

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN STABILITAS LERENG
BERDASARKAN KECEPATAN ALIRAN SUNGAI DI DESA
KERTABAYANG KECAMATAN RANTAU ALAI KABUPATEN OGAN
ILIR SUMATERA SELATAN**



TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Strata-1

DISUSUN OLEH:

NUR ANNISAA' ILHAM AKBAR

112016006

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2020**

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN STABILITAS LERENG
BERDASARKAN KECEPATAN ALIRAN SUNGAI DI DESA
KERTABAYANG KECAMATAN RANTAU ALAI KABUPATEN OGAN
ILIR SUMATERA SELATAN**



Disusun Oleh:

NUR ANNISAA' ILHAM AKBAR

112016006

Telah Disahkan Oleh:

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang



Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T.
NIDN: 0227077004

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Palembang



Ir. Revisda, M.T.
NIDN: 0231056403

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN STABILITAS LERENG
BERDASARKAN KECEPATAN ALIRAN SUNGAI DI DESA
KERTABAYANG KECAMATAN RANTAU ALAI KABUPATEN OGAN
ILIR SUMATERA SELATAN**



TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Strata-1

DISUSUN OLEH:

NUR ANNISAA' ILHAM AKBAR

112016006

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Ir. Hj. Nurnilam Oemiati, M.T.,
NIDN: 0220106301

Pembimbing II

Ir. Hj. Sri Martini, M.T.
NIDN: 0203037001

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS FAKTOR KEAMANAN STABILITAS LERENG
BERDASARKAN KECEPATAN ALIRAN SUNGAI DI DESA
KERTABAYANG KECAMATAN RANTAU ALAI KABUPATEN OGAN
ILIR SUMATERA SELATAN
Dipersiapkan dan disusun oleh :

NUR ANNISAA' ILHAM AKBAR
NIM 112016006

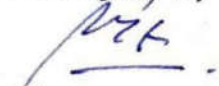
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Sidang Komprehensif Pada Tanggal
26 Agustus 2020

Pembimbing Pertama,



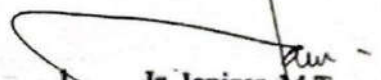
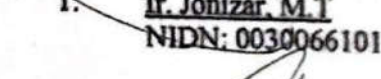
Ir. Hj. Nurnilam Oemiaty, M.T
NIDN: 0220106301

Pembimbing Kedua,



Ir. Hj. RA. Sri Martini, M.T
NIDN: 0203037001

Dewan Penguji:

1. 
Ir. Jonizar, M.T
NIDN: 0030066101
2. 
Ir. Noto Rovani, M.T
NIDN: 0203126801
3. 
Mira Setiawati, M.T
NIDN: 0006078101

Laporan Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan Untuk
Memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil (S.T)
Palembang, 29 Agustus 2020
Program Studi Sipil



PERNYATAAN

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

Palembang, Agustus 2020



Nur Annisaa' Ilham Akbar

NIM. 112016006

Motto :

"Dan barang -siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya.

(Q.S At-Talaq: 4)"

"Tidurlah jika yang lelah adalah ragamu, Shalatlailah jika yang lelah adalah jiwamu"

"Berjalanlah tanpa menjatuhkan orang lain, terbanglah tanpa mematahkan sayap yang lain"

Kupersembahkan kepada :

- ❖ *Ayahku (Alimin Zakaria, ST. SH) & ibuku (Alfiyah Alkar, S.Ag) tersayang yang senantiasa mendo' akanku*
- ❖ *Saudariku Nur Az Zhaahir Ilham Akbar tercinta yang selalu mengharapkan keberhasilanku*
- ❖ *Teman terbaikku Nugraha Syarif H, S.T*
- ❖ *Pembimbing Pertamaku Ir. Hj. Nurnilam Oemiati, M.T*
- ❖ *Pembimbing Keduaku Ir. Hj. RA. Sri Martini, M.T*
- ❖ *Sahabat - sahabatku, epril, imam, jenny dan igo yang selalu memotivasi untuk tetap semangat*
- ❖ *Almamaterku*

