

TESIS

**ANALISIS EFEKTIVITAS REDUKSI LIMPASAN DENGAN
*UNDERDRAIN BOX STORAGE***

Disusun dan diajukan oleh

**MAGFIRAH MALKAB
D012171016**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

TESIS

**ANALISIS EFEKTIVITAS REDUKSI LIMPASAN DENGAN
UNDERDRAIN BOX STORAGE**

Disusun dan diajukan oleh :

MAGFIRAH MALKAB

Nomor Pokok D012171016

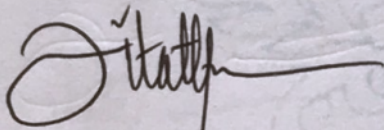
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 30 November 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

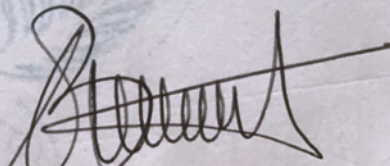
Menyetujui

Komisi Penasehat,



Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT.

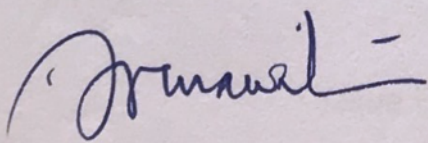
Ketua



Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, ST., MT.

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS EFEKTIVITAS REDUKSI LIMPASAN DENGAN
UNDERDRAIN BOX STORAGE**



Disusun dan diajukan oleh :

MAGFIRAH MALKAB
D012171016

Gowa, November 2020

Menyetujui

Komisi Penasehat

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT.
Pembimbing 1

Dr. Eng. Bambang Bakri, ST., MT.
Pembimbing 2

Mengetahui

Ketua Program Studi S-2 Teknik Sipil

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Magfirah Malkab

Nomor Mahasiswa : D012171016

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, November 2020



Yang menyatakan

Magfirah Malkab

ABSTRAK

MAGFIRAH MALKAB. Analisis Efektivitas Reduksi Limpasan dengan *Underdrain Box Storage* (dibimbing oleh **Rita Tahir Lopa** dan **Bambang Bakri**)

Penelitian ini membahas mengenai suatu model saluran drainase sebagai salah satu solusi penanganan masalah genangan yang sering terjadi pada kampus Universitas Muhammadiyah Makassar. Dimana pada bagian dasar drainase diberi lubang-lubang yang disusun seri sepanjang saluran sebagai fungsi untuk mengisi ruang penampungan (*box storage*) di bawahnya yang dapat dihubungkan langsung ke tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis dimensi saluran yang dapat meningkatkan volume tampungan dan mengurangi limpasan air hujan serta menganalisis efektivitas penerapan *underdrain box storage* dalam meningkatkan volume tampungan dan mereduksi volume limpasan. Penelitian ini membutuhkan pemetaan wilayah aliran yang datang ke drainase yang ditinjau dan juga data curah hujan untuk memprediksi debit rencana dengan periode ulang 20 tahun. Kemudian untuk perhitungan debit banjir rencana digunakan metode Rasional. Selanjutnya, perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan adanya ruang penampungan di bawah saluran drainase, volume tampungan drainase meningkat dari 18,76 % menjadi 58,42 % sehingga dapat mengurangi volume air yang melimpas di permukaan dari 79,03 % menjadi 41,58 %.

Kata Kunci : *Underdrain Box Storage*, Tampungan, Limpasan

ABSTRAC

MAGFIRAH MALKAB. Analysis of the Effectiveness of Runoff Reduction with Underdrain Box Storage (supervised by **Rita Tahir Lopa** and **Bambang Bakri**)

This study discusses a drainage channel model as a solution to the inundation problem that often occurs on the campus of the Muhammadiyah University of Makassar. Where at the bottom of the drainage, holes are arranged in series along the channel as a function to fill the storage space below which can be connected directly to the ground. The purpose of this study is to analyze the dimensions of the canal which can increase the storage volume and reduce rainwater runoff and to analyze the effectiveness of the application of underdrain box storage in increasing the storage volume and reducing the volume of runoff. This research requires mapping of the flow areas that come to the drainage under review and also rainfall data to predict the planned discharge with a return period of 20 years. Then for the calculation of the flood discharge plan used the Rational method. Furthermore, the calculation of rainfall intensity uses the Mononobe method. The results of the analysis show that with the presence of a storage space under the drainage channel, the volume of the drainage reservoir increases from 18.76% to 58.42% so as to reduce the volume of water overtopping on the surface from 79.03% to 41.58%.

Keywords: Underdrain Box Storage, Storage, Runoff

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan hasil penelitian dengan judul “Analisis Efektivitas Reduksi Limpasan dengan *Underdrain Box Storage*”.

Hasil penelitian ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan hasil penelitian ini tidak akan terlaksana sebagaimana yang diharapkan tanpa adanya bantuan, arahan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankan penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Eng. Rita Tahir Lopa, MT. yang telah membimbing penulis dalam penulisan hasil penelitian.
2. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, ST., MT. yang telah membimbing penulis dalam penulisan hasil penelitian.
3. Bapak Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Gowa.
4. Para Dosen dan Staff yang telah membantu dan membimbing penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

5. Ayahanda Marzuki Malkab, ibunda Sukmawati tercinta, saudara-saudaraku Afdalia, Gusnul, Ica, Khaerul, Miftah, Syafiq yang terus memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Suami Haerul Darwis,S.T. dan almarhumah anakda tercinta Bintang El Shanum Haerul atas dukungan cinta dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi S2 Universitas Hasanuddin khususnya Angkatan 2017 Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Keairan dan semua pihak yang telah membantu penulis baik dalam bentuk materiil maupun immateriil, semoga Allah SWT membalas budi baik dengan amalan yang setimpal.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam hasil penelitian ini, oleh karena itu penulis mengharapkan agar kiranya memberikan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan hasil penelitian ini. Akhir kata, Penulis mengharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua, bangsa dan negara. Aaamiiin.

