

**LAPORAN PENELITIAN
PENGEMBANGAN IPTEK
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**ANALISIS STABILITAS LERENG DAN PENGARUHNYA
TERHADAP RUAS JALAN ISIMU-KWANDANG**

Oleh

Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng (Ketua Peneliti)

Frice L. Desei, S.T., M.Sc. (Anggota Peneliti)

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
OKTOBER 2012**

ABSTRAK

Bencana longsor tidak hanya menimbulkan kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum seperti jalan raya, lahan pertanian ataupun adanya korban manusia, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di daerah bencana dan sekitarnya. Untuk itu dalam perancangan yang aman dan ekonomis dari suatu lereng yang mengalami longsor, diperlukan suatu analisis stabilitas lereng. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai faktor aman dan besar penurunan dari lereng dan ruas badan jalan pada lereng yang tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan.

Lokasi penelitian ini dilakukan pada lereng di ruas jalan Isimu-Kwandang yang terletak antara Desa Iloponu dan Desa Labanu, Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo. Penyelidikan tanah dilakukan dengan pengujian *hand boring* di lapangan dan uji karakteristik material di laboratorium. Analisis numeris stabilitas lereng dilakukan dengan metode elemen hingga 2D pada lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan. Tinjauan titik penurunan dilakukan pada as jalan dan bahu jalan dengan variasi beban antara 10 ton sampai dengan 40 ton.

Faktor aman lereng tanpa perkuatan adalah $FS = 1,22 - 1,29$, sedangkan nilai FS_{ijin} adalah $1,2 - 1,5$. Faktor aman lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah adalah $FS = 1,82 - 2,24 > FS_{ijin}$, sedangkan pada lereng dengan pemodelan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur $FS = 1,90 - 2,58 > FS_{ijin}$. Penurunan pada lereng tanpa perkuatan adalah $76 - 183$ mm untuk titik tinjauan pada as jalan dan $45 - 59$ mm untuk titik tinjauan pada bahu jalan. Penurunan yang terjadi pada lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah adalah $70 - 161$ mm untuk titik pada as jalan dan $29 - 38$ mm untuk titik pada bahu jalan.

Kata kunci : longsor, stabilitas lereng, faktor aman dan penurunan

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Analisis Stabilitas Lereng dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang
2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap : Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng.
 - b. Jenis Kelamin : L/P
 - c. NIP : 19690313 200501 2 002
 - d. Jabatan Struktural : Sekretaris Jurusan
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor
 - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil
 - g. Pusat Penelitian : Lemlit-Universitas Negeri Gorontalo
 - h. Alamat : Jalan Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
 - i. Telepon/Faks : 0435-821183
 - j. Alamat Rumah : Jalan Gelatik No. 2 Kota Gorontalo
 - k. Telepon/Faks/E-mail : 081227287787/impatuti@yahoo.com
3. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
4. Pembiayaan
Jumlah biaya yang diajukan : Rp 8.750.000

Gorontalo, 15 Oktober 2012

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Peneliti

Ir. Rawiyah Husnan, M.T.
NIP. 19640427 199403 2 001

Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng.
NIP. 19690313 200501 2 002

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Fitryane Lihawa, M.Si.
NIP. 19691209 199303 2 001

IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Analisis Stabilitas Lereng dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng.
 - b. Bidang Keahlian : Teknik Sipil (Geoteknik)
 - c. Jabatan Struktural : Sekretaris Jurusan
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Unit Kerja : Fakultas Teknik–Univeritas Negeri Gorontalo
 - f. Alamat Surat : Jalan Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
 - g. Telepon/Faks : 0435-821183
 - h. E-mail : ipatuti@yahoo.com

3. Anggota Peneliti

No.	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Mata Kuliah yang Diampu	Instansi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Frice L. Desei S.T., M.Sc.	Teknik Sipil (Transportasi)	1. Pelaksanaan dan Pemeliharaan Jalan, 2. Perancangan Perkerasan Jalan, 3. Geometri Jalan	Univeritas Negeri Gorontalo	20 jam/minggu

4. Obyek Penelitian : Lereng dan Badan Jalan
5. Masa Pelaksanaan Penelitian :
- Mulai : April 2012
 - Berakhir : September 2012
6. Anggaran yang Diusulkan : Rp 8.750.000,-
7. Lokasi Penelitian : Ruas Jalan Isimu-Kwandang, Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontal
8. Hasil yang Ditargetkan : Untuk melakukan perancangan ulang lereng yang berpotensi dan telah longsor serta melakukan tindakan-tindakan pencegahan maupun perbaikan bila diperlukan
9. Keterangan Lain : -

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah atas rahmat Tuhan Yang Maha Kuasa, akhirnya telah dapat diselesaikan laporan penelitian ini yang berjudul “Analisis Stabilitas Lereng dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang”. Penyelesaian laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik moril maupun materiil, baik pribadi maupun kelembagaan. Oleh sebab itu, diucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dari awal sampai akhir penelitian ini, terutama kepada Lembaga Penelitian (Lemlit) Universitas Negeri Gorontalo atas bantuan dana BNPB.

Akhirnya, semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan Teknik Sipil.