ABSTRAK

Sungai ogan merupakan sungai yang memiliki lebar 0,15 km, di mana sungai ogan juga merupakan sungai terpanjang ketiga di Sumatera Selatan setelah sungai Musi dan Komering. Sebagai sungai yang besar, daerah di bantaran sungai ogan pun tak luput dari fenomena erosi yang disebabkan oleh kecepatan aliran sungai. Dampak dari erosi ini dapat mengakibatkan kerusakan pada lereng sungai, hal ini terlihat jelas pada rusaknya jalan akses di daerah Kertabayang yang diakibatkan longsor pada daerah bantaran sungai. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang erosi tanah pada lereng di daerah aliran sungai (DAS) agar dapat mengetahui stabilitas lereng terhadap kecepatan aliran sungai dan jenis tanah yang dapat mempengaruhi geser tanah yang berada di desa Kertabayang. Penelitian dilakukan berdasarkan perhitungan kecepatan aliran sungai dengan menggunakan metode *current-meter* dan perhitungan karakteristik tanah dengan mengambil sampel tanah dan uji sampel tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Palembang. Untuk mengetahui kecepatan rata-rata di lapangan maka menggunakan *rumus manning*, sedangkan untuk memperhitungkan stabilitas lereng menggunakan *metode Fellenius*. Setelah dilakukan analisis dengan *rumus manning* maka didapat kecepatan rata-rata yaitu 0,675 m, dengan sudut geser tanah hasil sampel yang sudah diuji di Laboratorium Mekanika tanah yaitu 23,37 °, dengan menggunakan *metode fellenius* penelitian mendapatkan hasil lereng kritis sebesar 0,9699, yang berada di bawah faktor keamanan yakni 1,5 sehingga lereng yang diuji memang memiliki potensi longsor.

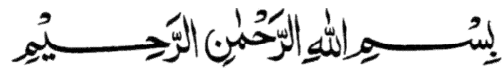
Kata Kunci: Kecepatan Aliran Sungai, Analisis Stabilitas Lereng, Metode Fellenius.

ABSTRACT

The Ogan River is a river that has a width of 0.15 km, where the Ogan River is also the third-longest river in South Sumatra after the Musi and Komering rivers. As a large river, the area on the banks of the Ogan River is not free from the phenomenon of erosion caused by the speed of the river flow. The impact of this erosion can cause damage to river slopes, this can be seen clearly in the damage to the access road in the Kertabayang area which is caused by landslides on the riverbanks. Therefore, research is needed on soil erosion on slopes in river basins in order to determine the stability of the slopes against river flow velocity and soil types that can affect soil shear in Kertabayang village. The research was conducted based on the calculation of river flow velocity using the current-meter method and the calculation of soil characteristics by taking soil samples and soil sample tests carried out in the Laboratory of Soil Mechanics, Muhammadiyah University of Palembang. Manning formula is used to determine the average velocity in the field, while the Fellenius method is used to calculate slope stability. After analyzing the Manning formula, the average velocity is 0.675 m, with the shear angle of the sample that has been tested in the soil mechanics laboratory is 23.37 °. By using the Fellenius method, the research obtained a critical slope of 0.9699, which is below the safety factor of 1.5 so that the slope tested does have the potential for landslides.

Keywords: *River Flow Velocity, Slope Stability Analysis, Fellenius Method*

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **Analisa Faktor Keamanan Stabilitas Lereng berdasarkan kecepatan aliran Sungai, Desa Kertabayang, Kecamatan Rantau Alai, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan.** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Nurnilam Oemiati, M.T., selaku Pembimbing I
2. Ibu Ir. R.A Sri Martini, M. T selaku Pembimbing II

yang telah bersusah payah dan meluangkan banyak waktunya dalam mengoreksi, serta memberikan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama penyelesaian tugas akhir ini.

Disamping itu penulis menyampaikan rasa terima kasih atas kesempatan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Ibu Revisdah, M.T Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

6. Ayahku (Alimin Zakaria, S.T, S.H) dan Ibuku (Alfiyah Alkar, S.Ag) tercinta, terima kasih banyak yang tak terhingga atas do'a, semangat, kasih sayang, pengorbanan, nasihat dan ketulusannya dalam mendidik dan mendampingi penulis. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan ridho-Nya.
7. Saudaraiku Nur Az Zhaahir Ilham Akbar, terima kasih banyak telah memberikan doa dan semangatnya.
8. Kepada teman terbaikku Nugraha Syarif, Eprilyana Tara, Jenny amalia, dan Igo dan Imam Supriyanto yang telah menemani dan memberikan semangat serta motivasi dalam pengerjaan penulisan ini.
9. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
10. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman seperjuangan alamamater yang saya sayangi.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari para pembaca sangat penulis harapkan.

