

ANALISA KEMANTAPAN LERENG JALAN SEMPANG TANJUNG RAYA -
TEBING TINGGI KABUPATEN EMPAT LAWANG
PROVINSI SUMATRA SELATAN



TOGA ADEGA

OLAH

CHANDRA PRATAP

SEKOLAH

UNIVERSITAS SUMATERA SELATAN

FAKULTAS TEKNIK

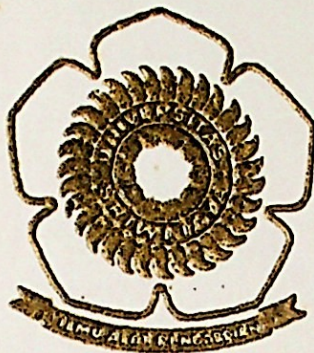
KURSUS TEKNIK SURVEI

2011

363.125 07
cha
a
2012

R 5158/5155

**ANALISA KEMANTAPAN LERENG JALAN SIMPANG TANJUNG RAYA -
TEBING TINGGI KABUPATEN EMPAT LAWANG
PROVINSI SUMATRA SELATAN**



TUGAS AKHIR

Oleh :

CHANDRA HIDAYAT

53081001096

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

2012

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : CHANDRA HIDAYAT
NIM : 53081001096
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISA KEMANTAPAN LERENG JALAN SIMPANG
TANJUNG RAYA TEBING TINGGI KABUPATEN EMPAT
LAWANG PROVINSI SUMATERA SELATAN

Palembang, July 2012.

Ketua Jurusan,



Ir.H.Yakni Idris, M.Sc., MSCE


NIP195812111987031002

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

TANDA TERIMA LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : CHANDRA HIDAYAT
NIM : 5308 1801 096
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
**JUDUL : ANALISA RISIKO KELONGSORAN UNTUK
KEMANTAPAN LERENG JALAN SIMPANG TANJUNG
RAYA - TEBING TINGGI KABUPATEN EMPAT LAWANG
PROVINSI SUMATRA SELATAN**

Dosen pembimbing I



Budi Setiawan, ST., M.T. Phd
NIP. 19721112 199903 1 002

Palembang, Juli 2012

Dosen pembimbing II



Ratna Dewi, ST, MT
NIP. 19740615 200003 2 0001


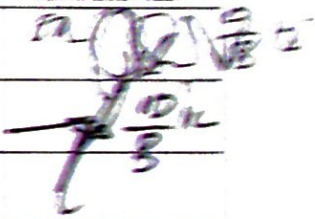

UNIVERSITAS BHIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

LEMBAR REVISI TUGAS AKHIR

NAMA : CHANDRA HIDAYAT
NIM : 5308 1001 096
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
Judul : ANALISA KEMANTAPAN LERENG JALAN SEMPANG
TANJUNG RAYA - TEBING TINGGI KABUPATEN
EMPAT LAWANG PROVINSI SUMATRA SELATAN

DOSEN PEMBIMBING UTAMA : Budhi Setiawan, ST., M.T. PhD

DOSEN PEMBIMBING KEDUA : Ratna Dewi,, ST, MT

Uraian	Tanda Tangan & Nama Dosen Penguji	
	Asistensi	Acc/Revisi
- Rumus konversi $a \rightarrow$ ppt. - Ditambah FK. PU. ✓ <i>pekerjaan</i>		
Kesimpulan : <i>gud. & lahanya</i>	<p>Palembang, 2012</p> <p>Ketua Jurusan</p>  <p><u>Ir. Yakni Idris, M.Sc. MSCE</u> NIP. 19581211 198703 1 002</p>	



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

Tlp: 0711-370178, Fax:0711-352870

SURAT KETERANGAN SELESAI REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini Dosen Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya menerangkan bahwa mahasiswa/i

Nama : CHANDRA HIDAYAT

NIM : 53081001096

Judul Tugas Akhir : Analisa Kemantapan Lereng Jalan Simping Tanjung
Raya Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang
Provinsi Sumatera Selatan