Gorontalo, Oktober 2012

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
IDENTITAS PENELITIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Fokus Masalah	2
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Longsor	4
2.2 Analisis Stabilitas Lereng	5
2.3 Metode Perbaikan Stabilitas Lereng	11
2.4 Struktur Jalan	13
2.5 Jenis-jenis Kerusakan Jalan Akibat Bencana Alam.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Latar Penelitian	18
3.2 Pendekatan dan Jenis Penelitian	18
3.3 Kehadiran Peneliti	19
3.4 Data dan Sumber Data	19
3.5 Prosedur Pengumpulan Data	20
3.6 Pengecekan Keabsahan Data	20

3.7	Teknik Analisis Data	20
3.8	Tahap-Tahap Penelitian	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian.....	24
4.1.1	Kondisi Umum Lokasi.....	24
4.1.2	Hasil Penyelidikan Tanah	26
4.1.3	Analisis Stabilitas Lereng	27
4.2	Pembahasan	36
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN.....		37
5.1	Simpulan.....	37
5.2	Implikasi	38
5.3	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Penyelidikan Tanah	26
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Hand Boring.....	27
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sondir.....	27
Tabel 4.4. Data Input Material	28
Tabel 4.5. Penurunan dan Faktor Aman Lereng Tanpa Perkuatan	29
Tabel 4.6. Penurunan dan Faktor Aman pada Kondisi Eksisting dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah	31
Tabel 4.7. Penurunan dan Faktor Aman dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah (Beton Diangkur).....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Longsoran Rotasional (a) dan Longsoran Translasi (b)	5
Gambar 2.2.	Titik-titik pada Elemen Nyata atau Imajiner	8
Gambar 2.3.	Kombinasi Dinding Penahan Tanah dengan <i>Soil Nailing</i>	12
Gambar 3.1.	Lokasi Penelitian	18
Gambar 3.2.	Bagan Alir penelitian.....	22
Gambar 4.1.	Curah Hujan Tahun 2005 s/d Tahun 2010	25
Gambar 4.2.	Potongan Melintang Jalan	25
Gambar 4.3.	Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah Tanpa Perkuatan ...	30
Gambar 4.4.	Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Kondisi Eksisting)	32
Gambar 4.5.	Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah Beton Diangku	34
Gambar 4.6.	Hubungan Beban Lalulintas dengan Faktor Aman	35
Gambar 4.7.	Hubungan Beban Lalulintas dengan Penurunan.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengujian <i>Hand Boring</i> Titik BH 1	41
Lampiran 2	Hasil Pengujian <i>Hand Boring</i> Titik BH 2	42
Lampiran 3	Hasil Pengujian <i>Hand Boring</i> Titik BH 3	43
Lampiran 4	Hasil Pengujian Kadar Air 1.....	44
Lampiran 5	Hasil Pengujian Kadar Air 2.....	45
Lampiran 6	Hasil Pengujian Kadar Air 3.....	46
Lampiran 7	Hasil Pengujian Berat Jenis BH 1	47
Lampiran 8	Hasil Pengujian Berat Jenis BH 2	48
Lampiran 9	Hasil Pengujian Berat Jenis BH 3	49
Lampiran 10	Hasil Pengujian Triaxial (BH 2).....	50
Lampiran 11	Hasil Pengujian Geser Langsung.....	51
Lampiran 12	Dokumentasi.....	50
Lampiran 13	Biodata Ketua Peneliti.....	55
Lampiran 14	Biodata Anggota Peneliti.....	58
Lampiran 15	Surat Keputusan Rektor UNG No. 849/UN47/2012.....	
Lampiran 16	Desain Tembok Penahan Tanah	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Gerakan massa atau tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang paling sering terjadi pada daerah perbukitan di daerah tropis. Tanah longsor ini sering terjadi pada musim hujan yang disebabkan oleh adanya penambahan beban pada lereng, penggalian atau pemotongan kaki lereng, penggalian yang mempertajam kemiringan lereng, perubahan posisi muka air secara cepat, kenaikan tanah lateral oleh air, getaran atau gempa yang kadang menyokong kejadian tersebut.

Di Provinsi Gorontalo, khususnya pada ruas Jalan Isimu-Kwandang yang menghubungkan Kabupaten Gorontalo dan Gorontalo Utara setiap kali musim penghujan sering terjadi longsor. Seperti kejadian bulan Oktober 2010 yang lalu, dimana terdapat beberapa titik longsor mulai dari Desa Iloponu menuju Desa Labanu, Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo. Akibat dari bencana longsor ini mengakibatkan putusnya akses Jalan Isimu-Kwandang tersebut, dimana badan jalan mengalami kerusakan berat (ambblas). Saat ini telah dilakukan perbaikan dengan perkuatan dinding penahan tanah serta pemasangan batu dengan kawat bronjong, tetapi ada beberapa titik yang masih berpotensi untuk longsor. Bahkan ada lereng yang sudah diperkuat dengan dinding penahan tanah, mulai terjadi pergerakan massa secara horisontal.

