

**PERENCANAAN KONSTRUKSI PELINDUNG TEBING SUNGAI
SEBAGAI UPAYA PENANGANAN LONGSOR AKIBAT BANJIR DI
BELOKAN SUNGAI**

(Skripsi)

Oleh

PUTRI RESTU BAROKAH



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PERENCANAAN KONSTRUKSI PELINDUNG TEBING SUNGAI SEBAGAI UPAYA PENANGANAN LONGSOR AKIBAT BANJIR DI BELOKAN SUNGAI

Oleh

PUTRI RESTU BAROKAH

Sungai merupakan salah satu drainase yang memiliki fungsi sebagai saluran. Sungai yang memiliki banyak tikungan disebut sungai *meander*. Kondisi morfologi sungai yang demikian cenderung mengakibatkan aliran air yang terjadi mengarah ke daerah tertentu di sisi luar belokan dan dapat mengakibatkan longsor. Oleh karena itu, diperlukan adanya konstruksi pelindung tebing sungai tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan konstruksi pelindung tebing sungai di belokan sungai dalam hal upaya penanganan longsor.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hidrologi dengan data curah hujan yang terletak di Cikao dari tahun 2001 hingga tahun 2015. Dari data hujan kemudian dilakukan analisis hidrologi hingga mendapatkan debit hujan serta debit banjir rencana. Setelah didapatkan debit banjir rencana dan muka air banjir sungai, kemudian dilakukan perencanaan dimensi konstruksi pelindung tebing sungai berupa dinding penahan tanah. Selanjutnya dilakukan perhitungan stabilitas dinding penahan tanah hingga dimensi yang dipakai aman.

Dalam analisis yang dilakukan, diperoleh nilai debit hujan rencana untuk kala ulang 50 tahun yaitu $39,6333 \text{ m}^3/\text{detik}$. Tinggi muka air banjir pada *cross section* yang ditinjau adalah 1,76 m dengan elevasi 260,65 m di atas permukaan laut. Dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan adalah sebesar 0,3 m untuk lebar mercu, panjang kaki 2,4 m, tebal kaki 0,5 m dengan tinggi dinding 4 m. Berdasarkan analisis stabilitas dinding yang dilakukan, disimpulkan dinding aman dari bahaya geser, guling, serta aman dalam perhitungan daya dukung tanah sehingga dinding mampu menjadi salah satu alternatif upaya penanganan longsor.

Kata kunci : sungai, dinding penahan tanah, penanganan longsor.

ABSTRACT

DESIGNING CONSTRUCTION OF RIVERBANK'S PROTECTOR AS A LANDSLIDE HANDLING RESPONSE BY FLOOD IN THE RIVER BENDS

By

PUTRI RESTU BAROKAH

River is one of the drainage that has function as channel. Rivers that have many twists are called meanders river. Such a river morphological condition tends to lead to a flow of water that leads to a certain area on the outer side of the turn and may cause a landslide. Therefore, it is necessary to have a protective construction of the river bank. This study aims to plan the construction of river bank cliffs at river bends in the case of landslide handling efforts.

In this research, hydrological analysis with rainfall data is located in Cikao from 2001 until 2015. From the rain data, hydrological analysis is done to get the rain discharge and flood discharge plan. After the flood discharge planning and flood water flow of the river, then carried out planning dimension of protective cliff construction of the river in the form of retaining wall. Furthermore, the calculation of the stability of the retaining wall to the dimensions used safely.

In the analysis made, the value of planned rain discharge for 50 years return period is $39,6333 \text{ m}^3 / \text{sec}$. The flood water level in the cross section under review is 1.76 m with an elevation of 260.65 m above sea level. The dimensions of the proposed retaining wall are 0.3 m for the width of the foot, the leg length is 2.4 m, the thickness of the foot is 0.5 m and the wall height is 4 m. Based on wall stability analysis conducted, concluded the wall is safe from the hazards of shear, bolsters, and safe in the calculation of soil carrying capacity so that the wall can become one of the alternative efforts to prevent landslides.

Keywords: river, retaining wall, landslide handling.

**PERENCANAAN KONSTRUKSI PELINDUNG TEBING SUNGAI
SEBAGAI UPAYA PENANGANAN LONGSOR AKIBAT BANJIR DI
BELOKAN SUNGAI**

Oleh

PUTRI RESTU BAROKAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

**Judul Skripsi : PERENCANAAN KONSTRUKSI PELINDUNG
TEBING SUNGAI SEBAGAI UPAYA
PENANGANAN LONGSOR AKIBAT BANJIR
DI BELOKAN SUNGAI**

Nama Mahasiswa : Putri Restu Barokah

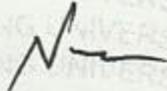
Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011091

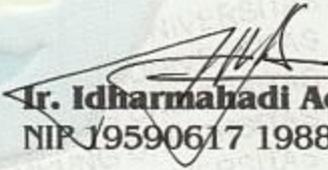
Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ir. Nur Arifaini, M.S.
NIP 19620218 199303 1 001


Ir. Idharmahadi Adha, M.T.
NIP 19590617 198803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

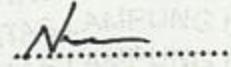

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Ir. Nur Arifaini, M.S.**



Sekretaris

: **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **03 Mei 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Perencanaan Konstruksi Pelindung Tebing Sungai Sebagai Upaya Penanganan Longsor Akibat Banjir di Belokan Sungai adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Juli 2017

Pembuat Pernyataan



Putri Restu Barokah

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 26 Maret 1995, sebagai anak ketiga dari 4 (empat) bersaudara pasangan Bapak Damiri dan Ibu Siti Khasanah.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Nol Kecil Padjadjaran Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2000, Taman Kanak-Kanak (TK) Nol Besar Pratama Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2001, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 2 Sawah Lama Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2009 di SMP Negeri 2 Bandar Lampung dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) Tes Tertulis.

Penulis telah melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Supermarket Bahan Bangunan Mitra 10 Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Agung Timur,

Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2017.

Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Perencanaan Konstruksi Pelindung Tebing Sungai Sebagai Upaya Penanganan Longsor Akibat Banjir di Belokan Sungai.

Selama menjalani perkuliahan, penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Analisis Struktur III, Asisten Dosen Mata Kuliah Analisis Struktur II, Asisten Pratikum Hidrolika Laboratorium Hidroteknik pada tahun 2015-2016, Asisten Praktikum Mekanika Fluida Laboratorium Hidroteknik, dan Asisten Dosen Mata Kuliah Analisis Struktur III pada tahun 2016-2017. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota Bidang Kesekretariatan pada periode tahun 2014-2015 dan sebagai Sekretaris Departemen Media dan Informasi pada periode tahun 2015-2016.

UNTUK
BAPAK DAN
mama

PERSEMBAHAN

Untuk Bapak dan Mama. Mohon maafkan putri, karena selalu merepotkan kalian berdua. Bahkan untuk skripsi yang adalah kewajiban sendiri, Putri masih merepotkan Bapak dan Mama. Terima kasih atas segala pengorbanan yang tidak akan pernah bisa Putri balas. Semoga Allah swt memberikan Bapak dan Mama kebahagiaan di dunia dan akhirat.

Untuk Mas Arif dan Cici Rica, terima kasih untuk semua doa dan hasil kerja keras yang mas dan cici berikan. Mas dan cici tau putri syg kalian.

Untuk Mba Dewi dan Mas Tio. Untuk semua lelah yang Putri rasakan, putri berdoa kalian berdua tidak akan pernah merasakannya. Untuk semua kebahagiaan yang Allah swt berikan, Putri berdoa Dia juga memberikannya ke kalian.