Semoga Penelitian ini dapat bermanfaat bagi institusi pendidikan dan masyarakat luas.

Palembang, Agustus 2020
Penulis,

Nur Annisaa' Ilham Akbar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
1.6. Bagan Alir Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sungai	5
2.1.1. Fungsi Sungai.....	5
2.1.2. Morfolofi Sungai.....	6
2.1.3. Alur Sungai	8
2.1.4. Aliran Saluran Terbuka	9
2.1.5. Perilaku Aliran	11
2.1.6. Kemiringan Pada Saluran.....	12
2.1.7. Kecepatan Maksimum yang Diinginkan	12

2.1.8.	Kerusakan Pada Sungai.....	13
2.2.	Gerusan Atau Erosi.....	14
2.2.1.	Gerusan yang Terjadi di Sungai.....	16
2.2.2.	Tipe Gerusan	16
2.3.	Mengukur Kecepatan Aliran	17
2.4.	Pengukuran Debit	18
2.5.	Perhitungan Kecepatan Aliran.....	19
2.6.	Kecepatan Kompeten Aliran Sungai	21
2.7.	Analisis Stabilitas Lereng.....	22
2.7.1.	Parameter Tanah/Batuan	25
2.7.2.	Angka Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	27
2.7.3.	Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan.....	28
2.7.4.	Metode Fellenius.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1.	Peta Lokasi Penelitian	33
3.2.	Pekerjaan Persiapan.....	33
3.3.	Metode Pengumpulan Data	33
3.4.	Pekerjaan Pelaksanaan.....	34
3.5.	Penelitian Laboratorium	37
3.5.1	Analisa Saringan (Siev Analysis).....	37
3.5.2	Pengujian Batas-batas Atterberg	38
3.5.3	Pengujian Berat Jenis	40
3.5.4	Percobaan Pemadatan (<i>Compaction Test</i>).....	41
3.5.5	Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	43
3.6.	Bagan Alur Penelitian.....	45
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		46
4.1.	Gambar Trase Sungai	46
4.2.	Pengukuran Dimensi Penampang Sungai	46
4.3.	Pengukuran Kecepatan Aliran	47

4.4. Analisis Kecepatan dan Debit Aliran Sungai dengan Menggunakan Rumus Manning	49
4.5. Kondisi Lereng dan Bentuk Sungai pada Lokasi Gerusan	54
4.6. Analisis Stabilitas Lereng	56
BAB V PENUTUP	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Bagan Alir Sistematika Penulisan	4
Gambar 2.1. Tipe Bentuk Morfologi Sungai	8
Gambar 2.2. Kelongsoran lereng	22
Gambar 2.3. Bentuk-bentuk keruntuhan lereng (a) Kelongsoran lereng, (b) Kelongsoran lereng dangkal, (c) Longsor dasar	24
Gambar 2.4. Kekuatan geser tanah/batuan.....	26
Gambar 2.5. Keseimbangan benda pada bidang miring	27
Gambar 2.6. Permukaan bidang yang dicoba.....	29
Gambar 2.7. Gaya yang bekerja pada irisan nomor ke-n.....	30
Gambar 2.8. Sistem gaya dengan metode Fellenius	32
Gambar 2.9. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan tunggal.....	32
Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian.....	33
Gambar 3.2. Pengukuran kecepatan aliran dengan Perahu	37
Gambar 3.3. Bagan alur penelitian.....	45
Gambar 4.1. Potongan memanjang sungai.....	46
Gambar 4.2. Grafik kecepatan aliran dengan menggunakan perhitungan rumus Manning.	53
Gambar 4.3. Bentuk lereng di potongan STA:-75	54
Gambar 4.4. Bentuk lereng di potongan STA:-50	54
Gambar 4.5. Bentuk lereng di potongan STA:-25	55
Gambar 4.6. Bentuk lereng di potongan STA:00.....	55
Gambar 4.7. Bentuk lereng di potongan STA:+25	55
Gambar 4.8 Bentuk lereng di potongan STA:+50	55
Gambar 4.9 Bentuk lereng di potongan STA:+75	56
Gambar 4.10. Bidang longsor STA:00.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kemiringan saluran berdasarkan bahan	12
Tabel 2.2. Kecepatan maksimum menurut Fortier dan Scobey	13
Tabel 2.3. Cara pengukuran kecepatan aliran	17
Tabel 2.4. Nilai kekerasan Manning untuk saluran alam	20
Tabel 2.5. Kecepatan kompeten rata-rata	22
Tabel 3.1. Data umum lokasi gerusan	35
Tabel 4.1. Tabel ukuran dimensi lebar sungai	46
Tabel 4.2. Data pengukuran dimensi penampang sungai	47
Tabel 4.3. Hasil pengukuran kecepatan aliran	47
Tabel 4.4. Kecepatan Rata-rata Aliran	49
Tabel 4.5. Kekerasan Manning untuk saluran	49
Tabel 4.6. Hasil perhitungan kecepatan dengan rumus Manning	51
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fenillius.	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai adalah saluran terbuka yang terbentuk secara alami di muka bumi yang mengalir menurut kondisi permukaan bumi dari mata air melewati beberapa alur sungai menuju ke danau atau laut secara dinamis. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan penggerusan tanah dasarnya. Proses gerusan dapat terjadi karena adanya perubahan morfologi sungai berupa tikungan dan penyempitan saluran atau adanya bangunan – bangunan air seperti pilar, abutmen, bendung, dan sebagainya.