Tanggal sidang sarjana : 19 July 2012

Adalah benar telah menyelesaikan Tugas Akhir dan telah menyelesaikan revisi tugas akhir pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Juli 2012

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

IR. Wirawan Jatmiko M.M. IR.H. Imron Fikri Astira, M.S Febrian Hadiana, ST.MT
NIP.195504271987031002 NIP.195402241985031001 NIP.197406152000032001

Dosen Penguji IV

Dosen Pembimbing II/Penguji








IR. H. Yakni Idris, M.Sc, MSCE
NIP.195812111987031002

Ratna Dewi, ST.MT.
NIP. 197406152000032001

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

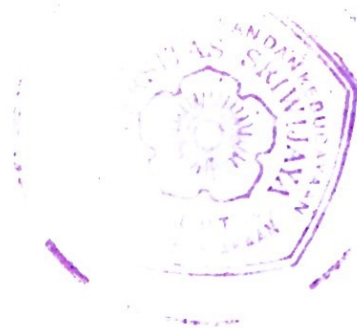
LEMBAR REVISI PROPOSAL TUGAS AKHIR

NAMA : CHANDRA HIDAYAT
NIM : 5308 1001 096
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
Judul : ANALISA KEMANTAPAN LERENG JALAN SIMPANG
TANJUNG RAYA - TEBING TINGGI KABUPATEN
EMPAT LAWANG PROVINSI SUMATRA SELATAN

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf
1.	20/April	Perbaiki Pendahuluan & pustaka	
2.	24/April	Perbaiki tujuan & metodologi	
3	28/04	Perbaiki Metodologi	
4	01/05	- Lanjutkan perhit	
5	23/05	- Masukkan data analisa hasil uji - " " Gambar Layout piring	
6.	05/05	- Analisa hasil perhit lebih di detail / diperjelas.	
7	27/06	- Output program ? - Perbaiki Pembahasan /	

Palembang, , 2012
Dosen Pembimbing II Tugas Akhir

Ratna Dewi,, ST, MT
NIP. 19740615 200003 2 0001



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penulisan	2
1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah.....	2
1.4.2 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
 BAB II. GAMBARAN UMUM PROYEK	
2.1 Pengertian Lereng.....	4
2.2 Longsoran.....	6
2.2.1 Pengertian Longsoran.....	6
2.2.2 Klasifikasi Longsoran.....	10
2.2.3 Jenis – jenis Longsoran.....	12
2.2.4 Faktor Penyebab Longsor.....	14
2.3 Analisa Stabilitas Lereng.....	15
2.3.1 Uji Sondir/ Cone Penetration Test (CPT).....	16
2.3.2 Korelasi Nilai nilai Parameter Tanah	17
2.3.3 Faktor Keamanan Lereng.....	21