Untuk Lek Leah, Lek Alim, Lek Pon, Pipit, Bagus, Lek Farid, Bude Siti, dan semua saudara yang tidak bisa putri sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk segala dukungan dan doanya.

Untuk Muhammad Iqbal Suryadi. Terima kasih dan maaf karena semua yang telah kita lalui. Semoga Allah swt selalu membimbing kita.

Untuk Clara, Sani, Novia, Jane, Boy, Memet, Nawang, Winny, Devita, Triya, Loga, Rizqi, Cinta, Pika, Mpit, Sella, Lintang, Reni, Ardini, Andre, Yusrizal, Dipo, Radit, Iyas, Gilang, Melly, Doni, Tulus, Fazario dan kalian semua yg sudah Allah swt kirimkan ke hidup putri.

Untuk Adlina Mutiara Putri, terima kasih untuk semua perhatian dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini. Saya tidak pernah menyesal dan akan selalu bersyukur Allah swt menuliskan kita berdua menjadi partner skripsi.

Untuk Kak Florince, terima kasih karena tidak pernah lelah meladeni Putri dan Rara. Putri dan Rara selalu mendoakan kakak sukses.

Untuk teman hidup 40 hariku di Kampung Agung Timur, untuk Bapak dan Ibu baruku, Bapak Wito dan Ibu Komar, untuk Adik baruku, Galih, untuk Mbah kung sekeluarga, Mbahnya Atar sekeluarga, warga Kampung Agung Timur, terima kasih untuk segalanya.

Untuk semua teman-teman di sekolah dulu, di PMR, di Tari Daerah, di Sanggar, di Perguruan Silat, di GO, di LIA, di manapun kalian berada. Terima kasih untuk segalanya.

Untuk Teknik Sipil Unila 2013, saya tidak akan pernah menyesal digariskan menjadi bagian dari kalian. Semoga Allah swt selalu mempertemukan kita.

Untuk guru-guruku, guru TK, TPA, SDN2 Sawah Lama, SMPN 2 Bandar Lampung, SMAN 2 Bandar Lampung, dosen2 Teknik Sipil Universitas Lampung, terima kasih untuk semua ilmu dan pelajaran hidup yang telah diberikan.

Untuk kalian semua yg sudah Allah swt kirimkan ke hidup putri.

Jazakumullahukhairan katsiran.

MOTTO

“Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al Insyirah ayat 6)

“I’ve never met a strong person with an easy past”

Subhanallah
Alhamdulillah
Laillahailallah
Allahuakbar

Allahumma Shali’ala Muhammad

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Perencanaan Konstruksi Pelindung Tebing Sungai sebagai Upaya Penanganan Longsor Akibat Banjir di Belokan Sungai. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Ir. Nur Arifaini, M.S., selaku Dosen Pembimbing 1 skripsi penulis yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah membimbing selama masa perkuliahan dan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji skripsi penulis atas bimbingannya dalam seminar skripsi.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
7. Keluargaku tercinta terutama orang tuaku, Bapak dan Mama, serta Kakak-Kakakku Arif Darmawan, Rica Agustina, Dwi Murni, dan Adikku Satria Nugraha Zamrosi.
8. Teman-teman spesialku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013, seluruh kakak-kakak, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Tuhan memberkati kita semua.

Bandar Lampung, Mei 2017

Penulis

Putri Restu Barokah

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Banjir.....	4
B. Siklus Hidrologi	4
C. Morfologi Sungai	6
D. Gerusan	7
E. Hidrolika Sungai	7
F. Analisis Hidrologi	9
G. Perencanaan Hidrolika	29

H. Analisis Geoteknik	31
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	41
A. Wilayah Penelitian	41
B. Data yang Digunakan.....	41
C. Analisis Data	42
D. Bagan Alir Penelitian	43
IV. PEMBAHASAN	44
A. Analisis Hidrologi	44
B. Perencanaan Dinding Penahan Tanah	53
C. Perhitungan Stabilitas dengan Analisis Geoteknik	55
D. Perhitungan Penulangan Dinding Penahan Tanah	61
V. PENUTUP	71
A. Kesimpulan	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	74
A. Surat-Menyurat	75
B. Perhitungan	85
C. Lembar Asistensi	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Faktor-faktor penentu metode perhitungan hujan kawasan	14
Tabel 2. Nilai variabel reduksi Gauss	16
Tabel 3. <i>Reduced Mean</i> , Y_n	19
Tabel 4. <i>Reduced Standard Deviation</i> , S_n	19
Tabel 5. Reduced Variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang.....	19
Tabel 6. Koefisien pengaliran (C) untuk metode rasional	27
Tabel 7. Data Curah Hujan Harian Maksimum	44
Tabel 7. Lanjutan	45
Tabel 8. Parameter Statistik Hujan	45
Tabel 8. Lanjutan	46
Tabel 9. Ketentuan dalam Pemilihan Distribusi	47
Tabel 10. Perhitungan Uji Chi Kuadrat	48
Tabel 11. Perhitungan Metode Log Perason III	49
Tabel 11. Lanjutan	50
Tabel 12. Perhitungan Curah Hujan Rencana	51
Tabel 13. Perhitungan Intensitas Hujan	51
Tabel 14. Perhitungan Koefisien Pengaliran	52
Tabel 15. Perhitungan Debit Hujan dengan Metode Rasional	53
Tabel 16. Perhitungan Momen Akibat W, Pa, dan Pw	57
Tabel 17. Faktor Beban Mati 1,2	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus hidrologi	5
Gambar 2. Metode rerata aritmatik	11
Gambar 3. Metode Thiessen	12
Gambar 4. Metode Isohyet.....	14
Gambar 5. Metode Rankie Dinding Penahan Urugan Tanah Permukaan Rata	36
Gambar 6. Metode Rankie Dinding Penahan Urugan Tanah Permukaan Miring .	36
Gambar 7. Wilayah Penelitian	41
Gambar 8. Bagan Alir Penelitian	43
Gambar 9. Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai	52
Gambar 10 Elevasi Muka Air Banjir	53
Gambar 11. Rencana Letak Dinding Penahan Tanah Kantilever	54
Gambar 12. Dimensi Dinding Penahan Tanah	55
Gambar 13. Diagram Tekanan Tanah Aktif dan Letak Titik O	56
Gambar 14. Pendistribusian Gaya	63
Gambar 15. Penulangan Dinding Penahan Tanah	70

DAFTAR NOTASI

p	= Hujan rerata kawasan
p_1, p_2, \dots, p_n	= Hujan di stasiun 1, 2, ..., n
n	= Jumlah stasiun
A_1, A_2, \dots, A_n	= Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n
I_1, I_2, \dots, I_n	= Garis isohyet ke 1, 2, ..., n, n+1
Q	= Debit aliran sungai (m^3/dt)
A	= Luas bagian penampang basah (m^2)
V	= Kecepatan aliran (m/detik)
R	= Jari – jari hidrolis (m)
S	= Kemiringan dasar saluran
C	= Koefisien Chezy
n	= Koefisien Manning
H	= Beda tinggi muka air di hulu dan hilir (m)
W_w	= Berat air yang membebani bangunan (KN)
W	= Berat bangunan itu sendiri (KN)
P_a	= Tekanan tanah aktif (KN)
K_a	= Koefisien tekanan tanah aktif
P_p	= Tekanan tanah pasif (KN)
K_p	= Koefisien tekanan tanah pasif
M_t	= Momen tahan (KN.m)