Untuk menentukan metode perbaikan dan perkuatan lereng yang tepat, diperlukan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis ini berguna untuk mendukung perancangan yang aman dan ekonomis dari lereng tersebut. Untuk itu, pada lokasi ruas jalan Isimu-Kwandang perlu dilakukan analisis stabilitas lereng dan pengaruhnya terhadap badan jalan di sepanjang ruas jalan tersebut.

1.2 Fokus Masalah

Adapun yang menjadi fokus masalah dalam penelitian ini adalah longsor pada lereng yang menyebabkan terjadinya kerusakan dan penurunan pada ruas jalan, yaitu:

1. Lokasi penelitian dilakukan pada daerah longsor di Kecamatan Tibawa, tepatnya di Desa Iloponu, Desa Buhu dan Desa Labanu
2. Parameter tanah diambil dari data primer dan data sekunder
3. Simulasi numeris dilakukan dengan kondisi lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur

1.3 Perumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar faktor aman lereng tanpa perkuatan lereng?
2. Berapa besar faktor aman lereng dengan perkuatan lereng?
3. Berapa besar penurunan yang terjadi pada ruas badan jalan dengan tanpa perkuatan lereng?
4. Berapa besar penurunan yang terjadi pada ruas badan jalan dengan perkuatan lereng

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui besar faktor aman lereng tanpa perkuatan lereng.
2. Untuk mengetahui besar faktor aman lereng dengan perkuatan lereng.
3. Untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi pada ruas badan jalan dengan tanpa perkuatan lereng.
4. Untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi pada ruas badan jalan dengan perkuatan lereng.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui perilaku kestabilan lereng dan pengaruhnya terhadap ruas badan jalan Isimu-Kwandang.
2. Data penelitian ini diharapkan menjadi dasar acuan dalam pemilihan metode penanggulangan dan perbaikan lereng yang tepat.
3. Mencegah terjadinya bahaya bencana longsor dan menjaga kelestarian lingkungan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Longsor

Longsor merupakan suatu proses dalam pencapaian keseimbangan baru pada suatu lereng. Lereng yang tidak longsor atau lereng yang stabil merupakan lereng yang seimbang. Ketika muncul gangguan terhadap keseimbangan lereng, maka muncul suatu kondisi tidak seimbang. Ketika muncul ketidakseimbangan, lahirlah kondisi ketidakaturan, namun kondisi ketidakaturan tersebut adalah suatu upaya untuk mencari keseimbangan baru (Zakaria, 2010).

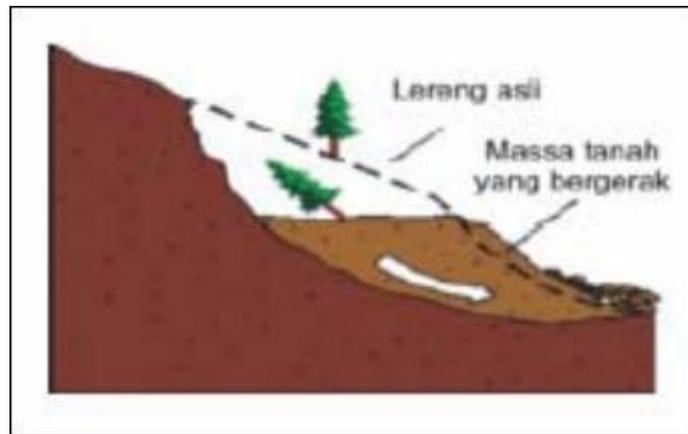
Adapun sebab-sebab longsor lereng alam yang sering terjadi (Hardiyatmo, 2006b) adalah:

- a. Penambahan beban pada lereng
- b. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng
- c. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng
- d. Perubahan posisi muka air secara cepat
- e. Kenaikan tekanan lateral oleh air
- f. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air di dalam tanah
- g. Getaran atau gempa bumi

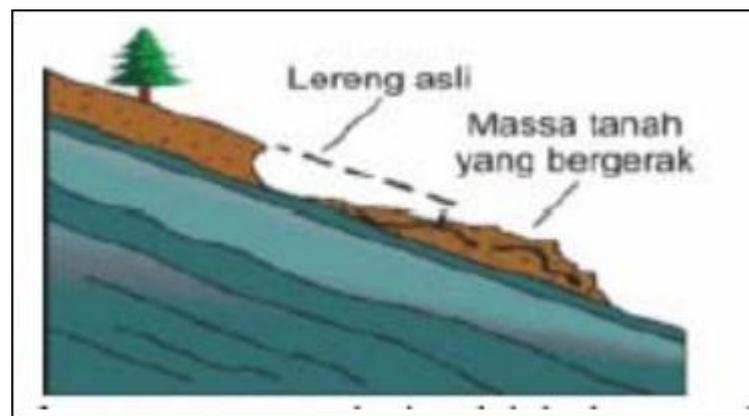
Berdasarkan geometri bidang gelincirnya, longsor dibedakan dalam dua jenis, yaitu longsor dengan bidang longsor lengkung atau longsor rotasional dan longsor dengan bidang gelincir datar atau longsor translasional (Gambar 2.1).