2.3.4 Metode Analisa Kestabilan Lereng.....	23
2.3.4.1 Model Mohr-Coulomb (MC).....	23
2.3.4.2 PARAMETER DASAR MODEL MOHR-COULOMB.....	25
BAB III. METODOLOGI	
3.1 Umum	29
3.2 Studi Pustaka.....	30
3.3 Pengumpulan Data Sekunder.....	30
3.4 Analisa data laboratorium dan data lapangan.....	32
3.5 Pembacaan Peta Topografi dan Analisis Cross Section.....	32
3.6 Input Data program dan simulasi.....	34
3.6.1 Pembentukan Geometrik lereng.....	34
3.6.2 Input Parameter Properties Tanah.....	35
3.6.3 Input Parameter Pembebanan.....	36
3.6.4 Simulasi Lereng Dengan Program Plaxis V.8.....	38
3.6.5 Hasil Analisa dan Pembahasan.....	38
BAB IV. ANALISA DAN	
4.1 Kajian Kemantapan Lereng.....	39
4.1.1 Lokasi dan topografi.....	40
4.1.2 Struktur Geologi.....	40
4.2 Analisa data lapangan ke dalam Input Data Program.....	41
4.3 Analisa Kestabilan Lereng	43
4.3.1 Simulasi <i>Singgle Slope</i>	43
4.3.2 Simulasi <i>Overall Slope</i>	49
KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Lereng jalan pada lokasi Jalan Simp Tanjung Raya - Tebing Tinggi.....	1
2.1 Bidang longsoran dari suatu lereng vertikal.....	5
2.2 Longsoran bidang dengan tekanan air.....	6
2.3 Gaya yang bekerja pada penampang suatu batang perkuatan.....	6
2.4 Bidang longsor berbentuk lurus.....	8
2.5 Bidang longsor berbentuk busur	8
2.6 Longsoran translasi dan rotasi	9
2.7 Longsoran Busur	12
2.8 Longsoran bidang	12
2.9 Longsoran Baji	13
2.10 Longsoran Gulingan	13
2.11 Beberapa jenis gerakan tanah.....	14
2.12 Alat Uji Cone Penetration Test (penetrometer Belanda).....	16
2.13 Alat Uji Standard Penetration Test (Lambe & Whitman, 1969)	17
2.14 Hubungan antara Kohesi dan Nilai N SPT	17
2.15 Korelasi antara Friction Angle dan N-SPT	19
2.16 Hubungan NSPT dengan Relatif Density	19
2.17 Sketsa Lereng dan gaya yang bekerja.....	21
2.18 Sketsa gaya yang bekerja (τ dan S) pada satu sayatan.....	22
2.19 Bidang leleh (Garis keruntuhan) Mohr-Coulomb.....	24
2.20 Lembar-tab Parameter untuk model Mohr-Coulomb	25
2.21 Definisi E_0 dan E_{50} untuk hasil uji triaksial terdrainase standar.....	26
2.22 Lingkaran-lingkaran tegangan saat mengalami leleh.....	27
3.1 Diagram Alir Rencana Penelitian	29
3.2 Lokasi pengambilan titik sample	31
3.3 <i>Peta Topografi KM 13+950 samapai KM 13+965</i>	33
3.4 <i>Potongan Penampang Longsor KM 13+950</i>	33
3.5 <i>Potongan Penampang Longsor KM 19+20</i>	34

3.6	Peta Topografi KM 38+600 samapai KM 38+625.....	34
3.7	Peta Topografi KM 38+600 samapai KM 38+625	35
3.8	Potongan Penampang Longsor 38+600	35
3.9	Geometri <i>Overal Slope</i>	36
3.10	Geometri <i>Single Slope</i> pada lereng atas dan lereng bawah	37
3.11	<i>Input properties tanah</i> KM 13+950 pada program Plaxis V.8.	37
3.12	<i>Gambar Propertis Soil Per-layer (Lapisan Tanah)</i>	37
3.13	<i>Gambar Beban titik pada as roda truk</i>	38
3.14	<i>Gambar penyebarab Beban luasan roda truk</i>	38
3.15	<i>Gambar Beban T pada as roda truk</i>	38
3.16	Diagram <i>Input Pembebanan Lalu lintas</i> pada program Plaxis V.8.2	39
3.17	Diagram Alir Operasi Program Plaxis V.8.5.....	40
4.1	Peta Lokasi Lereng jalan pada Kabupaten Empat Lawang	41
4.2	Titik sample yang dianalisa	42
4.3	<i>Output dalam Permodelan Lereng atas KM 13+950 A1-3</i>	46
4.4	<i>output dalam Permodelan Lereng bawah KM 13+950</i>	43
4.5	<i>output dalam Permodelan Lereng Atas KM 19+2000</i>	43
4.6	<i>output dalam Permodelan Lereng bawah KM 19+200</i>	43
4.7	<i>output dalam Permodelan Lereng Atas KM 38+600</i>	43
4.8	<i>output dalam Permodelan Lereng bawah KM 38+600</i>	43
4.9	<i>Gambar simulasi lereng pada lereng overal sloope km 13+925</i>	43
4.10	<i>Gambar simulasi lereng pada lereng overal sloope km 19+200</i>	43
4.11	<i>Gambar simulasi lereng pada lereng overal sloope km 38+600</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Laju kecepatan gerakan tanah (Hansen,1984)).....	9
2.2 Klasifikasi longsor (landslide) oleh Varnes (1978)	11
2.3 Klasifikasi longsor dan karakteristiknya	11
2.4 Korelasi N SPT dengan Kepadatan Relatif Tanah Non kohesif	19
2.5 korelasi nilai NSPT dan CPT dengan Modulus Elastisitas.....	20
2.6 Hubungan N SPT Terhadap Kekuatan Tanah Lempung	20
2.7 FK Min Kemantapan Lereng (BPP PU, 1986)	23
3.1 Laju kecepatan gerakan tanah (Hansen,1984)).....	30
4.1 Laju kecepatan gerakan tanah (Hansen,1984)).....	44
4.2 <i>Tabel simulasi lereng padalereng single slope pada KM 13+960</i>	47
4.3 <i>Tabel simulasi lereng padalereng single slope pada KM 19+200</i>	49
4.4 Tabel simulasi lereng padalereng <i>single slope</i> pada KM 38+600.....	51
4.5 Tabel simulasi lereng pada lereng overal sloope km 13+925	53
4.6 Tabel simulasi lereng padalereng <i>Lereng Overal Sloope km 19+925</i>	54
4.7 <i>Tabel simulasi lereng padalereng Lereng Overal Sloope km 38+600</i>	55
4.8 Tabel rekapitulasi (FK) pada <i>lereng single slope</i>	56
4.9 Tabel rekapitulasi (FK) pada lereng overal sloope	57