M_g	= Momen guling (kN.m)
H	= Tinggi total dinding penahan tanah (m)
B	= Lebar kaki dinding penahan tanah (m)
γ_w	= Berat jenis air (kN/m ³)
γ	= Berat volume tanah (kN/m ³)
c	= Kohesi (kN/m ²)
ϕ	= Sudut geser dalam tanah (°)
Z	= Faktor yang bergantung kepada letak geografis
e	= Besarnya eksentrisitas konstruksi (m)
M_T	= Momen tahan (kN.m)
M_G	= Momen guling (kN.m)
$\sum V$	= Jumlah gaya vertikal (kN)
q_u	= Daya dukung batas (kN/m ²)
N_c, N_q dan N_γ	= Faktor-faktor daya dukung tak berdimensi
α dan β	= Faktor tak berdimensi
z	= Kedalaman pondasi di bawah permukaan (m)
q_a	= Daya dukung izin (kN/m ²)
q_u	= Daya dukung batas (kN/m ²)
F	= Faktor keamanan (2 sampai 3)
C_d	= koefisien debit ($C_d = C_0.C_1.C_2$)
g	= percepatan gravitasi m/dtk ²

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai memberikan manfaat yang tidak sedikit dalam kehidupan manusia. Hal ini dapat dilihat dari pemanfaatan sungai yang beragam. Mulai dari sarana transportasi, sumber tenaga listrik, sumber air baku dan sebagainya.

Sungai merupakan salah satu saluran drainase yang terbentuk secara alami yang memiliki fungsi sebagai saluran. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan proses penggerusan tanah dasarnya. Penggerusan yang terjadi secara terus menerus akan membentuk lubang-lubang gerusan di dasar sungai. Proses penggerusan dapat terjadi karena adanya pengaruh morfologi sungai yang berupa tikungan atau adanya penyempitan saluran sungai.

Sungai *meander* merupakan sungai yang banyak memiliki tikungan (berkelok-kelok). Kondisi morfologi sungai yang demikian cenderung mengakibatkan aliran air yang terjadi mengarah ke daerah tertentu di sisi luar belokan. Pada kondisi ini, aliran air akan berusaha bergerak keluar, sehingga kecepatan air di sisi luar belokan akan lebih besar dibanding di sisi dalam belokan. Akibatnya, pada sungai yang memiliki tebing dengan kondisi tanah yang tidak stabil akan cenderung terjadi kelongsoran pada tebing di bagian luar belokan sungai. Proses kelongsoran tebing ini terjadi akibat adanya proses gerusan yang terus

menerus di dasar tebing sebagai reaksi perubahan dasar terhadap kondisi pola aliran di belokan.

Aliran sungai tersebut bisa menyebabkan erosi. Erosi yang terjadi di sungai adalah erosi pada tebing sungai (*river bank erosion*). Erosi ini terjadi sebagai akibat pengikisan tebing sungai oleh terjangan aliran sungai yang kuat pada belokan sungai. Jika batuan penyusun tebing sungai tidak kompak maka pengikisan tanah sangat mudah terjadi dan dalam jangka yang panjang dapat mengakibatkan kelongsoran.

Oleh karena itu diperlukan adanya konstruksi pelindung tebing sungai agar tidak terjadi pendangkalan akibat gerusan oleh air terhadap tebing sungai.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah hal-hal apa saja yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi pelindung tebing pada belokan sungai dan bagaimana perhitungan perencanaan konstruksi tersebut.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis yang dilakukan yaitu analisis hidrologi, analisis hidrolika, dan analisis geoteknik.
2. Analisis ini hanya sampai merencanakan saja namun tidak sampai pelaksanaan.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perencanaan konstruksi pelindung tebing sungai sebagai upaya penanganan longsor akibat banjir di belokan sungai.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai konstruksi pelindung tebing di belokan sungai.
2. Memberikan masukan kepada pihak-pihak terkait pengelolaan tebing sungai untuk sungai *meander* (berkelok-kelok).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Banjir

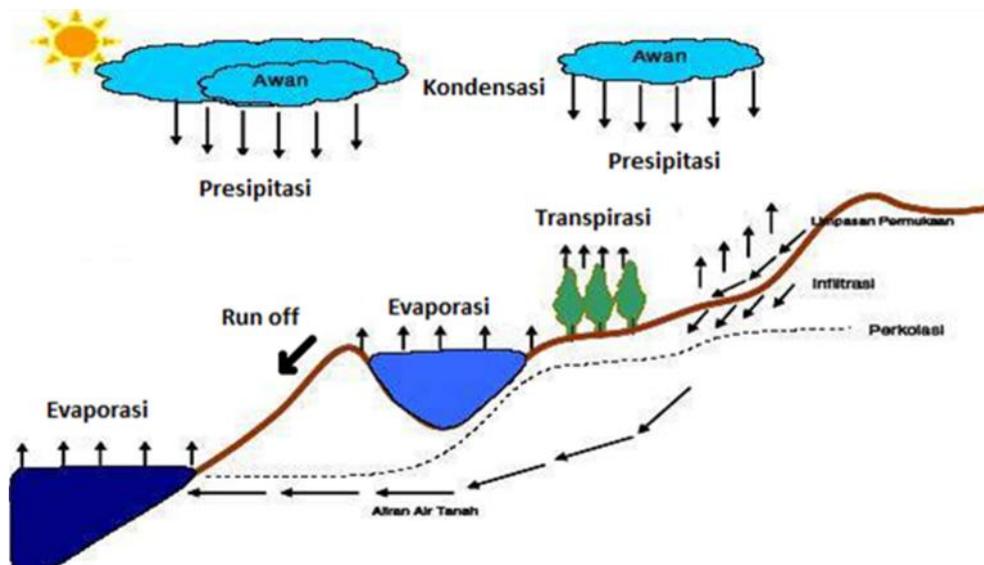
Banjir adalah kondisi meluapnya air dari dalam saluran akibat tidak tertampungnya air atau terhambatnya aliran air. Salah satu penyebab banjir adalah erosi dan sedimentasi yang terjadi di hulu sungai dan membawa material sampai hilir sungai. Hal ini menyebabkan kapasitas tampungan sungai menjadi berkurang sehingga menimbulkan banjir.

B. Siklus Hidrologi

Menurut Bambang Triatmodjo dalam bukunya, Hidrologi Terapan tahun 2008, siklus hidrologi adalah proses kontinyu di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Siklus ini bermula saat air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara akibat energi panas matahari. Uap air tersebut kemudian bergerak naik ke atmosfer. Dalam keadaan yang memungkinkan uap tersebut mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang membentuk awan. Awan kemudian tertiup oleh angin dan berkumpul sehingga mengakibatkan titik-titik air jatuh ke bumi sebagai presipitasi. Presipitasi tersebut ada yang jatuh di samudera, di darat, dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai ke permukaan bumi.

Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sisanya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai aliran permukaan. Aliran ini mengisi cekungan tanah, danau, masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai dan akhirnya kembali lagi menuju laut. Proses ini berlangsung terus menerus dan disebut siklus hidrologi.

Gambar 1. menunjukkan siklus hidrologi.



Gambar 1. Siklus hidrologi

C. Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri, jenis, dan perilaku sungai. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) serta kemiringan sungai.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi morfologi sungai adalah:

1. Tempat dan tipe semua bangunan teknik sipil
2. Pengaruh lingkungan seperti pembabatan atau pembakaran hutan, penambangan.
3. Pengaruh kelautan yaitu, air mengandung garam (*saline water*), sedimentasi dan erosi karena pengaruh gelombang dan angin laut, arus laut dan pasang surut.
4. Pengaruh gempa bumi, letusan gunung berapi, angin topan.