Makassar, November 2020

Penulis

Magfirah Malkab

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Konsep <i>Underdrain Box Storage (UBS)</i>	5
B. Analisa Curah Hujan	6
C. Intensitas Curah Hujan	16
D. Koefisien Pengaliran	17
E. Limpasan Permukaan.....	20
F. Permeabilitas Tanah	25
G. Perancangan Saluran untuk Aliran Seragam	28
H. Kerangka Pikir	34

BAB III. METODE PENELITIAN	35
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	36
C. Metode Penelitian	36
D. Bagan Alir Penelitian	51
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	52
A. Analisa Hidrologi.....	52
B. Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	55
C. Perhitungan Curah Hujan Metode Log Pearson Tipe III.....	59
D. Pengujian Kecocokan Sebaran.....	60
E. Analisis Intensitas Curah Hujan	62
F. Perhitungan Koefisien Pengaliran.....	65
G. Perhitungan Limpasan.....	66
H. Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	68
I. Perhitungan Permeabilitas Tanah.....	68
J. Perencanaan Penampang	69
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	84
A. Kesimpulan.....	84
B. Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 2.1 Syarat-syarat batas penentuan sebaran	11
Tabel 2.2 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat	14
Tabel 2.3 Nilai Delta Kritis untuk Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof	15
Tabel 2.4 Koefisien aliran permukaan (C) untuk DAS Pertanian bagi Tanah Kelompok Hidrologi B	18
Tabel 2.5 Koefisien Aliran Permukaan (C) untuk Daerah Urban	18
Tabel 2.6 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional	19
Tabel 2.7 Harga-harga Koefisien Permeabilitas Tanah pada Umumnya	27
Tabel 2.8 Bentuk-bentuk Umum Saluran Terbuka dan Fungsinya	29
Tabel 2.9 Kecepatan Maksimum yang Diizinkan	32
Tabel 2.10 Kemiringan Dinding Saluran	33
Tabel 2.11 Tinggi Jagaan	33
Tabel 3.1 Nilai Koefisien untuk Distribusi Normal	39
Tabel 3.2 Nilai Koefisien Untuk Distribusi Log Normal	39
Tabel 3.3 Reduced Mean (Y_n)	40
Tabel 3.4 Reduced Standard Deviasi (S_n)	40
Tabel 3.5 Reduced Variate (Y_t)	40

Tabel 3.6 Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan	
Cs	43
Tabel 4.1 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum	55
Tabel 4.2 Parameter Statistik Curah Hujan	56
Tabel 4.3 Harga Koefisien pada Masing-masing Metode	57
Tabel 4.4 Penentuan Jenis Sebaran Secara Grafis (Plotting Data)	58
Tabel 4.5 Distribusi Sebaran Metode Log Pearson Tipe III	59
Tabel 4.6 <i>Chi-Kuadrat</i> untuk menguji distribusi data curah hujan metode Log Person Tipe III	61
Tabel 4.7 Uji Keselarasan Sebaran <i>Smirnov – Kolmogorov</i>	62
Tabel 4.8 Perhitungan Waktu Konsentrasi Tiap Saluran	64
Tabel 4.9 Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan Menggunakan Metode Mononobe	64
Tabel 4.10 Luas Daerah Pengaliran	65
Tabel 4.11 Nilai Koefisien Pengaliran menurut Suripin	66
Tabel 4.12 Nilai Debit Limpasan Tiap Saluran	68
Tabel 4.13 Data Sampel Tanah pada Uji Laboratorium	69
Tabel 4.14 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting	70
Tabel 4.15 Perhitungan Dimensi Lubang Pengisian	76
Tabel 4.16 Perhitungan Dimensi <i>Box Storage</i>	78
Tabel 4.17 Persentase Limpasan dan Tampungan Sebelum dan Setelah Ada <i>Box Storage</i> Kala Ulang 20 Tahun	79

Tabel 4.18 Tingkat kepercayaan dalam uji t untuk perhitungan
limpasan sebelum dan sesudah adanya penerapan

Underdrain Box Storage

82

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
Gambar 2.1	Konsep Sistem <i>Underdrain Box Storage</i>	5
Gambar 2.2	Sketsa Atap Model Pelana	23
Gambar 2.3	Penampang Melintang Jalan	25
Gambar 2.4	Unsur geometris penampang saluran berbentuk trapezium	30
Gambar 2.5	Kerangka Pikir Penelitian	34
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian	35
Gambar 3.2	Kertas Grafik Probabilitas untuk Agihan Log Pearson	42
Gambar 3.3	Daerah Pengaliran	46
Gambar 3.4	Penampang Melintang <i>Undedrain Box Storage</i> yang Direncanakan	48
Gambar 3.5	Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 4.1	Peta Topografi Kota Makassar	52
Gambar 4.2	Peta Daerah Tangkapan Air Lokasi Penelitian	53
Gambar 4.3	Arah Aliran Titik Pengamatan	54
Gambar 4.4	Grafik Probabilitas dengan Agihan Log Pearson Tipe III	61

Gambar 4.5	Grafik Intensitas Curah Hujan dengan Menggunakan Metode Mononobe	65
Gambar 4.6	Bentuk dan Dimensi Saluran Eksisting	69
Gambar 4.7	Vena kontrakta pada aliran melalui lubang di bawah tangki	71
Gambar 4.8	Aliran Melalui Lubang di Bawah Tangki	72
Gambar 4.9	Aliran pada Lubang dengan Bentuk Penampang Bulat	74
Gambar 4.10	Hubungan Antara Fr dengan $Q / (h^5 \cdot g)^{1/2}$	74
Gambar 4.11	Hubungan Antara Fr dengan a/h_1^2	75
Gambar 4.12	Bentuk dan Dimensi Saluran dengan <i>Box Storage</i>	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada umumnya bencana banjir yang terjadi disebabkan karena faktor alam juga karena ulah tangan manusia, diantaranya karena banyak sampah yang dibuang sembarangan ke dalam saluran air yang menyebabkan selokan menjadi dangkal sehingga aliran air terhambat dan menjadi meluap dan menggenang. Yang kedua karena kurangnya daya serap tanah terhadap air karena tanah telah tertutup oleh aspal jalan raya dan bangunan-bangunan yang jelas tidak tembus air, kondisi ini akhirnya akan meningkatkan volume air permukaan yang masuk ke saluran drainase dan sungai.

Untuk mengatasi masalah infrastruktur dalam hal ini jalan dan bangunan yang menutup saluran air ataupun peresapan air, diperlukan sistem drainase yang berwawasan lingkungan dengan prinsip dasar mengendalikan kelebihan air permukaan sehingga dapat dialirkan secara terkendali dan lebih banyak memiliki kesempatan untuk meresap ke dalam tanah. Hal ini dimaksudkan agar konservasi air tanah dapat berlangsung dengan baik dan dimensi struktur bangunan sarana drainase dapat lebih efisien. Berbeda dengan prinsip lama drainase yaitu mengalirkan air hujan

ke badan air penerima secepatnya, drainase berkelanjutan bekerja dengan upaya memperlambat aliran limpasan air hujan.

Prinsipnya, air hujan yang jatuh ditahan dulu agar lebih banyak yang meresap ke dalam tanah melalui bangunan resapan seperti *Underdrain Box Storage*. Hal ini dilakukan mengingat semakin minimnya persediaan air tanah dan tingginya tingkat pengambilan air. Pengembangan drainase berkelanjutan ditunjukkan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan. Konsep inilah yang ingin mengubah paradigma lama dalam pembangunan drainase khususnya di perkotaan.