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Pengujian Sondir dan boring log
- Lampiran 2 : Hasil index Soil properties
- Lampiran 3 : Gambar Layout dan cross section

ANALISA RISIKO KELONGSORAN UNTUK KEMANTAPAN LERENG JALAN SIMPANG TANJUNG RAYA - TEBING TINGGI KABUPATEN EMPAT LAWANG PROVINSI SUMATRA SELATAN

ABSTRAK

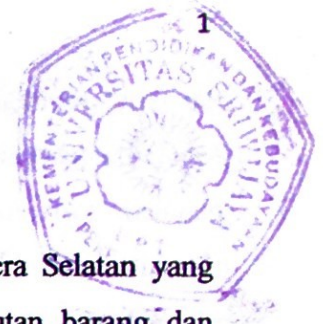
Jalan adalah infrastruktur yang sangat vital dan sangat menentukan perkembangan kemajuan suatu daerah atau tetitorial terutama di jalan simpang tanjung raya- tebing tinggi. Kondisi rawan longsor dan terbuka dari gangguan iklim, gempa bumi, pengalihan dan penimbunan lereng , pembebanan akibat kendaraan yang melintas, dan penurunan tahanan geser tanah (creep) dan Kondisi properties tanah yang perlu perbaikan terhadap longsor. Jika lereng tidak stabil atau terlalu terjal dapat membahayakan jiwa manusia. Sehingga didalam re-analisa lereng jalan di kabupaten empat lawang didesain dengan menggunakan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan metode Morh Columb. Dibantu dengan penggunaan program yang mampu menganalisis kemantapan lereng dengan pendekatan metode *Elemen Hingga*

Daerah yang akan dijadikan lokasi sudah terbentuk lereng alami, akan tetapi karena kurangnya perawatan dan evaluasi lereng maka bentuk lereng sudah banyak yang mengalami gerusan dan penurunan permukaan lereng pada waktu-waktu maka dilakukan lagi improvement dengan re-evaluasi kestabilan lereng. Selain itu proses beban lalu lintas yang mempengaruhi kestabilan lereng dibawahnya baik secara teknis maupun ekonomis. setelah terjadi erosi dan seatlement lereng – lereng tersebut harus tetap dijaga kestabilannya dengan menganalisis kemantapan untuk mencegah kelongsoran di waktu – waktu yang akan datang.

Risiko yang dapat ditimbulkan jika terjadi kelongsoran adalah terganggunya sarana umum yang berupa kantor pemerintah, permukiman, infrastruktur jalan dan nyawa manusia yang letaknya berada di dekat lereng. Dikarenakan lereng merupakan suatu ruang yang memiliki nilai ekonomis dan politis satu kawasan. Penilaian risiko dilakukan untuk mendapatkan nilai probabilitas terjadinya kelongsoran, nilai kemungkinan kerusakan properti dan nilai kerugian bila terjadinya kelongsoran pada jalan simpang tanjung raya - tebing tinggi kabupaten empat lawang provinsi sumatra selatan.