Tanda-tanda gerakan pada lereng jalan antara lain adalah tanah retak-retak, rel pengaman bergeser atau melengkung, lengkungan pada permukaan jalan, rontokan tanah dan batuan di atas permukaan jalan, cembungan di permukaan

lereng dan ambles di permukaan timbunan, pohon dan tiang listrik miring serta perubahan letak bangunan (Hardiyatmo, 2009).



a. Longsoran Rotasional



b. Longsoran Translasional

Gambar 2.1 Longsoran Rotasional (a) dan Longsoran Translasional (b)

2.2 Analisis Stabilitas Lereng

Hardiyatmo (2006b) menyatakan bahwa analisis stabilitas lereng umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas. Maksud dari analisis stabilitas adalah untuk mendukung perancangan yang ekonomis dan aman dari lereng. Analisis stabilitas lereng mempertimbangkan banyak faktor, diantaranya adalah topografi, geologi, dan sifat-sifat material.

Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu:

1. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang dua dimensi
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif
3. Tahanan geser dari massa tanah, di sembarang titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain, kuat geser tanah dianggap isotropis.

Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau :

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

F : faktor aman ($F_{ijin} = 1,2 - 1,5$),

τ : tahanan geser maksimum yang dapat digerakkan oleh tanah (kN/m^2),

τ_d : tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kuat geser yang dimobilisasi oleh tanah untuk menjaga keseimbangan (kN/m^2)).

Tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya dinyatakan dengan teori Mohr-Coulomb (Ambramson dkk, 2002).

$$\tau = c + \sigma \text{tg } \varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

c : kohesi (kN/m^2),

σ : tegangan normal (kN/m^2),

φ : sudut geser dalam ($^{\circ}$).

Gedney dan Weber (1985) menyatakan bahwa dalam semua kasus, kontrol kestabilan lereng ditentukan dari faktor aman:

1. Perbandingan antara gaya yang berusaha menahan terhadap gaya yang berusaha mendorong.
2. Perbandingan antara momen yang berusaha menahan dan momen yang berusaha mendorong ($F = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_d}$).
3. Perbandingan tegangan geser yang diizinkan dan rata-rata tegangan geser potensial yang terjadi sepanjang permukaan longsor.

Hardiyatmo (2006a) menyatakan bahwa, macam-macam metode atau cara yang bisa digunakan untuk analisis stabilitas lereng diantaranya adalah:

1. Diagram Taylor (cocok digunakan untuk tanah homogen)
2. Metode irisan (*method of slice*)
 - a. Metode Fellinius
 - b. Metode Bishop disederhanakan
 - c. Diagram Bishop dan Morgenstern
 - d. Diagram Morgenstern untuk kondisi penurunan muka air cepat
 - e. Diagram Spenser

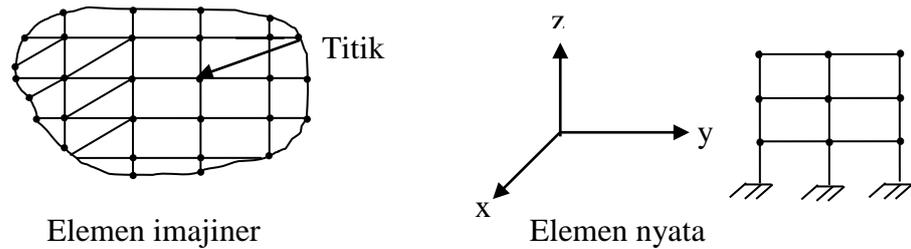
Metode irisan lebih cocok digunakan untuk tanah tidak homogen dan aliran rembesan yang terjadi di dalam tanah tidak menentu.

3. Metode elemen hingga (*finite element method*)

Metode ini dapat mengakomodasi pengaruh penimbunan dan penggalian secara bertahap, sehingga pengaruh sejarah tegangan dalam tanah terhadap deformasinya dapat ditelusuri. Dalam metode elemen hingga, tanah dimodelkan sebagai kumpulan elemen-elemen yang berlainan, dimana digunakan model elastoplastis tegangan dan regangan yang didasarkan pada konsep mekanika tanah (Jones, 1985).

Menurut Suhendro (2000), *Finite Element Method* dibagi dalam 5 (lima) langkah dasar sebagai berikut ini:

- a. *Discretizing* struktur menjadi elemen-elemen (nyata dan imajiner), dengan garis yang saling berpotongan di titik-titik nodal.



Gambar 2.2 Titik-Titik Nodal pada Elemen Nyata atau Imajiner

- b. Untuk setiap elemen, ditetapkan *approximate functions*-nya, dan diekspresikan komponen-komponen *displacement* u, v, dan w dalam:

$$u = \sum_{i=1}^n a_i \phi_i(x, y, z) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$v = \sum_{i=1}^n b_i \psi_i(x, y, z) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$w = \sum_{i=1}^n c_i \eta_i(x, y, z) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan memakai kondisi batas pada setiap titik nodal elemen, persamaan di atas dapat diubah menjadi :

$$\begin{aligned} u &= N_1 u_1 + N_2 u_2 + N_3 u_3 + \dots + N_{1m} u_m \\ v &= N_1 v_1 + N_2 v_2 + N_3 v_3 + \dots + N_{1m} v_m \quad \dots\dots\dots (2.6) \\ w &= N_1 w_1 + N_2 w_2 + N_3 w_3 + \dots + N_{1m} w_m \end{aligned}$$

dengan u, v, w adalah fungsi dari *nodal displacement*. Banyaknya m dipilih sesuai problem yang dihadapi. Persamaan (2.6) dapat ditulis dalam bentuk lain:

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & \dots & N_m & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_1 & N_2 & N_3 & \dots & N_m & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_1 & N_2 & N_3 & \dots & N_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \dots \\ u_m \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \dots \\ v_m \\ w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \dots \\ w_m \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = [N]\{d\}_e \tag{2.7}$$

dengan $[N]$: matriks fungsi bentuk (*shape functions matrix*),

$\{d\}_e$: elemen nodal *displacement* vektor.