Adanya konsep pemikiran baru tentang sistem drainase berkelanjutan yaitu *Underdrain Box Storage*, diharapkan dapat mengatasi permasalahan genangan tanpa mengganggu peruntukan ruang yang telah ada.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dijabarkan dalam rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Berapa dimensi *Underdrain Box Storage* yang mampu mereduksi limpasan dan meningkatkan volume tampungan air untuk diresapkan ke tanah?
2. Bagaimana efektifitas penerapan *Underdrain Box Storage* terhadap debit limpasan dan volume tampungan air untuk diresapkan ke tanah?

C. Tujuan Penelitian

Terkait dengan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dimensi *Underdrain Box Storage* yang mampu mereduksi limpasan dan meningkatkan volume tampungan air untuk diresapkan ke tanah.
2. Menganalisis efektivitas penerapan *Underdrain Box Storage* terhadap debit limpasan dan volume tampungan air untuk diresapkan ke tanah.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan yang bertujuan mengetahui efektivitas *Underdrain Box Storage* dalam mengurangi genangan dan meningkatkan resapan air pada tanah. Adapun manfaat dari penelitian ini, diantaranya:

1. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan struktur *Underdrain Box Storage*.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan inovasi struktur *Underdrain Box Storage* yang variatif dan efektif mereduksi genangan dan meningkatkan volume tampungan air untuk diresapkan ke tanah.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya pembahasan penelitian, maka perlu dibuat batasan-batasan terhadap pembahasan yang berhubungan dengan

penelitian ini. Agar dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran maka penelitian dibatasi pada :

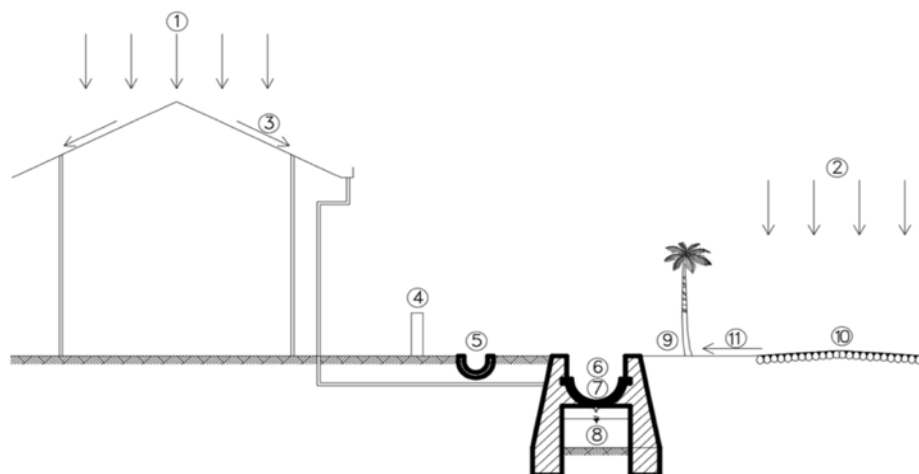
1. Penelitian dilakukan pada sistem drainase di Kampus Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Kondisi jalan pada lokasi penelitian dihitung dalam kondisi normal.
3. Sumber air limpasan yang diperhitungkan dari lahan, atap bangunan, dan jalan.
4. Saluran air hujan ditempatkan terpisah dari saluran air limbah.
5. Konstruksi dibuat dari bahan beton bertulang pracetak atau kombinasi antara pasangan batu dan beton bertulang.
6. Hanya membahas pada kondisi air statis.
7. Peneliti tidak memperhitungkan faktor biaya.
8. Kemiringan lahan lokasi penelitian adalah 0,002.
9. Kala ulang yang digunakan adalah kala ulang 20 tahun.
10. Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah lanau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep *Underdrain Box Storage* (UBS)

Underdrain Box Storage merupakan konsep drainase ramah lingkungan. Konsep teknisnya adalah bahwa genangan air hujan dialirkan melalui saluran terbuka dimana pada bagian dasarnya diberi lubang-lubang yang disusun berseri sepanjang saluran sebagai fungsi untuk mengisi ruang penampungan, dimana bagian dasar ruang penampungan berhubungan dengan tanah.



Keterangan:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Curah hujan yang jatuh di atap, | 7. Lubang drainasi vertikal (<i>vertical drain hole</i>), |
| 2. Curah hujan yang jatuh di lahan, | 8. Ruang tampungan (<i>box-storage</i>), |
| 3. Aliran dari atap menuju talang, | 9. Bahu jalan, |
| 4. Pagar rumah, | 10. Badan jalan, |
| 5. Saluran pembuang limbah domestik, | 11. Limpasan permukaan. |
| 6. Saluran pembuang air hujan, | |

Gambar 2.1 Konsep Sistem *Underdrain Box Storage*

Konsep *Underdrain Box Storage* terdiri dari saluran pembuang air hujan, lubang pengisian vertikal, kotak penampungan dan saluran

pembuang limbah domestik (*sewerage system*). Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat air hujan. Lubang pengisian vertikal berfungsi meneruskan limpasan air hujan ke dalam kotak penampungan. Sedangkan *box storage* yang difungsikan sebagai *long storage* yang penampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah. Secara umum persyaratan konstruksi dari konsep drainase ini adalah sebagai berikut :

1. Saluran air hujan ditempatkan terpisah dari saluran limbah.
2. Konstruksi ini dibuat dari bahan beton bertulang pracetak atau kombinasi antara pasangan batu dan beton bertulang pracetak.
3. Saluran utama diberi lubang berbentuk bulat pada bagian dasarnya.
4. Dalam penerapannya diperlukan pemeliharaan berkala agar dapat tetap.

B. Analisa Curah Hujan

Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban 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. Adapun jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan (definisi BMKG), diantaranya yaitu hujan kecil antara 0 – 21 mm per hari, hujan sedang antara 21 – 50 mm per hari dan hujan besar atau lebat di atas 50 mm per hari.

Analisis curah hujan memproses data curah hujan mentah, diolah menjadi data yang siap dipakai untuk perhitungan debit aliran. Data curah hujan yang akan dianalisis berupa kumpulan data selama 10 tahun pengamatan berturut-turut, dinyatakan dalam mm/jam.

1. Data Hujan

Data hujan yang diperlukan dalam analisis hidrologi meliputi data:

1. Curah hujan, adalah tinggi hujan dalam satu hari, bulan atau tahun. Dinyatakan dalam mm, cm, atau inci.
2. Intensitas hujan, adalah banyaknya hujan yang jatuh dalam periode tertentu. Dinyatakan mm/menit, mm/jam, mm/hari.
3. Frekuensi hujan, adalah kemungkinan terjadinya atau dilampauinya suatu tinggi hujan tertentu. Biasanya dinyatakan dengan waktu ulang (*return periode*) T , misalnya sekali dalam T tahun (Soemarto, 1995).

