10} = 2,2510$$

$$T_{20} \rightarrow Y_{20} = 2,9709$$

$$T_{25} \rightarrow Y_{25} = 3,1993$$

## D. Perhitungan Debit Banjir Rencana

### 1. Koefisien pengaliran

Koefisien pengaliran diambil berdasarkan tata guna lahan. Berdasarkan nilai koefisien pengaliran untuk berbagai tata guna lahan dari tabel pada kajian teori hal adalah :

- Bangunan (Atap) = 0,80
- Jalan Aspal = 0,80
- Jalan con block = 0,60
- Taman atau daerah tak terbangun = 0,25

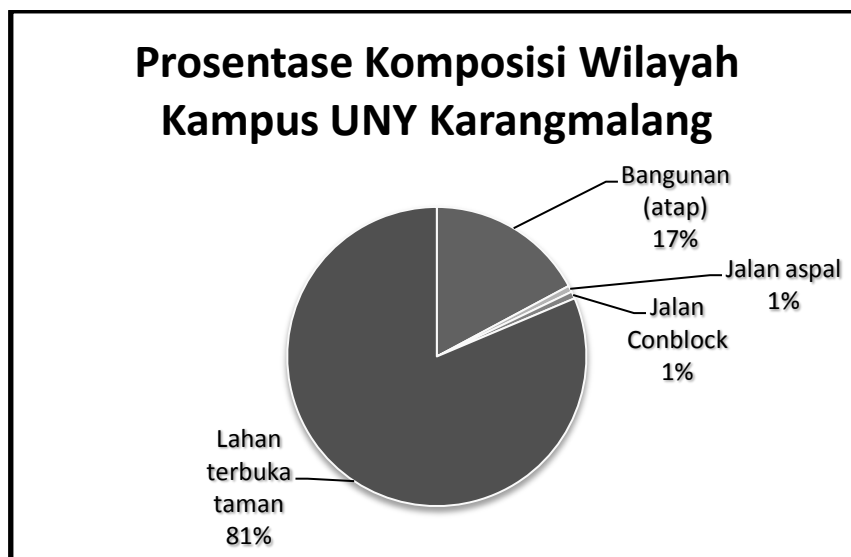
Sementara untuk wilayah UNY Kampus Karangmalang mempunyai komposisi luas wilayah sebagai berikut :

- Bangunan (Atap) = 77 310 m<sup>2</sup> (7,731) ha
- Jalan aspal = 3 100 m<sup>2</sup> (0,31) ha
- Jalan con blok = 3 500 m<sup>2</sup> (0,35) ha
- Taman atau (daerah tak terbangun) = 366 090 m<sup>2</sup> (36,609) ha

Tabel 1.12 Perhitungan Data Tata Guna Lahan

No.	Jenis tata guna lahan	Persentase (%)	A <sub>i</sub> (ha)	C <sub>i</sub>	A <sub>i</sub> . C <sub>i</sub>
1	Bangunan (atap)	17,18	7,731	0,80	6,184
2	Jalan aspal	0,69	0,31	0,80	0,248
3	Jalan Conblock	0,77	0,35	0,60	0,201
4	Lahan terbuka taman	81,35	36,609	0,25	9,152

(Sumber : Penulis, 2012)



Gambar 10. Prosentase Komposisi Wilayah Kampus UNY Karangmalang

(Sumber : Penulis, 2012)

Sehingga nilai koefisien pengaliran daerah Karangmalang adalah sebagai berikut :

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

dimana

$A_i$  = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$C_i$  = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

$$C_{DAS} = \frac{(6,184+0,248+0,201+9,152)}{(7,731+0,31+0,35+36,609)}$$

$$= 0,351$$

## 2. Curah Hujan Harian Maksimum

Besarnya curah hujan harian maksimum pada daerah UNY Kampus Karangmalang diambil dari tabel data curah hujan harian dari 4 stasiun. Dengan periode ulang 2 tahun sampai 25 tahun, untuk Analisis tersebut diambil periode ulang 10 tahun.