BAB I

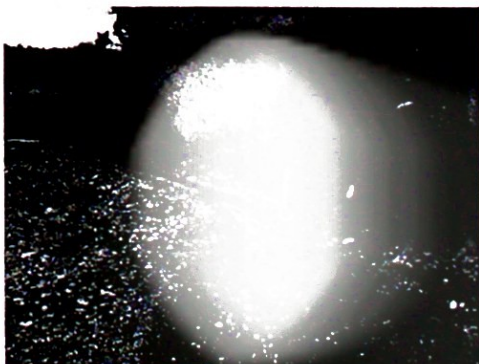
PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Melihat perkembangan perekonomian di Provinsi Sumatera Selatan yang semakin meningkat, dilihat dengan bertambahnya volume angkutan barang dan penumpang antar daerah, angkutan barang dan penumpang antar kota dalam provinsi serta angkutan barang dan penumpang antar kota antar provinsi, maka untuk mengatasi volume angkutan barang dan penumpang yang semakin meningkat tersebut, harus terdapat suatu prasarana jalan yang mampu menampung arus lalu lintas yang ada. Empat Lawang adalah salah satu daerah di Indonesia Khususnya di Sumatra Selatan yang memiliki daerah Perkebunan Rakyat yang cukup besar. Kegiatan Perkebunan ini telah berlangsung sejak lama yang dimulai pada zaman Belanda yang mengalkan perkebunan teh akhirnya dikembangkan secara besar-besaran oleh investor dan penduduk sekitar sehingga membutuhkan infrastruktur jalan yang harus dipenuhi hingga di daerah tersebut.

Daerah yang akan dijadikan lokasi sudah terbentuk lereng – lereng final atau akhir, akan tetapi karena kurangnya perawatan dan evaluasi lereng maka bentuk lereng sudah banyak yang menyatu antara lereng yang satu dengan yang lain. Namun setelah terjadi gerusan dan penurunan permukaan lereng lagi maka dilakukan lagi *improvement* dengan re-evaluasi kestabilan lereng. Selain itu proses beban lalu lintas yang mempengaruhi kestabilan lereng dibawahnya baik secara teknis maupun ekonomis. Pada saat pasca erosi dan longsor lereng – lereng tersebut harus tetap dijaga kestabilannya dengan menganalisis kemantapan untuk mencegah kelongsoran di waktu – waktu yang akan datang.



a. Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)



b. Lereng Individu (*Single Slope*)

Gambar I.1. Lereng jalan pada lokasi Jalan Simpang Tanjung Raya -
Tebing Tinggi Kabupaten Empat.

Pada jalan yang memiliki lereng yang memiliki kemiringan yg terjal dan terbuka dari gangguan iklim, gempa bumi dan penurunan tahanan geser tanah (creep). Jika lereng tidak stabil atau terlalu terjal dapat membahayakan jiwa manusia. Sehingga didalam re-analisa lereng jalan di kabupaten empat lawang didesain dengan menggunakan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan program komputer yaitu Program PLAXIS V 8. Penggunaan program PLAXIS V 8, ini dikarenakan program ini mampu menganalisis kemantapan lereng dengan pendekatan metode *Elemen Hingga*.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk mengurangi resiko kelongsoran yang berakibat fatal pada waktu lereng-lereng tersebut dilewati kendaraan berat dan digerus air hujan dan pengaruh eksisting dilakukan analisa kestabilan lereng. Analisa lereng yang digunakan adalah dengan metode *Elemen Hingga*. Penggunaan metode ini dikarenakan pada lokasi lereng yang longsor mempunyai kondisi batuan yang berlapis dan mengalami pelapukan dengan asumsi bidang longsor atau bidang gelincir berbentuk *circular* (busur lingkaran).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

1. Menentukan geometrik lereng jalan di lokasi Simpang Tanjung Raya - Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang
2. Menganalisa lereng dengan melakukan simulasi – simulasi final lereng berdasarkan parameter terbaru hasil penyelidikan dan parameter yang sudah ada di Kabupaten Empat Lawang . untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) menggunakan Program PLAXIS V 8 sehingga didapatkan suatu desain yang aman.