Data-data mengenai morfologi sungai merupakan salah satu dari beberapa jenis data hidraulik yang diperlukan untuk mendesain bangunan teknik sipil di sungai.

Berbagai macam pekerjaan sipil di bidang persungai:

1. Perbaikan dan pengaturan sungai
2. Pemanfaatan air sungai untuk berbagai tujuan
3. Pengembangan wilayah sungai
4. Perbaikan dan pelestarian lingkungan sungai
5. Navigasi

D. Gerusan

Gerusan adalah fenomena alam yang terjadi karena erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran alluvial atau proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Hoffmans and Verheij 1997).

Gerusan dapat dibagi menjadi :

1. Gerusan umum (*general scour*), gerusan yang terjadi akibat dari proses alam dan tidak berkaitan sama sekali dengan ada tidaknya bangunan sungai.
2. Gerusan di lokalisir (*constriction scour*), gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
3. Gerusan lokal (*local scour*) merupakan akibat langsung dari struktur pada alur sungai.

E. Hidrolika Sungai

Gejala air sungai adalah berupa diam dan mengalir. Air sungai yang mengalir dapat memiliki sifat-sifat laminar, turbulen, pusaran, loncatan dan sebagainya.

Air mengalir diakibatkan adanya perbedaan tinggi suatu wilayah. Semakin besar volume air dan perbedaannya, maka tekanan airnya semakin besar. Oleh karena itu pengaliran air di sungai dapat menyeret partikel dasar sungai, tergantung dari jenis tanah dan batuan.

Pengaliran itu berupa tenaga angkut dan tenaga angkat sedimen. Angkutan sedimen itu dapat berupa muatan dasar dan muatan layang. Faktor sedimen meliputi jenis material, diameter butiran dan volume persatuan waktu. Angkutan sedimen yang ikut mengalir mengakibatkan gaya seret menjadi lebih besar. Hal ini dapat menyebabkan degradasi atau penurunan dasar alur atau palung sungai.

Aliran sungai yang lambat menyebabkan butiran yang berat diendapkan terlebih dahulu. Pengendapan sedimen lazim disebut agradasi. Agradasi berarti kenaikan dasar alur sungai atau dasar palung sungai. Parameternya adalah panjang lebar dan tinggi.

Aliran sungai bersifat sembarang bergantung pada kondisi alam. Aliran sembarang ini mengakibatkan berbagai macam tenaga yaitu:

1. Pengerusan lokal pengaliran terhadap struktur dasar sungai
2. Penggerowongan tebing sungai akibat aliran helikoidal, aliran spiral atau pusaran air. Akibatnya tebing sungai dapat longsor.
3. Angkutan material lain berupa biotis, abiotis dan bahan-bahan kimia.
4. Penghanyutan material oleh rembesan-rembesan pada tebing sungai.
5. Karakter sungai dapat membentuk sungai menjadi *meander* atau berjaln.

F. Analisis Hidologi

1. Presipitasi

Presipitasi adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dengan segala bentuknya. Jika presipitasi yang jatuh dalam bentuk cair disebut hujan sedangkan jika yang jatuh dalam bentuk padat disebut salju (Suripin, 2004). Presipitasi yang terjadi di Indonesia pada umumnya adalah hujan.

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi sebagai berikut.

- a. Intensitas (i) adalah laju hujan, tinggi air per satuan waktu (mm/menit, mm/jam, mm/hari).
- b. Lama waktu (t) adalah panjang waktu di mana hujan turun dalam jam atau menit.
- c. Tinggi hujan (d) adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dengan ketebalan air di atas permukaan datar dalam mm.
- d. Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (return period) misalnya sekali dalam 2 tahun.
- e. Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

2. Pengukuran Hujan

Pengukuran hujan di Indonesia dilakukan oleh beberapa instansi di antaranya Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Dirjen Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Kementerian Pertanian, dan beberapa instansi pemerintah dan swasta lainnya yang berkepentingan dengan hujan.

Pengukuran hujan dilakukan secara langsung dengan menampung air hujan yang jatuh. Namun tidak mungkin untuk menampung seluruh air hujan yang jatuh di suatu daerah tangkapan hujan. Hujan di suatu daerah hanya dapat diukur di beberapa titik saja dengan menggunakan alat pengukur hujan. Hujan yang terukur pada alat tersebut mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya.

3. Penentuan Hujan Kawasan

Alat pengukur hujan hanya memberikan nilai tinggi hujan di suatu titik. Untuk mengetahui tinggi hujan di suatu luasan dapat diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Dalam suatu luasan dapat tersedia beberapa alat pengukur hujan yang pembacaan tinggi hujannya berbeda-beda. Untuk menentukan hujan rerata pada suatu luasan dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu sebagai berikut.

a. Metode rerata aritmatik (aljabar)

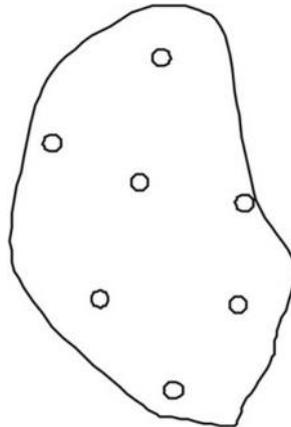
Metode rerata aritmatik adalah metode paling sederhana untuk menghitung hujan rerata di suatu daerah. Tinggi hujan terukur di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan dijumlahkan kemudian dibagi

dengan jumlah stasiun. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata, alat penakar tersebar merata dan harga curah hujan masing-masing tidak berbeda jauh dengan harga curah hujan rata-rata. Metode ini kurang akurat bila digunakan untuk menghitung hujan di suatu daerah dengan variasi hujan di tiap stasiun cukup besar.

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad \dots(1)$$

Keterangan :

- \bar{p} : hujan rerata kawasan
 p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, ..., n
 n : jumlah stasiun



Gambar 2. Metode rerata aritmatik

b. Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing alat pengukur hujan yang mewakili luasan di sekitarnya. Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi

ketidakseragaman jarak. Dalam suatu luasan di suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) dianggap bahwa hujan di tempat tersebut sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat di suatu titik mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan bila penyebaran stasiun hujan di suatu daerah yang ditinjau tidak merata.

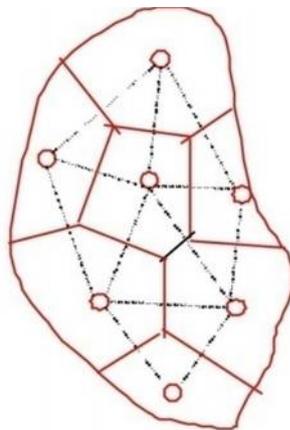
$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad \dots(2)$$

Keterangan :

p : hujan rerata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 3. Metode Thiessen

c. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan tinggi hujan yang sama. Metode isohyet memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Pada metode isohyet, dianggap

bahwa data hujan pada suatu luasan di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan rerata dari nilai kedua garis isohyet tersebut.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan garis isohyet adalah sebagai berikut.

- 1) Lokasi stasiun hujan dan tinggi hujan digambarkan pada peta DAS yang akan ditinjau.
- 2) Dari nilai tinggi hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi sesuai pertambahan nilai yang ditetapkan.
- 3) Kurva dibuat menghubungkan titik-titik interpolasi yang memiliki tinggi hujan yang sama.
- 4) Luas daerah antara dua garis isohyet yang berurutan diukur dan dikalikan dengan nilai tinggi hujan rerata dari nilai kedua garis isohyet.
- 5) Jumlah perhitungan dari langkah 4 untuk seluruh garis isohyet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau untuk mendapatkan tinggi hujan rerata di daerah tersebut.