$$P_2 = 53,588 + 21,214 \times 0,3668 = 61,369 \text{ mm}$$

$$P_5 = 53,588 + 21,214 \times 1,5004 = 85,418 \text{ mm}$$

$$P_{10} = 53,588 + 21,214 \times 2,2510 = 101,341 \text{ mm}$$

$$P_{20} = 53,588 + 21,214 \times 2,9709 = 116,613 \text{ mm}$$

$$P_{25} = 53,588 + 21,214 \times 3,1993 = 121,458 \text{ mm}$$

## 3. Menghitung Intensitas Curah hujan

Dikarenakan data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan metode Monobe dengan hasil sebagai berikut :

Untuk t 30 menit = 0,5 jam



Dengan periode ulang 10 tahun

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

$$I = \frac{101,341}{24} \left(\frac{24}{0,5}\right)^{2/3}$$

$$= 55,77 \text{ mm/jam}$$

#### 4. Perhitungan Debit Air Hujan

Untuk perhitungan debit rencana air hujan digunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q_p = (0,002778)C.i.A$$

Di mana :

$Q_p$  = Debit air hujan ( $m^3$ /detik)

$C$  = Koefisien pengaliran

$i$  = Intensitas (mm/jam)

$A$  = Luas daerah pengaliran satuan (*hektar*)

$$Q_p = (0,00278) \times 0,35 \times 55,77 \times 45$$

$$Q_p = 2,44189 \text{ } m^3/detik$$

## E. Menghitung Kebutuhan Sumur Resapan

Untuk menghitung kebutuhan sumur resapan yang diperlukan ketika terjadi hujan yang sangat lebat atau hujan maksimum yaitu dengan cara membagi menjadi beberapa fakultas (blok).

### 1. Blok Fakultas Teknik

Luas wilayah Blok Fakultas Teknik = 60 000 m<sup>2</sup> ( 6 ) ha

Tabel 1.13 Perhitungan Data Tata Guna Lahan Blok Fakultas Teknik

No.	Jenis tata guna lahan	Ai (ha)	Ci	Ai . Ci
1	Bangunan (atap)	1,588	0,80	1,207
2	Jalan aspal	0,12	0,80	0,096
3	Jalan Conblock	0,14	0,60	0,084
4	Lahan terbuka taman	4,152	0,25	1,038

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

$$C_{DAS} = \frac{(1,207 + 0,096 + 0,084 + 1,038)}{(1,588 + 0,12 + 0,14 + 4,152)}$$

$$= 0,414$$

$$Q_p = (0,002778) C . i . A$$

$$Q_p = (0,00278) \times 0,404 \times 55,77 \times 6$$

$$Q_p = 0,3858 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada atap bangunan :

$$Q_p \text{ atap blok FT} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 1,588$$

$$= 0,1969 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,1969}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 414,477 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk atap bangunan blok FT adalah sebanyak  $\frac{414,477}{7} = 59$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan aspal :

$$Q_p \text{ aspal blok FT} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,12$$

$$= 0,0148 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5$  m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0148}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 31,32 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk aspal pada blok FT adalah sebanyak  $\frac{31,32}{7} = 4$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan conblock :

$$Q_p \text{ conblock FT} = (0,00278) \times 0,60 \times 55,77 \times 0,14$$

$$= 0,013 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5$  m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,013}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 27,4 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk conblock pada blok FT adalah sebanyak  $\frac{27,4}{7} = 3$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada taman :

$$Q_p \text{ taman blok FT} = (0,00278) \times 0,25 \times 55,77 \times 4,152$$

$$= 0,16 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, R = 0,5 m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,16}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 338,65 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk taman pada blok FT adalah sebanyak  $\frac{338,65}{7} = 48$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