1.4 Ruang Lingkup

1.4.1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah pada penelitian ini adalah analisa kemantapan lereng untuk final slope jalan simpang tanjung raya - tebing tinggi kabupaten empat lawang Sumatra selatan.

1.4.2. Ruang Lingkup Penelitian

1. Perhitungan analisa kemantapan lereng dengan melakukan simulasi – simulasi *single slope* dan *overall slope* terhadap kondisi aktual menggunakan Program PLAXIS V 8 dengan input parameter aktual hasil penelitian dan parameter data yang selama ini digunakan oleh Dept P.U. Untuk Mengalisa keaman kelaikan jalan ini.
2. Melakukan optimalisasi lereng terhadap situasi aktual dengan batasan faktor keamanan lebih besar atau sama dengan 1,25 untuk simulasi *single slope* serta faktor keamanan lebih besar atau sama dengan 1,5 untuk simulasi *overall slope*.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

1. Bab 1. Pendahuluan
Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.
2. Bab 2. Tinjauan Pustaka
Membahas tentang pengertian lereng, longsoran, analisa stabilitas lereng yang berupa penjelasan tentang faktor keamanan dan metoda – metoda analisa kestabilan lereng, program PLAXIS V 8 dan teori – teori pendukungnya.
3. Bab 3. Metodologi
Membahas tentang metodologi penelitian, tahapan penelitian yang berisikan tinjauan lapangan, studi pustaka, pengumpulan data, analisa dan hasil survey, program PLAXIS V 8.
4. Bab 4. Hasil Analisa dan Pembahasan
Membahas tentang hasil simulasi dan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan Program PLAXIS V 8.
5. Bab 5. Kesimpulan dan Saran
Berisi kesimpulan dan saran dari penelitian analisa kelonsoran Jalan Simpang Tanjung Raya - Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang.

DAFTAR PUSTKA

Paulus f. Raharjo. O. Ph. D. 2000. *Uji Sondir Interpretasi dan Palikasi untuk perancangan pondasi. Uji Sondir 1994*. Universitas Katholik Parahyangan, Bandung.

Manual Plaxis 2D versi 8.2, 2007. Delfi University of Technologie & Plaxis b.v, Belanda.

Das, Braja M, 1990. *Principle of Geotechnical Engineering. Terjemahan oleh Noor Endah*
& Indra Surya B. Mochtar. Penerbit Erlangga, 1995

Irsyam, Masyhur. 1994, *Catatan Kuliah Rekayasa Pondasi*. Institut Teknologi Bandung,
Bandung

GWJ Fernandez. 1998. *Modul 4 Penentuan jenis kontruksi Jalan*, Pembuatan jalan di atas tanah lembek (Soft Soil). No.SC/08/1998. *Bahan Intruksional 1994*. Departemen jendral pekerjaan umum derekturat jendral bina marga, Jakarta.

Spesifikasi Penguat Tebing. 1998. No. II /S/BNKT/1998. *Bahan Intruksional 1994*. Departemen jendral pekerjaan umum derekturat jendral bina marga, Jakarta.

Kh Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil. Uji Sondir 1995*. Nova, Bandung.

Hardiyatmo Harry Christady. 1996. *Uji Teknik Pondasi 1*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,

Hardiyatmo Harry Christady. 1996. *Uji Teknik Pondasi 2*. Gramedia Pustaka Utama, Edisi Ke-2. Jakarta, 2002.

Hardiyatmo Harry Christady. 2007 . *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Edisi Ke-4. Yogyakarta.

Soetojo Moesdarjono. 2009. *Teknik Pondasi Pada lapisan batuan, Mekanika Tanah 2*, Institut Teknik Surabaya Press. Surabaya 2009.