Nodal displacements bisa berupa translasi, rotasi ataupun besaran yang lain pada masing-masing titik nodal. Hubungan antara *strain* dan *displacements* dapat ditulis sebagai:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} \text{ atau } \{\varepsilon\} = [D]\{v\} \tag{2.8}$$

dari Persamaan (2.7) dan (2.8) diperoleh:

$$\{\varepsilon\} = [D][N]\{d\}_e = [B]\{d\}_e \tag{2.9}$$

Energi potensial elemen total, π_e dapat ditulis:

$$\pi_e = \frac{1}{2} \{d\}_e^T \left(\iiint_v [B]^T [E][B] dv \right) \{d\}_e - \{d\}_e^T \left(\iiint_v [N]^T \{F\} dV + \iint_{S_1} [N]^T \{\phi\} ds + \{P_e\} \right) .. (2.10)$$

Persamaan keseimbangan elemen diperoleh dengan prinsip energi

potensial minimum, $\frac{\partial \pi_e}{\partial \{d\}_e} = 0$, sehingga diperoleh

$$\left(\iiint_v [B]^T [E][B] dv \right) \{d\}_e = \underbrace{\{P\}_e + \iiint_v [N]^T \{F\} dV}_{\text{Vektor beban akibat pengaruh}} + \underbrace{\iint_{S_1} [N]^T \{\phi\} ds}_{\text{Vektor beban akibat "surface"}} .. (2.11)$$



Vektor beban akibat *nodal forces*

Apabila *body force* maupun *surface tractions*, pengaruhnya diekivalensikan sebagai beban ekuivalen terpusat pada titik-titik nodal, maka Persamaan (2.11) menjadi

$$\left(\iiint_{vol} [B]^T [E][B] dV \right) \{d\}_e = \{P\}_e^* \dots (2.12)$$

dengan $\{P_e\}^*$ pada Persamaan (2.12) sudah mencakup semua pengaruh beban luar. Dari prinsip-prinsip metode matriks kekakuan diperoleh:

$$[k_l^e] \{d\}_e = \{P\}_e^* \dots (2.13)$$

dari Persamaan (2.12) dan (2.13), maka diperoleh

$$[k_l^e] = \iiint_{vol} [B]^T [E][B] dV \dots (2.14)$$

selanjutnya $[k_l^e]$ ditransformasikan ke sistim koordinat global $[k_g^e] = [T]^T [k_l^e] [T]$, demikian juga untuk vektor beban dan vektor *nodal displacement*:

$$\{P\}_{lokal} = [T] \{P\}_{global} \text{ dan } \{d\}_{lokal} = [T] \{d\}_{global}$$

- c. Seperti pada persamaan matriks kekakuan $[k_g^{(e)}] \{P\}_{global}^{(e)}$ maupun $\{d\}_{global}^{(e)}$ untuk setiap elemen dapat digabungkan menjadi $[K]$, $\{P\}$, dan $\{d\}$ dari

strukturnya, sehingga persamaan kesetimbangan struktur dalam sistim koordinat global menjadi : $[K].\{d\}=\{P\}$ (2.15)

- d. Persamaan (2.15) tersebut, setelah kondisi batas pada struktur diperhitungkan, dapat diselesaikan untuk memperoleh solusi nodal *displacements* dari struktur yang belum diketahui.
- e. Berdasarkan nodal *displacements* pada langkah d, besarnya tegangan, regangan, maupun gaya-gaya dalam untuk setiap elemen dapat dihitung sebagai berikut

$$(\sigma) = [E]\{\varepsilon\}^{(e)} = [E][B]\{d\}^{(e)} \quad \text{..... (2.16)}$$

$$\{\varepsilon\}^{(e)} = [B]\{d\}^{(e)} \quad \text{..... (2.17)}$$

Prinsip-prinsip yang telah diuraikan pada langkah a sampai dengan e tersebut di atas dikenal dengan nama *finite elements methods*, dan saat ini merupakan metoda numeris terbaik dan populer untuk menyelesaikan persoalan analisis struktur, baik statik maupun dinamik, bergeometri sederhana maupun kompleks, ataupun berdimensi 1, 2 dan 3.

2.3 Metode Perbaikan Stabilitas Lereng

Dalam Hardiyatmo (2006b) menyatakan bahwa perbaikan stabilitas lereng umumnya dilakukan untuk mereduksi gaya-gaya yang menggerakkan, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Gaya-gaya yang menggerakkan dapat direduksi dengan cara:

- a. Menggali material yang berada pada zona tidak stabil.
- b. Mengurangi tekanan air pori dengan mengalirkan air pada zona tidak stabil.