## 2. Blok FISE

Luas wilayah Blok FISE = 27 500 m<sup>2</sup> ( 2,75 ) ha

Tabel 1.14 Perhitungan Data Tata Guna Lahan Blok FISE

No.	Jenis tata guna lahan	Ai (ha)	Ci	Ai . Ci
1	Bangunan (atap)	0,456	0,80	0,365
2	Jalan aspal	0,04	0,80	0,032
3	Lahan terbuka taman	2,25	0,25	0,563

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

$$C_{DAS} = \frac{(0,365 + 0,032 + 0,563)}{(0,456 + 0,04 + 2,25)}$$

$$= 0,349$$

$$Q_p = (0,002778) C . i . A$$

$$Q_p = (0,00278) \times 0,349 \times 55,77 \times 2,75$$

$$Q_p = 0,1487 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada atap bangunan :

$$Q_p \text{ atap blok FISE} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,456$$

$$= 0,0565 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5$  m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik}$  (tanah pasir halus)

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0565}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 119,019 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk blok FISE adalah sebanyak  $\frac{119,019}{7} = 17$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan aspal :

$$Q_p \text{ aspal blok FISE} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,04$$

$$= 0,0049 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5$  m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik}$  (tanah pasir halus)

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0049}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 10,44 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk aspal pada blok FISE adalah sebanyak  $\frac{10,44}{7} = 1$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada taman :

$$Q_p \text{ taman blok FISE} = (0,00278) \times 0,25 \times 55,77 \times 2,25$$

$$= 0,087 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, R = 0,5 m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,087}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 183,5 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk taman pada blok FISE adalah sebanyak  $\frac{183,5}{7} = 26$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.



### 3. Blok FMIPA & FIP

Luas wilayah Blok FMIPA & FIP = 87 500 m<sup>2</sup> (8,75 ) ha

Tabel 1.15 Perhitungan Data Tata Guna Lahan Blok FMIPA & FIP

No.	Jenis tata guna lahan	Ai (ha)	Ci	Ai . Ci
1	Bangunan (atap)	1,456	0,80	1,165
2	Jalan aspal	0,07	0,80	0,056
3	Lahan terbuka taman	7,224	0,25	1,806

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

$$C_{DAS} = \frac{(1,165 + 0,056 + 1,806)}{(1,456 + 0,07 + 7,224)}$$

$$= 0,35$$

$$Q_p = (0,002778) C . i . A$$

$$Q_p = (0,00278) \times 0,35 \times 55,77 \times 8,75$$

$$Q_p = 0,469 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada atap bangunan :

$$Q_p \text{ atap blok FMIPA \& FIP} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 1,456$$

$$= 0,1805 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,1805}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 380,025 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk blok FMIPA & FIP adalah sebanyak  $\frac{380,025}{7} = 54$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan aspal :

$$Q_p \text{ aspal blok FMIPA \& FIP} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,07$$

$$= 0,0086 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0086}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 18,27 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk aspal pada blok FMIPA & FIP adalah sebanyak  $\frac{18,27}{7} = 2$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada taman :

$$Q_p \text{ taman blok FMIPA \& FIP} = (0,00278) \times 0,25 \times 55,77 \times 7,224$$

$$= 0,28 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,28}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 589,22 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk taman pada blok FMIPA & FIP adalah sebanyak  $\frac{589,22}{7} = 84$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

#### 4. Blok FBS & FIK

Luas wilayah Blok FBS & FIK = 175 000 m<sup>2</sup> ( 17,5 ) ha

Tabel 1.16 Perhitungan Data Tata Guna Lahan Blok FBS & FIK

No.	Jenis tata guna lahan	Ai (ha)	Ci	Ai . Ci
1	Bangunan (atap)	2,414	0,80	1,93
2	Jalan aspal	0,14	0,80	0,112
3	Jalan Conblock	0,12	0,60	0,072
4	Lahan terbuka taman	14,826	0,25	3,71