2. Kala Ulang Hujan (*Return Period*)

Kala ulang hujan atau yang disebut *return period* adalah periode (dalam tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama, kemungkinan dapat berulang kembali kejadiannya satu kali dalam periode waktu tertentu. Misalnya: 2, 5, 10, 20, 50, 100 tahun sekali. Tinggi intensitas hujan makin naik jika periode ulangnya makin besar.

Penetapan Periode Ulang Hujan (PUH) ini dipakai untuk menentukan besarnya kapasitas saluran air terhadap limpasan air hujan atau besarnya

kapasitas (kemampuan) suatu bangunan air, untuk keperluan-keperluan tertentu.

3. Penentuan Hujan Kawasan (Daerah Tangkapan Air/DTA)

Daerah Tangkapan Air (DTA) adalah daerah yang dibatasi bentuk topografi, di mana seluruh hujan yang jatuh di area itu mengalir ke satu sungai. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan/atau di sekitar kawasan tersebut. (Suripin, 2004) Ada tiga macam cara yang dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan yakni rata-rata aljabar, *poligon Thiessen*, dan isohyet. Dalam menentukan metode apa yang cocok digunakan maka harus mempertimbangkan tiga faktor berikut:

- a. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
- b. Luas DAS
- c. Topografi DAS

4. Penentuan Curah Hujan Rerata

Besarnya curah hujan di suatu tempat sangat dipengaruhi oleh lokasi geografis dan kondisi alam sekitarnya. Lautan adalah sumber dari curah hujan tersebut. Penguapan terjadi dari lautan yang menguap akibat panas matahari dan uap air terserap dalam arus udara yang bergerak melewati permukaan laut. Udara yang mengandung uap air tersebut naik ke atmosfer lalu mendingin sampai di bawah suhu titik embun pada waktu uap air itu tercurah sebagai hujan.

Curah hujan yang diperlukan dalam merencanakan pemanfaatan air dan merancang pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan hanya curah hujan pada suatu titik tertentu. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun penakar hujan yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah dan dinyatakan dalam kedalaman air (mm).

5. Pengukuran Dispersi

Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi (Soewarno, 1995).

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

a. Deviasi Standar (S)

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S_x akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S_x akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$S = \text{simpangan baku} = \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

S = Standar Deviasi

X_i = curah hujan minimum (mm/hari)

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm/hari)

n = lamanya pengamatan

b. Koefisien Skewness (Cs)

Kemencengan (skewness) adalah ukuran asimetri atau penyimpangan kesimetrian suatu distribusi. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$Cs = \text{asimetri (skewness)} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (X - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

CS = koefisien kemencengan

Xi = nilai variat

\bar{X} = nilai rata-rata

n = jumlah data

Sx = standar deviasi

c. Pengukuran Kurtosis (Ck)

Kurtosis merupakan kepuncakan (peakedness) distribusi.

Rumus koefisien kurtosis adalah (Soewarno, 1995):

$$Ck = \text{kurtosis} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum (X - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan: Ck = koefisien kurtosis

Xi = nilai variat

\bar{X} = nilai rata-rata

n = jumlah data

S_x = standar deviasi

d. Koefisien Variasi (Cv).

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

$$Cv = \text{koefisien variasi} = \left(\frac{S}{\bar{X}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan : Cv = koefisien variasi

S = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata

Pengukuran dispersi ini digunakan untuk analisa distribusi Normal dan Gumbel. selanjutnya ditentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) untuk menghitung curah hujan rencana dengan syarat-syarat batas tertentu.

6. Pemilihan Jenis Sebaran

Dalam memilih atau menentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) untuk menghitung curah hujan rencana dengan syarat-syarat batas tertentu. Berikut adalah tabel syarat-syarat batas penentuan jenis sebaran.

Tabel 2.1 Syarat-syarat batas penentuan sebaran

Jenis sebaran	Kriteria
Normal	Cs=0
Log Normal	Cs=3Cv
Log Pearson Tipe III	Cs=0
Gumbel	Cs=1,396 ; Cv=5,4002

Sumber : C. D. Soemarto, 1999

Untuk memastikan pemilihan distribusi perlu dilakukan perbandingan hasil perhitungan statistik dengan plotting data pada kertas probabilitas dan uji kecocokan.

7. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa frekuensi curah hujan adalah berulangnya curah hujan baik jumlah frekuensi persatuan waktu maupun periode ulangnya. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan pada kala ulang tertentu. Untuk menganalisa frekuensi curah hujan ini menggunakan tiga metode sebagai perbandingan, yaitu :

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Gumbel
- d. Distribusi Log Pearson Type III.

Dengan mengikuti pola sebaran yang sesuai selanjutnya dihitung curah hujan rencana dalam beberapa metode ulang yang akan digunakan untuk mendapatkan debit banjir rencana.

8. Pengujian Kecocokan Sebaran

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

Ada dua jenis uji keselarasan (*Goodness of fit test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan.

a. Uji Keselarasan Chi Ssquare

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* (X^2) dengan nilai *chi square* kritis (X^2_{cr}). Uji keselarasan *chi square* menggunakan rumus (Soewarno,1995):

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

X^2 = harga *chi square* terhitung

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

n = jumlah data

Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno,1995) :

$$Dk = n - 3 \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan :

Dk = derajat kebebasan

n = banyaknya data

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 3) Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Tabel 2.2 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat

DK	Coef. Signicant			
	a = 0.95	a = 0.90	a = 0.10	a = 0.05
1	0.02	2.71	3.84
2	0.1	0.21	4.61	5.99
3	0.35	0.58	6.25	7.81
4	0.71	1.06	7.78	9.49
5	1.15	1.61	9.24	11.07
6	1.64	2.2	10.64	12.5
7	2.17	2.83	12.02	14.07
8	2.73	3.49	13.36	15.51
9	3.33	4.17	14.68	16.92
10	3.94	4.87	15.99	18.31
12	5.23	6.3	18.55	21.03
14	6.57	7.79	21.06	23.68
16	7.26	9.31	23.54	26.3
18	9.39	10.86	25.99	28.87
20	10.85	12.44	28.41	31.41
25	14.61	16.47	34.38	37.65
30	18.49	20.6	40.26	43.77
40	26.51	29.05	51.8	55.76
50	34.76	37.69	63.17	67.5
60	43.19	46.46	74.4	79.08
70	51.74	55.33	85.53	90.53
80	60.39	64.28	96.58	101.88
90	69.13	73.29	107.56	113.14
100	77.93	82.36	118.5	124.34

Sumber : MMA. Shahin, 1976

b. Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof

Uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorof*, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut: Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995)

$$\alpha = \frac{P \max}{P(x)} - \frac{P(X_i)}{\Delta Cr} \dots\dots\dots(2.7)$$

- 1) Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

- 2) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov – Kolmogorof test*) tentukan harga D_0 (Tabel 2.3) menggunakan grafis.