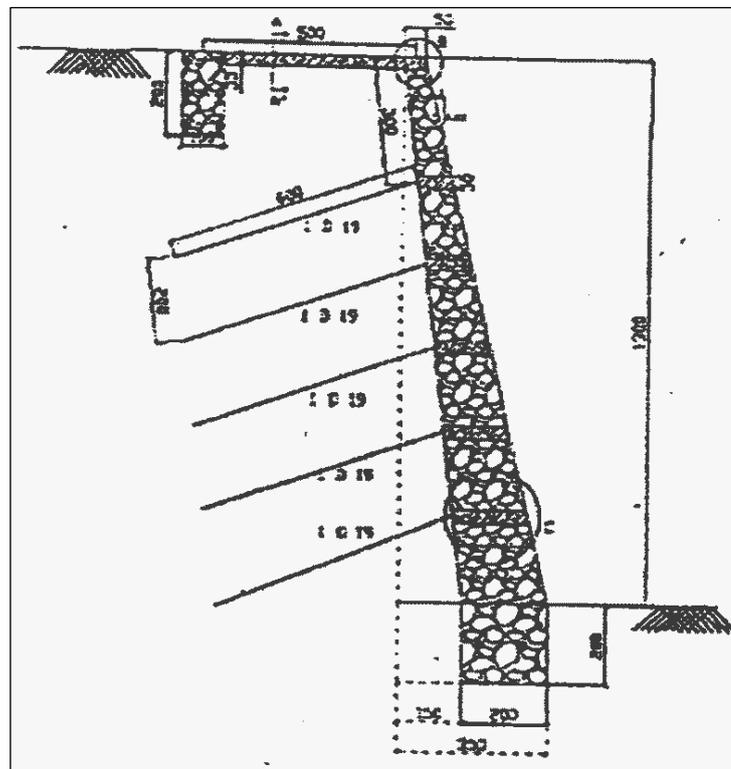
Macam-macam metode perbaikan lereng, antara lain adalah :

- a. Merubah geometri lereng
- b. Mengontrol drainase dan rembesan
- c. Pembuatan struktur untuk stabilisasi
- d. Pembongkaran dan pemindahan
- e. Perlindungan permukaan lereng

Maksud pembuatan bangunan untuk stabilisasi adalah untuk menambah gaya-gaya yang menahan kelongsoran. Hal ini biasanya dilakukan dengan cara meletakkan masa tanah/batuan atau dinding penahan di kaki lereng. Pembuatan struktur untuk stabilisasi meliputi pembuatan struktur berm, parit geser, dinding penahan, ataupun tiang-tiang (kaison).

Tipe-tipe struktur dinding penahan yang dapat digunakan untuk memperbaiki stabilisasi lereng meliputi struktur penyangga dari tanah atau batuan, dinding bronjong, dinding krib, dinding tanah bertulang, dinding gravitasi, dinding kantilever, dinding counterfort, dinding tiang baja dan dinding diangker (*tie-back*). Selain itu perkuatan lereng yang lain, diantaranya adalah:

1. Kombinasi konstruksi dinding penahan tanah dan *soil nailing* angker (Wahyuni dan Daryanto, 2006) seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kombinasi Dinding Penahan Tanah dengan *Soil Nailing*

2. Sistem Geosintetik Diangkur

Rustiani, dkk (2003) mengemukakan bahwa sistem geosintetik diangkur memiliki 3 (tiga) komponen utama, yaitu : ankur, pasir dan geosintetik. Dalam fungsinya sebagai pencegah kelongsoran pada sistem tersebut akan terjadi 3 (tiga) macam mekanisme transfer beban antara ankur dengan tanah, mekanisme transfer beban antara ankur dengan geosintetik, dan mekanisme transfer beban antara geosintetik dengan tanah.

2.4 Struktur Jalan

Bachnas dan Subarkah (2002) menyatakan tanah dalam kondisi alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang dari kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Untuk itu dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut perkerasan (*pavement*).

Perkerasan adalah lapisan kulit (permukaan) keras yang diletakkan pada formasi tanah setelah selesainya pekerjaan tanah, atau dapat pula didefinisikan, perkerasan adalah struktur yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah pondasi yang berada di bawahnya.

Perkerasan di atas tanah biasanya dibentuk dari beberapa lapisan yang relatif lemah dibagian bawah, dan berangsur-angsur lebih kuat dibagian yang lebih atas. Susunan yang demikian ini memungkinkan penggunaan secara lebih ekonomis dari material yang tersedia.