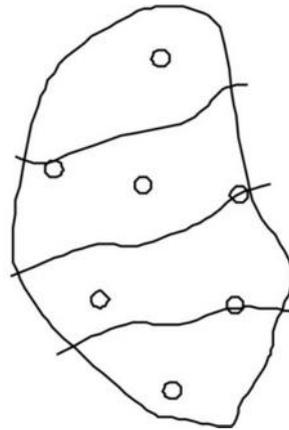
$$\bar{p} = \frac{A_1 \frac{I_1+I_2}{2} + A_2 \frac{I_2+I_3}{2} + A_3 \frac{I_3+I_4}{2} + \dots + A_n \frac{I_n+I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad \dots(3)$$

Keterangan :

\bar{p} : hujan rerata kawasan

I_1, I_2, \dots, I_n : garis isohyet ke 1, 2, ..., n, n+1

A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang dibatasi oleh stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 4. Metode Isohyet

Terlepas dari kelemahan dan kekurangan ketiga metode di atas, pemilihan metode yang cocok didasarkan pada tiga faktor yaitu jaringan-jaring pos penakar hujan, luas DAS, topografi DAS.

Tabel 1. Faktor-faktor penentu metode perhitungan hujan kawasan

	Jaring pos penakar hujan	Luas DAS	Topografi DAS
Metode aljabar	Jumlah pos terbatas	DAS kecil (< 500 km ²)	Pegunungan
Metode Thiessen	Jumlah pos cukup	DAS sedang (500-5000 km ²)	Dataran
Metode isohyet	Jumlah pos cukup	DAS besar (> 5000)	Berbukit dan tidak beraturan

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004

3. Analisis Frekuensi dan Probalilitas

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang ekstrim, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Peristiwa yang ekstrim kejadiannya sangat langka. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan

dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung, terdistribusi secara acak, dan bersifat stokastik (Suripin, 2004).

Dalam analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien *skewness*.

a. Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots(4)$$

b. Simpangan baku

$$s = \sqrt{\frac{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]}{n-1}} \quad \dots(5)$$

c. Koefisien variasi

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad \dots(6)$$

d. Koefisien *skewness*

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad \dots(7)$$

Analisis frekuensi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi adalah sebagai berikut.

a. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad \dots(8)$$

Keterangan :

X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

\bar{X} : nilai rata-rata hitung variat

S : deviasi standar nilai variat

K_T : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik disrtibusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

Untuk mempermudah perhitungan distribusi normal, sudah tersedia nilai variabel reduksi Gauss seperti yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 2. Nilai variabel reduksi Gauss

No.	Periode ulang	Peluang	KT	No.	Periode ulang	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05	11	2,500	0,400	0,25
2	1,005	0,995	-2,58	12	3,330	0,300	0,52
3	1,010	0,990	-2,33	13	4,000	0,250	0,67
4	1,050	0,950	-1,64	14	5,000	0,200	0,84
5	1,110	0,900	-1,28	15	10,000	0,100	1,28
6	1,250	0,800	-0,84	16	20,000	0,050	1,64
7	1,330	0,750	-0,67	17	50,000	0,020	2,05
8	1,430	0,700	-0,52	18	100,000	0,010	2,33
9	1,670	0,600	-0,25	19	200,000	0,005	2,58
10	2,000	0,500	0	20	500,000	0,002	2,88
				21	1000,000	0,001	3,09

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004

b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah ke dalam bentuk logaritmik $Y = \log X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi log normal. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad \dots(9)$$

Keterangan :

Y_T : Perkiraan nilai yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{Y} : Nilai rata-rata hitung variat

S : Deviasi standar nilai variat

K_T : Faktor Frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik disrtibusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

c. Distribusi Log Pearson III

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Log Person III, mempunyai langkah-langkah perumusan sebagai berikut.

1) Mengubah data dalam bentuk logaritmis

$$X = \log X \quad \dots(10)$$

2) Menghitung harga rata-rata

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad \dots(11)$$

3) Menghitung harga simpangan baku

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad \dots(12)$$

4) Menghitung koefisien *skewness*

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad \dots(13)$$

5) Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \quad \dots(14)$$

Nilai K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

d. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut.

$$X = \bar{X} + S.K \quad \dots(15)$$

Keterangan :

\bar{X} : Harga rata-rata sampel

S : Standar deviasi (simpangan baku) sampel

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad \dots(16)$$

Keterangan :

Y_n : *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample/data n (Tabel 3.)

S_n : *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sample/data n (Tabel 4.)

Y_{Tr} : *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$Y_{Tr} = -\ln \left[-\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \quad \dots(17)$$

Hubungan antara *reduced variate* dan periode ulang dapat dilihat di Tabel 5.

Tabel 3. *Reduced Mean, Y_n*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	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	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004

Tabel 4. *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	1,1458	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	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	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 : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004

Tabel 5. *Reduced Variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang*

Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate Y _{Tr}	Periode ulang, ulang,	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 : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004

4. Uji Kecocokan

Dalam analisis hidrologi dibutuhkan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah uji chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

a. Uji Chi-kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots(18)$$

Keterangan :

- χ^2 : Parameter chi-kuadrat terhitung
- G : Jumlah sub kelompok
- O_i : Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i
- E_i : Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut.

- 1) Mengurutkan data pengamatan.
- 2) Mengelompokkan data menjadi G sub grup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan.
- 3) Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.

- 4) Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 5) Pada tiap-tiap sub grup dihitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$.
- 6) Menjumlahkan seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat terhitung.
- 7) Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial)

Interpretasi hasil uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut.

- 1) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
- 3) Apabila peluang berada di antara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

1) Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur uji Smirnov-Kolmogorov adalah sebagai berikut.

- a) Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- b) Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

- c) Dari kedua nilai peluang tersebut, menentukan selisih terbesar antar peluang pengamatan dan peluang teoritis.
- d) Berdasarkan tabel nilai kritis menentukan harga Do.

b. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Perhitungan data hujan maksimum harian rata-rata DAS harus dilakukan secara benar untuk analisis frekuensi data hujan. Cara mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- 2) Mencari besarnya curah hujan pada tanggal, bulan, dan tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- 3) Menghitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
- 4) Menentukan hujan maksimum harian pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- 5) Mengulangi langkah b dan c untuk setiap tahun.
- 6) Dari hasil rata-rata yang diperoleh dipilih yang tertinggi setiap tahunnya.

c. Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan yang berlangsung, intensitasnya cenderung semakin tinggi dan periode ulangnya makin besar intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi

hujan dinyatakan dengan lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = *Intensity, Duration, Frequency Curve*).

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*) perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Untuk menghitung intensitas curah hujan dapat digunakan beberapa rumus empiris sebagai berikut.

1) Rumus Talbot

Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang terukur.

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \dots(19)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan (mm/jam)

t : lamanya hujan (jam)

a dan b : konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS

$$a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots(20)$$

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots(21)$$

2) Rumus Sherman

Rumus ini cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{t^n} \quad \dots(22)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan (mm/jam)

t : lamanya hujan (jam)

n : konstanta

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \cdot \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad \dots(23)$$

$$n = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \cdot \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad \dots(24)$$

3) Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \dots(25)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan (mm/jam)

t : lamanya hujan (jam)

a dan b : konstanta

$$a = \frac{[I \cdot \sqrt{t}][t^2] - [t^2 \cdot \sqrt{t}][I]}{N[t^2] - [t][I]} \quad \dots(26)$$

$$b = \frac{[I][I \cdot \sqrt{t}] - N[t^2 \cdot \sqrt{t}]}{N[t^2] - [t][I]} \quad \dots(27)$$

4) Rumus Mononobe

Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad \dots(28)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan (mm/jam)

t : lamanya hujan (jam)

R_{24} : curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

5. Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir rencana umumnya sebagai berikut.

a. Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. Karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi.