Tabel 2.3 Nilai Delta Kritis untuk Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof

n	A			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,693/n

Sumber : Suripin,2004

C. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang.

Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit.

Perhitungan intensitas curah hujan biasanya diperlukan sebagai bagian perumusan dalam perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional. Pemakaian dan penetapan rumus intensitas tersebut harus diperhatikan beberapa hal antara lain :

1. Data yang tersedia
2. Kesederhanaan dan kepraktisan rumus yang dipakai
3. Kepercayaan terhadap hasil yang akan dicapai dan dapat dipertanggung jawabkan hasilnya.

Besarnya intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus empiris intensitas hujan dari Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum yang terjadi selama 24 jam (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi T_c (*Time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Salah satu teknik menghitung nilai T_c adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940).

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan:

T_c = Waktu Konsentrasi (Jam)

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (Km).

S = Kemiringan rata-rata daerah lintasan air.

D. Koefisien Pengaliran

Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (*run off*) yang biasa dilambangkan dengan C. Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2006).

Koefisien aliran permukaan (C) untuk DAS pertanian bagi tanah kelompok Hidrologi B dan untuk daerah perkotaan tertera dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Koefisien aliran permukaan (C) untuk DAS Pertanian bagi Tanah Kelompok Hidrologi B

No.	Tanaman Penutup Tanah dan Kondisi Hidrologi	Koefisien C untuk Laju Hujan		
		25 mm/jam	100 mm/jam	200 mm/jam
1	Tanaman dalam baris, buruk	0,63	0,65	0,66
2	Tanaman dalam baris, baik	0,47	0,56	0,62
3	Padian, buruk	0,38	0,38	0,38
4	Padian, baik	0,18	0,21	0,22
5	Padang rumput potong, pergiliran tanaman, baik	0,29	0,36	0,39
6	Padang rumput, penggembalaan tetap, baik	0,02	0,17	0,23
7	Hutan dewasa, baik	0,02	0,10	0,15

Sumber: Arsyad, 2006

Tabel 2.5 Tabel Koefisien aliran permukaan (C) untuk Daerah Urban

No.	Jenis Daerah	Koefisien C
	Daerah perdagangan	
1.	• Perkotaan (<i>down town</i>)	0,70 - 0,90
	• Pinggiran	0,50 - 0,70
	Permukiman	
	• Perumahan satu keluarga	0,30 - 0,50
2.	• Perumahan berkelompok, terpisah-pisah	0,40 - 0,60
	• Perumahan berkelompok, bersambungan	0,60 - 0,75
	• Suburban	0,25 - 0,40
	• Daerah apartemen	0,50 - 0,70
	Industri	
3.	• Daerah industri ringan	0,50 - 0,80
	• Daerah industri berat	0,60 - 0,90
4.	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
5.	Tempat bermain	0,20 - 0,35
6.	Daerah stasiun kereta api	0,20 - 0,40
7.	Daerah belum diperbaiki	0,10 - 0,30
8.	Jalan	0,70 - 0,95
9.	• Jalan, hamparan	0,75 - 0,85
	• Atap	0,75 - 0,95

Sumber: Arsyad, 2006

Berikut Nilai C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan
(McGuen 1989 dalam Suripin 2003):

Tabel 2.6 Koefisien Limpasan untuk Metoda Rasional

No.	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	• Perkotaan	0,70 – 0,95
	• Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	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 – 0,70
3.	Industri	
	• Ringan	0,50 – 0,80
	• Berat	0,60 – 0,90
4.	Perkerasan	
	• Aspal dan beton	0,70 – 0,95
	• Batu bata, paving	0,50 – 0,70
5.	Atap	0,75 – 0,95
6.	Halaman, tanah berpasir	
	• Datar 2%	0,05 – 0,10
	• Rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
	• Curam 7%	0,15 – 0,20
7.	Halaman, tanah berat	
	• Datar 2%	0,13 – 0,17
	• Rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
	• Curam 7%	0,25 – 0,35
8.	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
9.	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
10.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
11.	Hutan	
	• Datar, 0 - 5%	0,10 – 0,40
	• Bergelombang, 5 -10%	0,25 – 0,50
	• Berbukit, 10 - 30%	0,30 – 0,60

Sumber : Suripin, 2003

Suripin (2004) mengemukakan faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupan tanah dan intensitas hujan. Koefisien ini juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi turun pada hujan yang terus-menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang juga mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah dan simpanan depresi.

E. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan mempunyai sifat yang dinyatakan dalam jumlah, kecepatan, laju, dan gejolak aliran permukaan. Sifat-sifat ini mempengaruhi kemampuannya untuk menimbulkan erosi.

1. Jumlah Aliran Permukaan

Jumlah aliran permukaan menyatakan jumlah air yang mengalir di permukaan tanah untuk suatu masa hujan atau masa tertentu, dinyatakan dalam tinggi konstanta air (mm atau cm) atau dalam volume air (m^3).

2. Kecepatan Aliran Permukaan

Kecepatan aliran permukaan adalah waktu yang dilalui oleh suatu titik pada aliran dalam menempuh jarak tertentu, dinyatakan dalam m menit⁻¹. Kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran atau radius hidrolis, kekasaran permukaan, dan kecuraman lereng. Hubungan tersebut

dinyatakan dalam persamaan manning (Asdak, Chay,2010), sebagai berikut :

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan:

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/menit)

R = Radius hidrolik (m)

S = Kecuraman lereng dalam persen

n = koefisien kekasaran permukaan

3. Laju Aliran Permukaan

Laju aliran permukaan adalah banyaknya atau volume air yang mengalir melalui suatu titik persatuan waktu, dinyatakan dalam m³/ menit atau m³/ jam. Laju aliran permukaan juga dikenal dengan istilah debit air. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

Q = Debit air (m³/menit atau m³/ jam)

A = Luas penampang saluran (m²)

V = Kecepatan air melalui penampang (m/menit)

Selama hujan terjadi, laju aliran permukaan berubah terus dengan cepat. Pada suatu DAS yang kecil, puncak laju aliran permukaan mengikuti puncak laju hujan dengan selisih beberapa menit. Akibat laju tertinggi yang menimbulkan kerusakan, penting untuk mengetahui puncak laju aliran

permukaan. Saluran air, teras, dan lain-lain bangunan konservasi tanah direncanakan berdasarkan puncak laju aliran permukaan. Angka rata-rata laju aliran permukaan mempunyai arti yang sangat kecil, karena nilai rata-rata yang sama mungkin berasal dari suatu distribusi laju yang sangat berbeda. Mendekati akhir suatu hujan, aliran permukaan berkurang dan mungkin berlangsung untuk beberapa lama dengan laju yang sangat rendah. Selama periode akhir ini umumnya tidak terjadi erosi. Debit aliran sungai berubah menurut waktu yang dipengaruhi oleh terjadinya hujan. Pada musim hujan debit akan mencapai maksimum dan pada musim kemarau akan mencapai minimum.