Fungsi perkerasan jalan, adalah:

1. Untuk memberikan permukaan rata/halus bagi pengendara
2. Untuk mendistribusikan beban kendaraan di atas formasi tanah secara memadai, sehingga melindungi tanah dari tekanan yang berlebihan.
3. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Karakteristik perkerasan bergantung tidak hanya pada sifat lalulintasnya, tetapi juga pada sifat-sifat tanah dimana perkerasan dibangun.

a. Jalan pada Tanah Asli

Hardiyatmo (2009) menyatakan bahwa bila jalan terletak pada tanah asli, maka umumnya tidak ada masalah penurunan akibat beban perkerasan, kecuali jika tanahnya sangat lunak. Namun, bila tanah asli tidak memenuhi syarat daya dukung, maka harus dilakukan perbaikan tanah atau penggantian tanah. Dalam beberapa hal, bila bagian permukaan tanah asli yang berfungsi sebagai tanah dasar daya dukungnya kurang, maka dapat dilakukan pemadatan untuk menambah daya dukungnya. Namun, jika setelah dipadatkan nilai daya dukung tetap tidak tercapai, maka dapat dilakukan penggantian tanah, perbaikan atau stabilisasi tanah. Perbaikan tanah dasar ini tebalnya sesuai dengan tebal yang dibutuhkan untuk persyaratan tanah dasar, yaitu sekitar 60 sampai 90 cm di bawah dasar perkerasan rencana.

b. Jalan pada Tanah Timbunan

Struktur timbunan jalan harus dirancang dan dibangun agar lereng timbunan tidak longsor, dan penurunan timbunan harus tidak berlebihan. Kelongsoran lereng timbunan yang melebar dapat merusak perkerasan di sepanjang jalan. Namun umumnya hal ini jarang terjadi karena longSORAN hanya bersifat lokal, dimana tanah pondasi jalan bergerak ke luar dan ke bawah. Kejadian ini sering dijumpai, bila jalan dibangun terlalu dekat dengan tepi atas timbunan, sebagai akibat pelebaran jalan. Pada kasus perkerasan beton, hal ini akan berakibat timbulnya retakan arah memanjang di sambungan pada sumbu jalan dan penurunan pelat beton.

Penurunan timbunan adalah hasil dari:

1. Kompresi tanah timbunannya sendiri.
2. Konsolidasi tanah (penurunan) dari pondasi timbunan.

Kompresi tanah timbunan disebabkan oleh keluarnya udara dari rongga pori tanah oleh akibat berat perkerasan jalan dan berat sendiri lapisan tanah timbunan yang tinggi. Kompresi timbunan ini dapat direduksi dengan pemadatan yang baik saat pembangunannya. Hal yang sangat penting adalah mencegah adanya penurunan tak seragam (*differential settlement*) yang terjadi pada waktu pendek, karena dapat mengakibatkan kerusakan perkerasan jalan, terutama pada perkerasan beton. Penurunan tak seragam sangat sering terjadi pada tempat-tempat di mana terdapat perubahan mendadak tinggi timbunan, contohnya di dekat jembatan layang atau dimana pemadatan timbunan sangat sulit, seperti di bagian pangkal jembatan.

Untuk itu, pemadatan material timbunan sangat penting dalam pekerjaan timbunan. Pemadatan yang baik sangat dianjurkan, karena:

1. Mereduksi penurunan akibat kompresi timbunannya sendiri.
2. Menambah stabilitas lereng timbunan.
3. Mereduksi kecenderungan tanah timbunan dalam menyerap air.

Timbunan memerlukan pondasi yang stabil, seperti halnya bangunan-bangunan yang lain. Jika tanah di bawah timbunan berupa gambut atau lempung lunak, berat dari timbunan menyebabkan terjadinya penurunan akibat konsolidasi tanah. Dalam kasus yang lebih ekstrim, penurunan berlebihan dapat berlanjut dengan terjadinya keruntuhan tanah. Hal ini ditandai dengan penurunan timbunan secara tiba-tiba yang diikuti dengan kenaikan permukaan tanah pada jarak tertentu disekitar kaki timbunan.

c. Jalan pada Galian

Hal yang paling penting dalam area jalan di daerah galian adalah masalah stabilitas lereng. Kemungkinan terjadinya longsoran, lebih besar di daerah galian daripada timbunan karena dalam area galian rembesan air akan menuju lereng.

Lempung dan tanah-tanah lain yang tinggi sekali kompresibilitasnya akan mengembang secara signifikan ketika tekanan *overbuden*-nya disingkirkan atau dibongkar. Jalan yang dibangun pada tanah lempung, ketika berat material (tanah) yang berada di atasnya dibongkar, maka permukaannya akan naik dari elevasi awalnya. Bergantung pada berat material yang dibongkar, kenaikan tanah lempung bisa sampai 10 cm atau lebih.

Masalah yang timbul pada daerah galian adalah pelaksanaan penggaliannya. Kesulitan penggalian dapat diantisipasi dengan membuat survey tanah detail di area galian. Survei tanah dapat membantu tiga hal, yaitu:

1. Jenis tanah yang ditemui saat penggalian dapat diidentifikasi, dengan demikian memungkinkan untuk menentukan cara penggalian yang cocok.
2. Dengan diketahuinya jenis tanah, dapat ditentukan kemiringan lereng yang sesuai.

Elevasi muka air tanah dapat diperoleh sehingga membantu dalam perancangan penanganan drainase.

2.5 Jenis-jenis Kerusakan Jalan Akibat Bencana Alam

Hardiyatmo (2009) mengatakan bahwa bentuk kerusakan jalan yang diakibatkan oleh bencana alam perlu diketahui. Hal ini sangat diperlukan untuk mengatasi secara sementara maupun nanti yang akan digunakan secara permanen.