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad \dots(29)$$

Keterangan :

t_c : waktu konsentrasi hujan (menit)

L : jarak terjauh dari titik terjauh sampai saluran (km)

S : kemiringan saluran

Metode rasional ini dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad \dots(30)$$

Keterangan :

Q : debit puncak banjir (m^3/det)

C : koefisien pengaliran

A : luas daerah pengaliran (km^2)

I : intensitas hujan (mm/jam)

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. Berikut nilai C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan (McGueen 1989 dalam Suripin 2003).

Tabel 6. Koefisien pengaliran (C) untuk metode rasional

No.	Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis : - perkantoran - pinggiran	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
2.	Perumahan : - rumah tinggal - multi unit terpisah - multi unit tergabung - perkampungan - apartemen	0,30 - 0,50 0,40 - 0,60 0,60 - 0,75 0,25 - 0,40 0,50 - 0,70
3.	Industri : - berat - ringan	0,50 - 0,80 0,60 - 0,90
4.	Perkerasan : - aspal dan beton - batu bata, paving	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
5.	Atap	0,75 - 0,95
6.	Halaman, tanah berpasir : - datar 2% - rata-rata 2-7% - curam 7%	0,05 - 0,10 0,10 - 0,15 0,15 - 0,20
7.	Halaman, tanah berat : - datar 2% - rata-rata 2-7% - curam 7%	0,13 - 0,17 0,18 - 0,22 0,25 - 0,35
8.	Hutan : - datar 0-5% - bergelombang 5-10% - berbukit 10-30%	0,10 - 0,40 0,25 - 0,50 0,30 - 0,60

Sumber : McGueen, 1989 dalam Suripin, 2003

b. Metode Haspers

Perhitungan debit banjir dengan metode Haspers diberikan sebagai persamaan yang merupakan fungsi dari koefisien pengaliran, distribusi hujan, intensitas curah hujan, dan luas daerah pengaliran yang dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = \alpha \times \beta \times A \times q \quad \dots(31)$$

Keterangan :

Q : debit puncak banjir ($m^3/detik$)

α : koefisien pengaliran yang dapat dicari dengan rumus :

$$\alpha = \frac{1+0,012 \times A^{0,7}}{1+0,075 \times A^{0,7}} \quad \dots(32)$$

A : luas daerah pengaliran (km^2)

β : koefisien distribusi curah hujan yang dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3,7 \times 10^{-0,4t}}{t^2+15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad \dots(33)$$

t : waktu puncak banjir (jam) yang dapat dicari dengan rumus :

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$$

L : panjang sungai (km)

i : kemiringan rata-rata daerah pengaliran

q : intensitas curah hujan (mm/jam) yang dapat dicari dengan rumus :

$$q = \frac{r}{3,6t} \quad \dots(34)$$

$$r = \frac{t \times R_T}{t+1-0,008(260-R_T)(2-t)^2} \quad \text{untuk } t \leq 2 \text{ jam}$$

$$r = \frac{t \times R_T}{t-1} \quad \text{untuk } 2 \text{ jam} < t \leq 19 \text{ jam}$$

$$r = 0,708 \times R_T(t+1) \quad \text{untuk } t > 19 \text{ jam}$$

6. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya air dari titik aliran terjauh dari suatu DAS sampai dengan titik pelepasan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus.

1) Rumus Kirpich

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \text{ menit} \quad \dots(35)$$

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad \dots(36)$$

Keterangan :

L : panjang sungai (m)

S : kemiringan sungai (desimal)

H : beda tinggi dari tempat terjauh sampai outlet yang dimaksud (m)

2) Rumus Giandotti

$$t_c = \frac{4A^{1/2} + 1,5L}{0,8h^{1/2}} \quad \dots(37)$$

Keterangan :

t_c : waktu konsentrasi (jam)

A : luas daerah tangkapan (km^2)

L : panjang sungai utama atau alur (km)

h : perbedaan antara tinggi rata-rata dari daerah tadah hujan dan ketinggian lokasi embung (m)

G. Perencanaan Hidrolika

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada saluran terbuka (*open channel flow*) maupun pada saluran tertutup (*pipe channel flow*).

1. Aliran air pada saluran terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang memungkinkan air mengalir dengan muka air bebas sehingga permukaannya bersentuhan dengan udara. Tekanan yang ada di permukaan air adalah tekanan atmosfer. Pengaliran

pada suatu pipa yang tidak penuh masih disebut aliran pada saluran terbuka.

2. Aliran permanen (*steady flow*)

Aliran permanen adalah aliran di mana variabel-variabel alirannya seperti debit, kedalaman, viskositas, rapat massa tidak berubah terhadap waktu.

- Aliran seragam (*uniform flow*)

Aliran seragam adalah aliran dengan tinggi muka air sama di setiap penampang. Aliran ini dapat terjadi di saluran irigasi yang panjang dan tidak mengalami perubahan tampang lintang serta jauh dari bangunan irigasi. Aliran seragam tidak dapat terjadi bila kecepatan aliran terlalu besar atau kemiringan saluran terlalu curam.

- Aliran tak seragam (*non uniform flow*)

Aliran tak seragam adalah aliran dengan kedalaman air berubah di sepanjang saluran. Di dalam aliran tak seragam, garis energi tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Aliran ini dapat terjadi bila tampang lintang saluran tidak konstan. Aliran tak seragam dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

- Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*)

Aliran berubah beraturan adalah aliran di mana parameter hidraulis (kecepatan, tampang basah dan sebagainya) berubah secara beraturan dari satu tampang ke tampang lainnya.

- Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*)

Aliran berubah cepat adalah aliran di mana parameter hidraulisnya berubah secara mendadak dan terkadang tidak kontinu.

3. Aliran tidak permanen (*unsteady flow*)

Aliran tidak permanen adalah aliran di mana variabel-variabel alirannya seperti debit, kedalaman, viskositas, rapat massa berubah terhadap waktu.

4. Aliran air pada saluran pipa

Pipa adalah saluran tertutup yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Tekanan yang berada di dalam pipa dapat lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh, maka aliran tersebut tergolong dalam aliran pada saluran terbuka.

H. Analisis Geoteknik

1. Daya Dukung Tanah

Dalam tahap pembangunan suatu struktur bangunan dibutuhkan data besaran daya dukung tanah dalam menerima beban. Daya dukung tanah perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan dimensi pondasi yang dapat mendukung beban struktur yang akan dibangun. Apabila daya dukung tanah tidak mampu menerima beban dari struktur yang direncanakan, dengan data daya dukung tanah yang telah diketahui kita dapat melakukan perlakuan tertentu agar nilai daya dukung tanah dapat mencapai nilai yang diinginkan. Penimbunan dan pemadatan merupakan salah satu perlakuan tertentu untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah .

Di beberapa kota besar di Indonesia data daya dukung tanah menjadi salah satu syarat teknis untuk mendapatkan surat IMB (Ijin Mendirikan Bangunan). Tidak hanya struktur yang besar yang diharuskan melakukan penyelidikan tanah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah, tetapi struktur bangunan kecil juga diharuskan untuk melakukan penyelidikan tanah

2. Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah. (Hariyatmo 2003:326). Indrawahjuni (2011:93) menambahkan apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan.