Pendugaan limpasan permukaan bergantung pada tiga faktor yakni:

- a. Jumlah maksimum curah hujan persatuan waktu (intensitas maksimum)
- b. Curah hujan yang menjadi limpasan permukaan (nilai faktor limpasan permukaan). Besarnya nilai faktor ini bergantung pada topografi, kemiringan lereng, tekstur tanah, dan juga bergantung kepada tipe penutupan tanah serta pengelolaannya.

Analisa debit limpasan terdiri dari limpasan lahan, limpasan atap, dan limpasan dari jalan.

1. Limpasan Lahan

Analisa limpasan lahan menggunakan rumus metode Rasional modifikasi.

$$Q_{\text{lahan}} = 0,00278 \cdot C_s \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan:

Q = Debit limpasan lahan (m^3/dt)

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

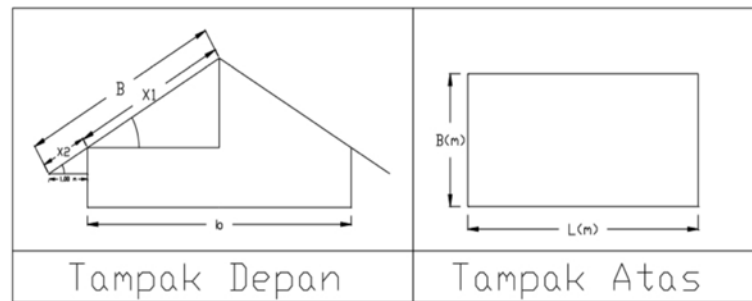
A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

C_s = Koefisien tampungan

$\frac{2T_c}{2T_c+T_d} T_d$ = Waktu pengaliran (jam)

2. Limpasan Melalui Atap



Gambar 2.2 Sketsa Atap Model Pelana

Limpasan melalui atap dihitung berdasarkan bentuk atap yang ada. Pada kasus ini mayoritas jenis atap yang digunakan adalah model pelana dengan bentang atap terdiri dari dua buah bidang jajaran genjang dengan kemiringan tertentu terhadap bidang datar.

Untuk menentukan besarnya debit yang melalui atap dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_{\text{atap}} = 0,00278 \times C_{\text{atap}} \times C_s \times I \times A \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan:

$$A = \text{Luas bidang atap (m}^2\text{)}$$

$$= (L \times B) \times 2 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$A = (((((0,5 \times B) + 1) \times \cos \alpha) \times L) \times 2) \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan:

L = panjang bidang (m)

B = lebar bidang (m)

α = sudut kemiringan atap ($^{\circ}$)

3. Limpasan Jalan Raya

Daerah tangkapan hujan pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah yang menerima curah hujan selama waktu tertentu sehingga menimbulkan debit yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke saluran drainase.

Untuk menentukan besarnya debit yang melalui jalan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q_{\text{Jalan}} = 0,00278 \times n_{eq} \times C_s \times l \times A \dots\dots\dots(2.16)$$

Nilai koefisien kekasaran untuk badan dan bahu jalan (n_{eq}) persamaan menjadi:

$$n_{eq} = \frac{[(W_s \cdot n_s^2 + W_c \cdot n_c^2)]^{1/2}}{(W_s + W_c)^{1/2}} \dots\dots\dots(2.17)$$

dengan:

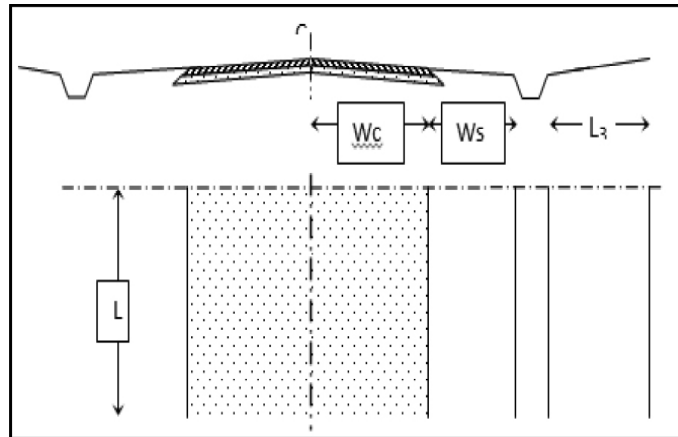
W_c = Lebar badan jalan (m)

N_c = Kekasaran manning badan jalan

W_s = Lebar bahu jalan (m)

N_s = Kekasaran manning bahu jalan

L_r = Lebar bahu dan badan jalan yang dianalisa (m)



Gambar 2.3 Penampang Melintang Jalan

Sehingga persamaan waktu konsentrasi (di badan dan bahu jalan) menjadi:

$$t_c = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \frac{n_{eq}}{\sqrt{S_a}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan:

t_c = waktu *inlet*/konsentrasi (menit)

L_t = panjang aliran di badan dan bahu jalan (m)

n_{eq} = koefisien hambatan permukaan ekuivalen

S_a = kemiringan muka air

F. Permeabilitas Tanah

1. Definisi Permeabilitas Tanah

Kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas (Bowles, 1991). Permeabilitas juga dapat didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan zat cair mengalir melalui rongga pori (Hardiyatmo, 2001).

Permeabilitas adalah tanah yang dapat menunjukkan kemampuan tanah meloloskan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian. Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas-gas, cairan-cairan atau penetrasi akar tanaman atau lewat. Selain itu, permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan dengan satu dengan yang lain. Secara kuantitatif hantaran hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh. Dalam hal ini sebagai cairan adalah air dan sebagai media pori adalah tanah.

Permeabilitas tanah adalah suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah.

Permeabilitas tanah bergantung pada ukuran butiran tanah. Karena butiran tanah lempung berukuran kecil, kemampuan meloloskan air juga kecil. Dalam praktek, tanah lempung dianggap sebagai lapisan yang tak lolos air atau kedap air, karena pada kenyataannya permeabilitasnya lebih kecil dari pada beton. Tanah granuler merupakan tanah dengan permeabilitas yang relatif besar hingga sering digunakan sebagai bahan filter. Namun, akibat permeabilitas yang besar, tanah ini menyulitkan pekerjaan galian tanah pondasi yang dipengaruhi air tanah, karena tebing galian menjadi mudah longsor. Lagi pula, aliran yang terlalu cepat dapat

merusak struktur tanah dengan menimbulkan rongga-rongga yang dapat mengakibatkan penurunan pondasi (Hardiyatmo, 2001).