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

$$C_{DAS} = \frac{(1,93+0,112+0,072+3,71)}{(2,414+0,14+0,12+14,826)}$$

$$= 0,33$$

$$Q_p = (0,002778)C.i.A$$

$$Q_p = (0,00278) \times 0,33 \times 55,77 \times 17,5$$

$$Q_p = 0,9026 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada atap bangunan :

$$Q_p \text{ atap blok FBS \& FIK} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 2,414$$

$$= 0,2994 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,2994}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 630,068 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk blok FBS & FIK adalah sebanyak  $\frac{630,068}{7} = 90$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan aspal :

$$\begin{aligned} Q_p \text{ aspal blok FBS \& FIK} &= (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,14 \\ &= 0,017 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,017}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 36,54 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk aspal pada blok FBS & FIK adalah sebanyak  $\frac{36,54}{7} = 5$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan conblock :

$$Q_p \text{ conblock FBS \& FIK} = (0,00278) \times 0,60 \times 55,77 \times 0,12$$

$$= 0,0111 \text{ m}^3/\text{detik}$$

F = 5,5 R ( gambar 6 )

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, R = 0,5 m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

K = 10 cm/jam  $\rightarrow 2,78 \times 10^{-5}$  m/detik (tanah pasir halus)

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0111}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 23,49 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk conblock pada blok FBS & FIK adalah sebanyak  $\frac{23,49}{7} = 3$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada taman :

$$\begin{aligned} Q_p \text{ taman blok FBS \& FIK} &= (0,00278) \times 0,25 \times 55,77 \times 14,826 \\ &= 0,574 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

$$\text{Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, } R = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{0,574}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right) \\ &= 1209,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk taman pada blok FBS & FIK adalah sebanyak  $\frac{1209,27}{7} = 172$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

## 5. Blok Rektorat

Luas wilayah Blok Rektorat = 100 000 m<sup>2</sup> ( 10 ) ha

Tabel 1.17 Perhitungan Data Tata Guna Lahan Blok Rektorat

No.	Jenis tata guna lahan	Ai (ha)	Ci	Ai . Ci
1	Bangunan (atap)	1,818	0,80	1,454
2	Jalan aspal	0,08	0,80	0,064
3	Jalan Conblock	0,075	0,60	0,045
4	Lahan terbuka taman	8,03	0,25	2,01

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

$$C_{DAS} = \frac{(1,454 + 0,064 + 0,045 + 2,01)}{(1,818 + 0,08 + 0,075 + 8,03)}$$

$$= 0,36$$

$$Q_p = (0,002778) C . i . A$$

$$Q_p = (0,00278) \times 0,36 \times 81,482 \times 10$$

$$Q_p = 0,5536 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada atap bangunan :

$$Q_p \text{ atap blok Rektorat} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 1,818$$

$$= 0,2254 \text{ m}^3/\text{detik}$$



$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,2254}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 474,509 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk blok Rektorat adalah sebanyak  $\frac{474,509}{7} = 67$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan aspal :

$$Q_p \text{ aspal blok Rektorat} = (0,00278) \times 0,80 \times 55,77 \times 0,08$$

$$= 0,0099 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 R \text{ ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari,  $R = 0,5 \text{ m}$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0099}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 20,88 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk aspal pada blok Rektorat adalah sebanyak  $\frac{20,88}{7} = 2$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada jalan conblock :

$$Q_p \text{ conblock Rektorat} = (0,00278) \times 0,60 \times 55,77 \times 0,075$$

$$= 0,0069 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, R = 0,5 m

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,0069}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 14,68 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk conblock pada blok Rektorat adalah sebanyak  $\frac{14,68}{7} = 2$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Menghitung kebutuhan sumur resapan untuk menampung debit air pada taman :

$$Q_p \text{ taman blok Rektorat} = (0,00278) \times 0,25 \times 55,77 \times 8,03$$

$$= 0,311 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$F = 5,5 \text{ R ( gambar 6 )}$$

$$\text{Ambil diameter Sumur 1 m, jari – jari, } R = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 5,5 \times 0,5 = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 10 \text{ cm/jam} \rightarrow 2,78 \times 10^{-5} \text{ m/detik (tanah pasir halus)}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$H = \frac{0,311}{2,75 \cdot 2,78 \times 10^{-5}} \left( 1 - e^{-\frac{2,75 \times 2,78 \times 10^{-5} \times 1800}{\pi \cdot 0,5^2}} \right)$$

$$= 654,962 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk taman pada blok Rektorat adalah sebanyak  $\frac{654,962}{7} = 93$  buah sumur resapan dengan diameter 1 m dengan kedalaman 7 m.