Hariyatmo (2003:326) menambahkan analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya. Terzaghi (1950) membagi penyebab longsoran lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*).

Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

3. Tekanan Tanah Lateral

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan, tanah mengalami konsolidasi, karena pengaruh tekanan *over burden* (yaitu oleh akibat beban tanahnya sendiri). Untuk merencanakan bangunan penahan tanah sering didasarkan atas keadaan yang menyakinkan keruntuhan total tidak akan terjadi. Gerakan beberapa sentimeter sering tidak begitu penting sepanjang ada jaminan bahwa gerakan-gerakan yang lebih besar lagi tidak akan terjadi. Dalam perancangan dinding penahan, biasanya dilakukan dengan cara

menganalisis kondisi-kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh, kemudian memberikan faktor aman yang cukup yang dipertimbangkan terhadap keruntuhan tersebut.

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat saat akan runtuh. Kedudukan keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*). (Hardiyatmo, 2003:184)

a. Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003:188), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya (Gambar 7), sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

1) Gaya Aktif yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah Tak Kohesif

Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan dapat dibuat dengan metode Rankine. Prosedur perhitungan metode Rankine untuk dinding penahan dengan urugan tanah di belakang dinding mempunyai permukaan yang rata ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan untuk dinding penahan dengan urugan tanah di belakang dinding dengan kemiringan tertentu ditunjukkan pada Gambar 8.

$$P_a = K_a \cdot z \quad \dots(38)$$

Dimana,

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

K_a = Koefisien aktif

= Berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

Harga K_a Untuk tanah datar

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots(39)$$

Dimana,

K_a = Koefisien aktif

ϕ = sudut geser tanah (°)

Harga K_a untuk tanah miring

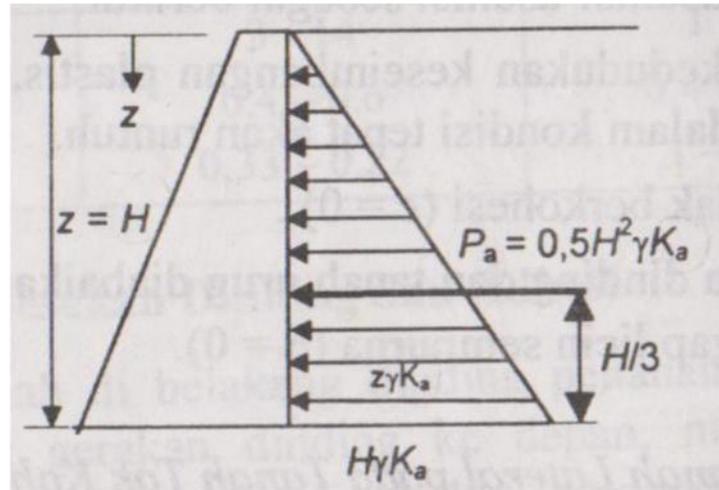
$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad \dots(40)$$

Dimana,

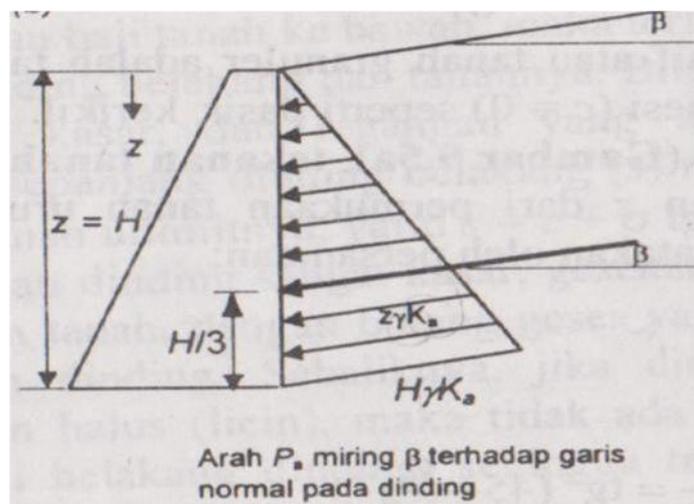
K_a = Koefisien aktif

ϕ = sudut geser tanah ($^\circ$)

= kemiringan permukaan tanah urug ($^\circ$)



Gambar 5. Metode Rankine Dinding Penahan Urugan Tanah Permukaan Rata (Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. Teknik Pondasi I)



Gambar 6. Metode Rankine Dinding Penahan Urugan Tanah Permukaan Miring (Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. Teknik Pondasi I)

Keterangan Gambar 5 dan 6

K_a = Koefisien aktif

\emptyset = sudut geser tanah ($^\circ$)

= kemiringan permukaan tanah urug ($^\circ$)

= Berat volume tanah (kN/m^3)

H = Kedalaman tanah (m)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

2) Gaya Aktif yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah Kohesif

$$P_a = z K_a - 2c K_a$$

Dimana,

K_a = Koefisien aktif

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

= Berat volume tanah (kN/m^3)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

c = Kohesi (kN/m^2)

b. Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003:188), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau k_p . nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu dimana tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

- 1) Gaya Pasif yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah Tak Kohesif

$$P_p = K_p z \quad \dots(41)$$

Dimana,

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

K_p = Koefisien pasif

= Berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

Harga K_p Untuk tanah datar

$$K_p = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad \dots(42)$$

Dimana,

K_p = Koefisien pasif

θ = sudut geser tanah (°)

Harga K_p untuk tanah miring

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}} \quad \dots(43)$$

Dimana,

K_p = Koefisien pasif

θ = sudut geser tanah (°)

= kemiringan permukaan tanah urug (°)

- 2) Gaya Aktif yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah Kohesif

$$P_p = z K_p - 2c \sqrt{K_p} \quad \dots(44)$$

Dimana,

K_p = Koefisien pasif

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

= Berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

c = Kohesi (kN/m²)

4. Dinding Penahan Tanah

Dinding atau dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu. Bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau tanah paya, dinding penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh.

5. Stabilitas Dinding Penahan

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Selain itu hal penting yang harus diperhatikan adalah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung. Sehingga konstruksi dinding penahan menjadi aman, dan tidak terjadi keruntuhan.

a. Stabilitas Terhadap Guling

Menurut Hardiyatmo (2002:399), stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Penyebab utama bahaya guling ini adalah akibat terjadinya momen, momen ini memiliki kecenderungan menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Gaya yang menahan guling adalah momen gaya yang ditimbulkan karena adanya berat sendiri dinding penahan serta momen akibat berat tanah yang ada di atas pelat pondasi.