Satuan permeabilitas adalah m^2 . Pada umumnya pada reservoir panas bumi, permeabilitas vertikal berkisar antara 10 - 14 m^2 , dengan permeabilitas horizontal dapat mencapai 10 kali lebih besar dari permeabilitas vertikalnya (sekitar 10 - 13 m^2). Satuan permeabilitas yang umum digunakan di dunia perminyakan adalah Darcy (1 Darcy = 10 - 12 m^2).

2. Koefisien Permeabilitas

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa faktor.

Tabel 2.7 Harga-Harga Koefisien Permeabilitas Tanah pada Umumnya

Jenis Tanah	K	
	Cm/dt	Ft/menit
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

Sumber : Das, 1988

Koefisien permeabilitas dapat ditentukan secara langsung di lapangan ataupun dengan cara lebih dahulu mengambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan tabung contoh kemudian diuji di laboratorium.




G. Perancangan Saluran untuk Aliran Seragam

Dalam menentukan bentuk dan dimensi saluran yang akan digunakan dalam pembangunan saluran baru maupun dalam kegiatan perbaikan penampang saluran yang sudah ada, salah satu hal penting yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan lahan. Mungkin di daerah pedesaan membangun saluran dengan kapasitas yang besar tidak menjadi masalah karena banyaknya lahan yang kosong, tapi di daerah perkotaan yang padat tentu bisa menjadi persoalan yang berarti karena terbatasnya lahan. Oleh karena itu, penampang saluran drainase perkotaan dan jalan raya dianjurkan mengikuti penampang hidrolis terbaik, yaitu suatu penampang yang memiliki luas terkecil untuk suatu debit tertentu atau memiliki keliling basah terkecil dengan hantaran maksimum.

Dimensi saluran harus mampu mengalirkan debit rencana atau dengan kata lain debit yang dialirkan harus sama atau lebih besar dari debit rencana. Untuk mencegah muka air ke tepi (meluap) maka diperlukan adanya tinggi jagaan pada saluran, yaitu jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi debit rencana.

Bentuk penampang saluran pada muka tanah umumnya ada beberapa macam antara lain; bentuk trapesium, empat persegi panjang, segitiga, setengah lingkaran. Beberapa bentuk saluran dan fungsinya dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 2.8 Bentuk-bentuk umum saluran terbuka dan fungsinya

No.	Bentuk Saluran	Fungsinya
1.		Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.
2.		Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil.
3.		Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini digunakan pada lahan yang cukup terbatas.
4.		Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umumnya digunakan untuk saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.

Sumber : Das, 1988

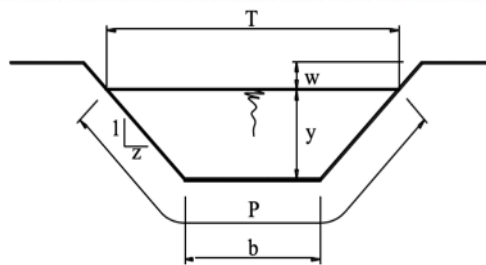
Selain bentuk-bentuk yang tertera dalam tabel, masih ada bentuk-bentuk penampang lainnya yang merupakan kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut, misalnya kombinasi antara empat persegi panjang dan setengah lingkaran, yang mana empat persegi panjang pada bagian atas yang berfungsi untuk mengalirkan debit maksimum dan setengah lingkaran pada bagian bawah yang berfungsi untuk mengalirkan debit minimum.

1. Geometri Saluran

Penampang saluran terbagi atas dua, yang pertama adalah penampang saluran alam dan kedua adalah saluran penampang buatan. Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium.

Sedangkan penampang saluran buatan biasanya di rancang berdasarkan geometris yang umum seperti persegi panjang, trapesium, segitiga, lingkaran, parabola, persegi panjang sisi dibulatkan dan segitiga dasar dibulatkan.

Penampang yang paling umum digunakan adalah penampang yang berbentuk trapesium, sebab penampang ini mempunyai stabilitas kemiringan dinding yang dapat disesuaikan untuk saluran pasangan ataupun saluran tanpa pasangan (tanah). Di bawah ini adalah unsur-unsur geometris untuk penampang saluran berbentuk trapesium.



Gambar 2.4 Unsur geometris penampang saluran berbentuk trapesium dengan :

- Q = kecepatan rata-rata (m/det),
- A = luas penampang melintang (m²),
- P = keliling basah (m),
- R = jari-jari hidrolis (m),
- T = lebar puncak (m),
- D = kedalaman hidrolis (m),
- Z = faktor penampang,
- b = lebar dasar (m),
- y = tinggi air/tinggi saluran (m)
- z = kemiringan talut,
- w = tinggi jagaan (m).

2. Saluran Tahan Erosi

Sebagian besar saluran yang diberi lapisan dan saluran yang bahan-bahannya merupakan hasil rakitan pabrik dapat menahan erosi dengan baik, sehingga dianggap tahan erosi (nonerodible). Saluran tanpa lapisan biasanya peka erosi, kecuali digali pada dasar yang keras misalnya dasar yang terbuat dari batu. Dalam merancang saluran tahan erosi, faktor-faktor seperti kecepatan maksimum yang diizinkan dan gaya tarik yang diizinkan tidak perlu dipertimbangkan. Perancang cukup menghitung ukuran-ukuran saluran dengan rumus aliran seragam, kemudian memutuskan ukuran akhir berdasarkan efisiensi hidrolika, atau hukum pendekatan untuk penampang terbaik, praktis dan ekonomis. (Cauvin, A. dan Guerre, H. 1986)

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perancangan adalah jenis bahan yang membentuk tubuh saluran; yang menentukan koefisien kekasaran; kecepatan minimum yang diizinkan untuk mencegah pengendapan bila air mengangkut lanau (*silt*) atau serpihan kasar lainnya; kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding; jagaan (*freeboard*); dan penampang yang paling efisien, ditentukan secara hidrolika maupun secara pendekatan.