Dengan didapatnya jumlah kebutuhan sumur resapan pada setiap blok/fakultas, maka kebutuhan sumur resapan untuk UNY Kampus Karangmalang dapat dihitung dengan menjumlahkan hasil perhitungan yang didapat.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan dari Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang, adalah Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang membutuhkan 732 buah sumur resapan, yang dibagi untuk semua fakultas antara lain untuk FT membutuhkan total 114 buah sumur resapan, yang dibagi untuk menampung 4 jenis tata guna lahan yaitu, atap bangunan membutuhkan 59 buah sumur resapan, jalan aspal membutuhkan 4 buah sumur resapan, jalan conblock 3 buah sumur resapan, dan untuk taman/lahan terbuka membutuhkan 48 buah sumur resapan. FISE membutuhkan total 44 buah sumur resapan, yang dibagi untuk menampung 3 jenis tata guna lahan yaitu, atap bangunan membutuhkan 17 buah sumur resapan, jalan aspal membutuhkan 1 buah sumur resapan, dan untuk taman/lahan terbuka membutuhkan 26 buah sumur resapan. FMIPA dan FIP membutuhkan total 140 buah sumur resapan, yang dibagi untuk menampung 3 jenis tata guna lahan yaitu, atap bangunan membutuhkan 54 buah sumur resapan, jalan aspal membutuhkan 2 buah sumur resapan, dan untuk taman/lahan terbuka membutuhkan 84 buah sumur resapan. FBS dan FIK membutuhkan total 270 buah sumur resapan, yang dibagi untuk menampung 4 jenis tata guna lahan yaitu, atap bangunan membutuhkan 90 buah sumur resapan, jalan aspal membutuhkan 5 buah sumur resapan, jalan conblock 3 buah sumur resapan, dan untuk taman/lahan terbuka membutuhkan 172 buah

sumur resapan. Area rektorat membutuhkan total 164 buah sumur resapan, yang dibagi untuk menampung 4 jenis tata guna lahan yaitu, atap bangunan membutuhkan 67 buah sumur resapan, jalan aspal membutuhkan 2 buah sumur resapan, jalan conblock 2 buah sumur resapan, dan untuk taman/lahan terbuka membutuhkan 93 buah sumur resapan. Jumlah sumur resapan yang didapat pada Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus untuk menampung air hujan jika terjadi hujan lebat selama 30 menit.

## **B. Saran**

Setelah melakukan survey dan kajian tentang saluran drainase pada Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang saran – saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Untuk sisa debit yang diproses di daerah yang tidak terbangun diserap oleh vegetasi bisa juga di alirkan ke selokan mataram.
2. Meskipun Sumur resapan banyak mendatangkan manfaat, namun membuatnya harus memperhatikan syarat-syarat yang ada agar mendapatkan hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- CD. Soemarto. (1987). *"Hidrologi Teknik"*. Yogyakarta : Erlangga.
- Rifta Adrian Pratiwi. (2012). *"Evaluasi Saluran Drainase Kampus Universitas Negeri Yogyakarta Karangmalang"*. Proyek Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sriyono Dwi Zuliyanto. (2010). *"Kajian Drainase Air Hujan Pada Dusun Noyokerten Sendangtirto Berbah Sleman"*. Proyek Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suripin, M. Eng. (2004). *"Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan"*. Yogyakarta : Andi.
- Wesli. (2008). *"Drainase Perkotaan"*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Website : [www.http://id.wikipedia.org/wiki/Hujan](http://id.wikipedia.org/wiki/Hujan)