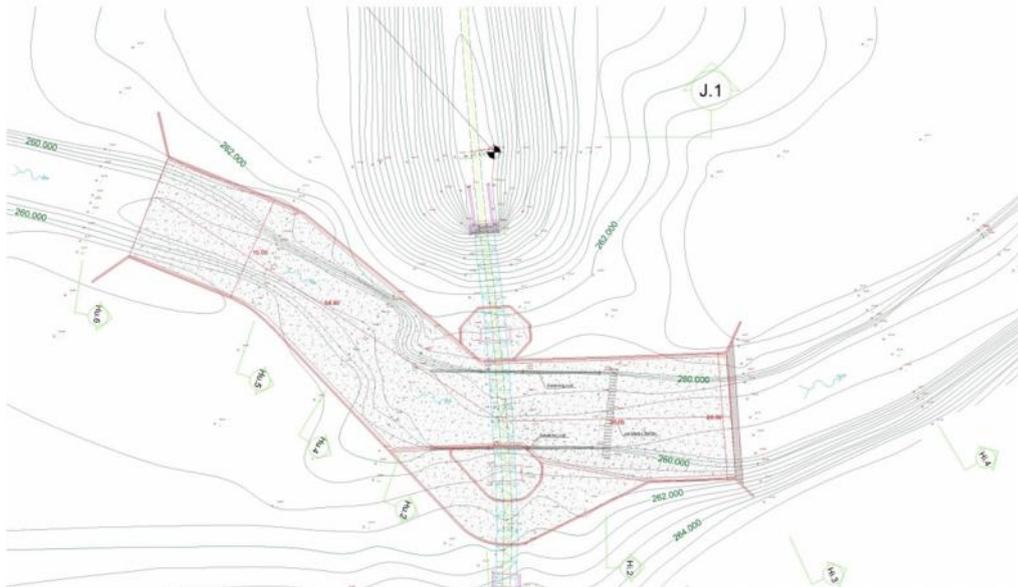
Dalam perhitungan stabilitas, tahanan tanah pasif yang berada di depan kaki dinding depan akan diabaikan, karena faktor-faktor seperti pengaruh erosi, iklim, dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif tidak dipertimbangkan dalam perhitungan ini.

b. Stabilitas Terhadap Geser

Menurut Hardiyatmo (2002:396), stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekan antara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Wilayah Penelitian



Gambar 7. Wilayah Penelitian

B. Data yang Digunakan

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan. Data primer yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Karakteristik dan luas DAS
- b. Morfologi sungai
- c. Sedimentasi
- d. Pola aliran air

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait penelitian ini. Adapun data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Tata guna lahan
- b. Data curah hujan harian

C. Analisis Data

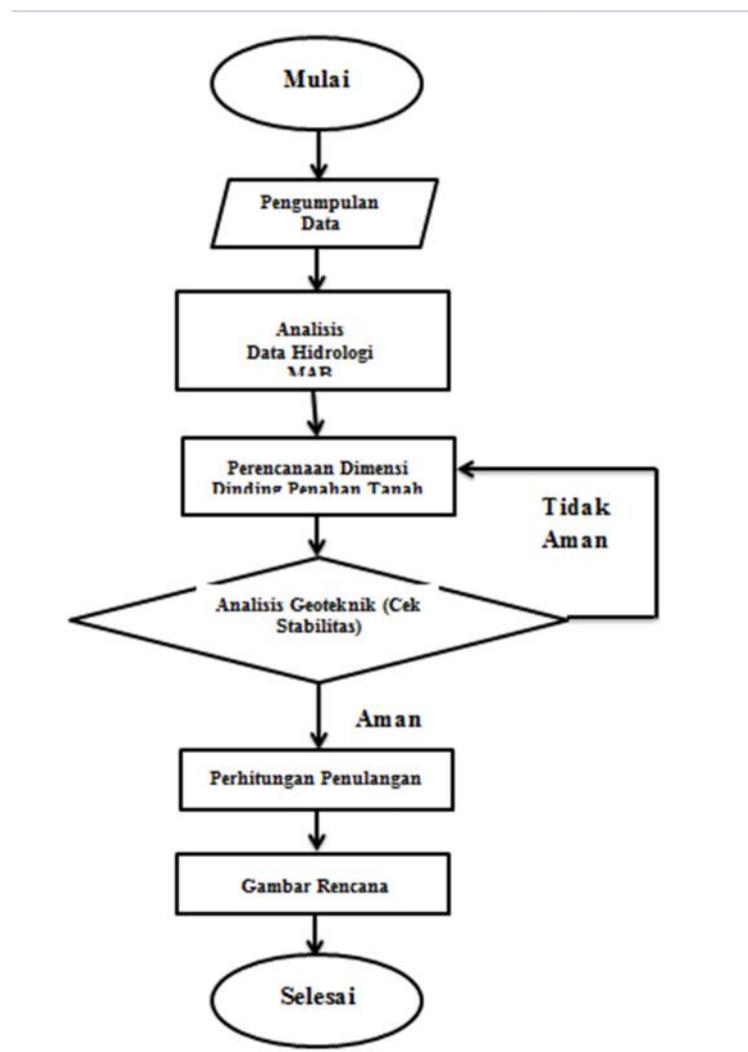
Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data curah hujan yang diperlukan.
2. Mencari hujan maksimum dari masing-masing data hujan.
3. Melakukan analisis frekuensi dengan Metode Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel.
4. Memilih distribusi yang paling cocok untuk digunakan.
5. Melakukan uji kecocokan Chi-Kuadrat.
6. Melakukan perhitungan intensitas hujan dengan rumus Mononobe.
7. Melakukan perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Rasional.
8. Melakukan perencanaan dimensi dinding penahan tanah.
9. Melakukan perhitungan stabilitas dinding penahan tanah.
10. Melakukan perhitungan penulangan dinding penahan tanah.

11. Menggambar penulangan.

D. Bagan Alir Penelitian

Untuk menyederhanakan kegiatan penelitian, maka dibentuklah suatu bagan alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 8. Bagan Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengukuran dispersi diperoleh distribusi yang cocok adalah Distribusi Log Pearson III dan diperoleh nilai curah hujan rencana untuk kala ulang 50 tahun sebesar 294,0993 mm. Dengan durasi hujan diperkirakan selama 3 jam diperoleh nilai intensitas hujan dengan rumus Mononobe untuk kala ulang 50 tahun sebesar 105,8757 mm/jam. Nilai debit hujan untuk kala ulang 50 tahun dengan metode rasional diperoleh nilai 39,6333 m³/detik.
2. Berdasarkan data didapatkan nilai elevasi muka air banjir sebesar 260,65 dpl dan elevasi muka air normal sebesar 258,890 dpl sehingga didapatkan nilai tinggi muka air banjir sebesar 1,76 m.
3. Perkiraan dimensi untuk dinding penahan tanah adalah tinggi 4,0 m dengan lebar atas 0,3 m, lebar kaki 2,4 m, serta tinggi kaki 0,5 m.
4. Berdasarkan perhitungan stabilitas pada tanah yang dianggap telah dibangun dinding penahan, faktor keamanan melebihi faktor keamanan yang disyaratkan, sehingga dimensi dinding penahan aman.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan pembahasan dan pengolahan data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Data hujan yang digunakan sebaiknya data hujan jam-jaman sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.
2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai perlindungan tebing sungai sehingga upaya penanganan longsor dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Bangunan Pengatur Sungai*. Penerbit Gunadarma.
- Anonim. *Pedoman Penyusunan Spesifikasi Teknis Volume IV : Pengaman Sungai Bagian – 1 : Krib*. ICS 93.010.
- Anonim. *Chapter II*. Penerbit Universitas Sumatera Utara.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Teknik Pondasi I*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2003. *Mekanika Tanah II*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hoffmans, G.J.C.M. and Verhejj, 1997, *Scour Manual*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Kristijatno, Chr dan Kirno. *Pelindung Tebing Sungai dengan Bangunan Krib Lulus Air*. Puslitbang Pengairan.
- Mulatsih, Unik Sri dan Sundoro, Galih Habsoro. 2012. *Studi Kasus Kerusakan Pelindung Tebing Sungai Geocell di Kali Mungkung Desa Patihan Kabupaten Sragen*. Surakarta
- Setyono, Ernawan. 2007. *Krib Impermeabel Sebagai Pelindung pada Belokan Sungai*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Edisi I*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan. Cetakan Pertama*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidraulika II. Cetakan ke-9*. Yogyakarta: Beta Offset.