3. Kecepatan Maksimum yang Diizinkan

Kecepatan maksimum yang diizinkan adalah kecepatan aliran (rata-rata) maksimum yang tidak akan menyebabkan erosi/gerusan terhadap permukaan saluran. Kecepatan-kecepatan maksimum berikut ini dianjurkan pemakaiannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.9 Kecepatan Maksimum yang Diizinkan

Jenis Pasangan	Kecepatan Maksimum (m/dt)
Pasangan batu	2
Pasangan beton	3
Pasangan Tanah	Dapat dilihat pada Lampiran B

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi : KP-03

4. Kecepatan Minimum yang Diizinkan

Kecepatan minimum yang diizinkan atau kecepatan tanpa pengendapan merupakan kecepatan terendah yang tidak menimbulkan sedimentasi dan mendorong pertumbuhan tanaman air dan ganggang. Kecepatan ini sangat tidak menentu dan nilainya yang tepat tidak dapat ditentukan dengan mudah. Bagi air yang tidak mengandung lanau, hal ini tidak membawa pengaruh besar kecuali terhadap pertumbuhan tanaman. Umumnya dapat dikatakan bahwa kecepatan rata-rata 0,5 m/dt sampai 1 m/dt dapat digunakan bila persentase lanau ditunjukkan dalam saluran kecil dari 0,75 m/dt dapat mencegah pertumbuhan tanaman air yang dapat mengurangi kapasitas saluran tersebut.

5. Kemiringan Saluran

Kemiringan memanjang dasar saluran biasanya diatur oleh keadaan topografi dan tinggi energi yang diperlukan untuk mengalirkan air. Dalam berbagai hal, kemiringan ini dapat pula tergantung pada kegunaan saluran. Misalnya saluran yang digunakan sebagai distribusi air seperti yang dipakai dalam irigasi, persediaan air minum, penambangan hidrolika dan proyek pembangkit dengan tenaga air, memerlukan taraf yang

tinggi pada titik penghantar, sebab itu diusahakan kemiringan yang sekecil-kecilnya untuk menjaga agar kehilangan tinggi tekan akan sekecil-kecilnya. Kemiringan dinding saluran terutama tergantung pada jenis bahannya.

Tabel 2.10 Kemiringan Dinding Saluran

Bahan	Kemiringan dinding
Batu	Hampir tegak lurus
Tanah gambut (<i>peat</i>), rawang (<i>muck</i>)	1 : ¼
Lempung teguh atau tanah berlapis beton	1 : ½ sampai 1 : 1
Tanah berlapis batu, atau tanah bagi saluran yang lebar	1 : 1
Lempung kaku atau tanah bagi parit kecil	1 : 1½
Tanah berpasir lepas	1 : 2
Lempung berpasir atau lempung berpori	1 : 3

Sumber : Chow, Ven Te. 1998

6. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rancang. Jarak ini harus cukup mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi.

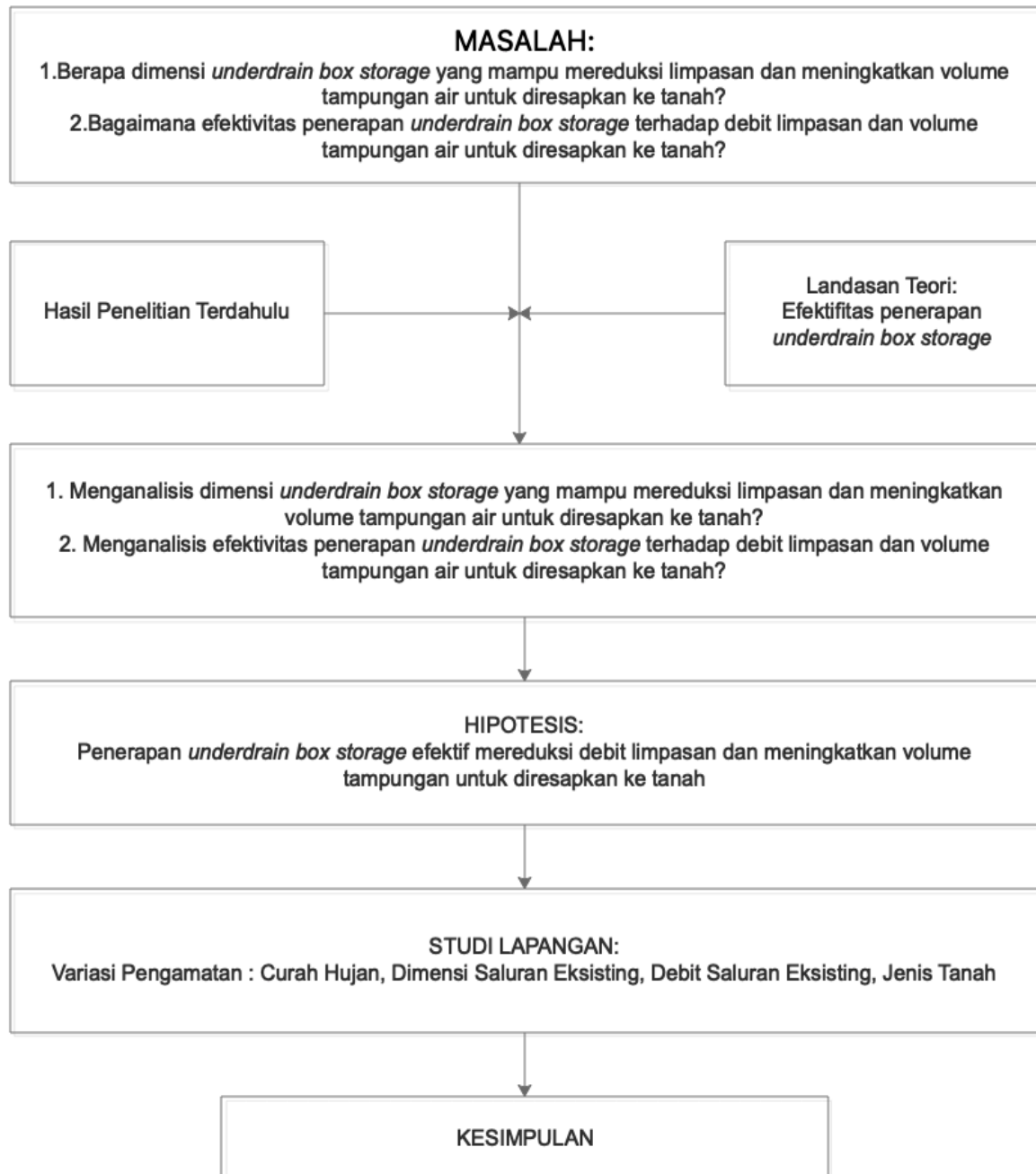
Tabel 2.11 Tinggi Jagaan

Debit (m ³ /dt)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,40
0,5 – 1,5	0,50
1,5 – 5,0	0,60
5,0 – 10,0	0,75
10,0 – 15,0	0,85
> 15,0	1,00

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi : KP-03

H. Kerangka Pikir

Kerangka pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kerangka Pikir Penelitian