Pembuatan suatu ruas jalan sebagai penghubung antar Provinsi, Kota, bahkan dari desa ke desa menjadikan ruas jalan menjadi suatu keharusan di setiap elemen kehidupan, di mana di setiap pembangunan suatu jalan akan mengakibatkan perubahan signifikan terhadap daerah sekitarnya, tak terkecuali pembangunan jalan di daerah tepian sungai, yang mana tepian sungai tersebut mengalami perubahan.

Banyak kasus – kasus runtuhnya sebagian jalan di Indonesia khususnya di Sumatera Selatan yang disebabkan oleh faktor konstruksi jalan dan menjadikan salah satu penyebab proses terjadinya gerusan secara terus menerus sehingga terjadi penurunan pada jalan.

Kasus seperti di jalan Kertabayang di Kecamatan Rantau Alai, Kabupaten Ogan Ilir terjadi kerusakan pada konstruksi jalan yang disebabkan oleh beberapa faktor yang salah satunya adalah gerusan lokal. Peristiwa ini dapat terjadi akibat kurangnya ketelitian dalam perencanaan awal dalam menentukan kedalaman pondasi jalan yang sering mengabaikan analisa perhitungan gerusan lokal. Penelitian mengenai gerusan lokal pada bangunan – bangunan khususnya jalan yang berada di tepian sungai perlu dilakukan, karena dampak dari gerusan lokal adalah akan terjadinya penurunan pada jalan tersebut.

Mengingat kompleks dan pentingnya permasalahan di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul : **Analisa Faktor Keamanan Stabilitas**

Lereng Berdasarkan Kecepatan Aliran Sungai di Desa Kertabayang, Kecamatan Rantau Alai, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mencari penyebab terjadinya longsor. Penelitian dilakukan pada daerah lereng sungai yang tergerus yang berlokasi di Desa Kertabayang Kecamatan Rantau Alai Kabupaten Ogan Ilir.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui faktor keamanan stabilitas suatu lereng terhadap kecepatan aliran sungai di daerah Kertabayang Kabupaten Ogan Ilir.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui stabilitas lereng berdasarkan kecepatan aliran sungai dan jenis tanah yang berada di daerah Kertabayang, Ogan Ilir.

1.4. Batasan Masalah

Penulisan membatasi ruang lingkup berdasarkan bagaimana bentuk penampang sungai, kecepatan aliran, dan juga jenis tanah yang menyebabkan terjadinya gerusan pada lereng sungai Ogan yang mencakup perhitungan stabilitas lereng. Adapun batasan masalah lainnya dari penelitian ini meliputi:

1. Titik yang diamati meliputi saluran sungai Ogan Ilir dan pengamatan dilakukan sepanjang 25 meter dengan lebar penampang sungai 0,15 km.
2. Pengamatan dibagi menjadi 7 titik dengan jarak 25 meter pertitik, titik pertama dimulai pada titik tumpuh gerusan.
3. Curah hujan tidak diperhitungkan.
4. Pengukuran kedalaman dilakukan pada saat tinggi air yang sama di waktu yang berbeda.
5. Pengukuran kecepatan aliran menggunakan Electronic Flowatch FL-03.
6. Masa survey lapangan dilakukan selama 1 hari yang dibagi menjadi 3 waktu.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistem penulisan yang digunakan untuk mempermudah peneliti dalam melakukan penelitian secara sistematis adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, maksud dan tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan, serta bagan alir penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan landasan teori dari berbagai literatur atau referensi yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan langkah-langkah penelitian serta tentang alat-alat dan bahan yang digunakan

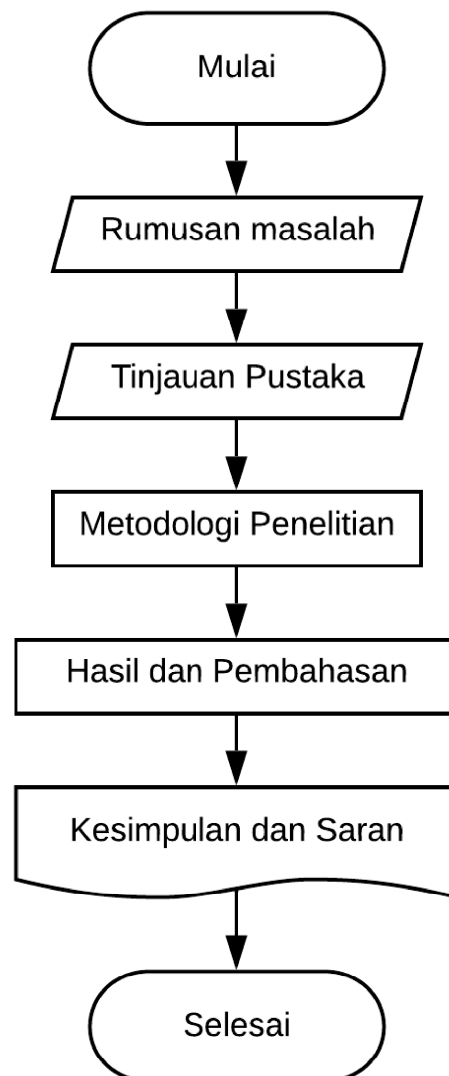
BAB IV PEMBAHASAN

Menguraikan tentang pembahasan analisis metode penanggulangan abrasi di tepian sungai, pengolahan data, dan hasil uji analisis.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang ringkasan hasil penelitian yang merupakan jawaban dari rumusan masalah pada Bab I dan saran – saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.6. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1.1. Bagan Alir Sistematika Penulisan

DAFTAR PUSTAKA

- Apri, Y., & Saputra, D. (2015). *Analisa Gerusan Tanah pada Lereng/Tebing di Belokan Sungai Lahat*. Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Budiawan, F. (2019). *Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai dengan Metode Depth Integrated Sampling dan Point Integrated Sampling (Studi Kasus: Sungai Cidurian)*.
- Cara Mengukur dan Menghitung Debit Saluran*. (2014). Diambil dari <http://lorenskambuaya.blogspot.co.id/2014/05/cara-mengukur-dan-menghitung-debit.html>
- Cendratama, E., Dian, P., & Ari, W. (2006). *Perencanaan Normalisasi Sungai Belukar Kabupaten Kendal*. Universitas Dipenogoro.
- Chow, V. (1994). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2010). *Princile of Geotechnical Engineering*. Stamford: CL Engineering.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran. *SKBI-2.3.06*. Yayasan Penerbit PU.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayah, S., & Gratia, Y. (2007). Program Analisis Stabilitas Lereng.
- Legono, D. (1996). *Diktat Kuliah Teknik Sungai (Teori dan Penerapan)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Maryono. (2007). *Jenis Material Dasar Sungai dan Vegetasi di Daerah Bersangkutan*. Jakarta.
- Rosgen, D. (1996). *Applied River Morphology*. Pagosa Springs, Colorado: Wildland Hydrology.
- Soekarno, I. (1997). *Morfologi dan Hidraulika Sungai*. Bandung: ITB Press.
- Sosrodarsono, S., & Tominaga, M. (1994). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sudarmanto. (n.d.). *Penggerusan dan Penanggulangannya*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

Triatmodjo, B. (2003). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.