Jalan tidak dapat berfungsi bukan hanya karena kerusakan, tetapi jalan juga tidak dapat berfungsi karena terjadinya aliran arus air yang melintasi jalan akibat banjir, atau terputusnya saluran drainase pada lokasi tertentu.

Bentuk kerusakan yang mungkin terjadi pada jalan akibat bencana alam ada beberapa macam, antara lain:

1. Jalan tertimbun akibat longsoran tebing. Longsor tanah dapat menimbun atau menutupi sebagian permukaan jalan atau seluruh permukaan jalan.

2. Jalan mengalami kelongsoran. Kelongsoran yang terjadi dapat seluruh badan jalan atau sebagian dari badan jalan. Tebing tidak mampu menahan berat tanah dan berat badan jalan. Hal ini akan terjadi akibat dari guncangan gempa atau meningkatnya kandungan air pada tanah lereng tebing.
3. Badan jalan terputus secara melintang jalan atau terjadi patahan pada badan jalan. Hal ini dapat terjadi biasanya akibat gempa bumi.
4. Badan jalan terbelah pada arah memanjang jalan. Hal ini terjadi akibat gempa bumi atau tebing penyangga badan jalan mengalami longsor.

Pada daerah dataran rendah bencana alam yang sering terjadi adalah berupa banjir. Akibat banjir dapat memutuskan hubungan transportasi darat dari suatu wilayah ke wilayah lain.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Latar Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lereng yang mengalami longsor dengan lokasi penelitian adalah pada ruas Jalan Isimu-Kwandang, yang menghubungkan Kabupaten Gorontalo dan Kabupaten Gorontalo Utara (Gambar 3.1). Akibat sering adanya longsor sepanjang lereng pada ruas jalan ini, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada badan jalan. Adapun waktu penelitian adalah selama 6 (enam) bulan.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

3.2 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Pendekatan penelitian yang dipilih adalah pendekatan kualitatif dikarenakan data-data yang diperlukan berupa informasi yang tidak perlu dikuantitatifkan.

Jenis penelitian dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif dimana pengkajian yang dihasilkan berupa data deskriptif. Penelitian ini adalah *field research* (penelitian lapangan) dimana penelitian ini menitikberatkan pada hasil pengumpulan data dari lapangan dan laboratorium yang kemudian diolah dan dianalisis.

3.3 Kehadiran Peneliti

Dalam melakukan penelitian ini peneliti turun langsung ke lapangan, untuk melakukan penyelidikan dan pengambilan sampel tanah dan kemudian dilakukan pengujian di laboratorium, sehingga diharapkan data yang dihasilkan benar-benar sesuai harapan.

3.4 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang diperoleh dari:

- a. Data sekunder adalah data yang diperoleh berupa data umum lokasi, topografi dan data geologi serta data penyelidikan sondir dan *boring* yang digunakan sebagai data pembanding.
- b. Data primer yaitu berupa data lapangan dan data laboratorium. Data lapangan adalah berupa survei lalu lintas dan penyelidikan tanah yang diperoleh dari pengujian *hand boring* serta pengukuran dimensi lereng dan ruas badan jalan. Data laboratorium berupa pengujian karakteristik dan sifat-sifat tanah seperti kadar air, berat jenis, berat volume, kohesi dan sudut geser diperoleh melalui pengujian kadar air, berat jenis, triaxial dan pengujian geser langsung. Parameter lain dari karakteristik material diambil secara empiris.

3.5 Prosedur Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan penggabungan antara observasi dan dokumentasi. Adapun prosedur pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan penyelidikan tanah di lapangan dengan pengujian *hand bor* sekaligus mengambil sampel tanah berupa tanah terganggu dan tanah tak terganggu
- b. Melakukan survei kendaraan yang melewati ruas Jalan Isimu-Tibawa
- c. Mengukur dimensi lereng dan geometri jalan
- d. Melakukan pengumpulan data sekunder dari instansi terkait tentang informasi/data gambaran umum lokasi dan data penyelidikan tanah di sekitar lokasi
- e. Melakukan pengujian sampel tanah di laboratorium mekanika tanah untuk mendapatkan parameter sifat-sifat fisik dan teknis dari material tanah tersebut.

3.6 Pengecekan Keabsahan Data

Untuk mendapatkan keabsahan data, dilakukan pengecekan dengan metode triangulasi sumber dan triangulasi teknik. Triangulasi sumber yaitu menguji kredibilitas data dilakukan dengan cara mengecek data yang telah diperoleh melalui beberapa sumber, sedangkan triangulasi teknik adalah menguji kredibilitas data dilakukan dengan cara mengecek data kepada sumber yang sama dengan teknik yang berbeda. Selain itu digunakan bahan referensi sebagai pendukung untuk membuktikan keabsahan data yang telah ditemukan.

3.7 Teknik Analisis Data

Pengolahan data dianalisis dengan menggunakan metode elemen hingga dua dimensi. Untuk memudahkan analisis, dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Plaxis v8.2*. Perangkat lunak ini dikhususkan untuk melakukan analisis deformasi

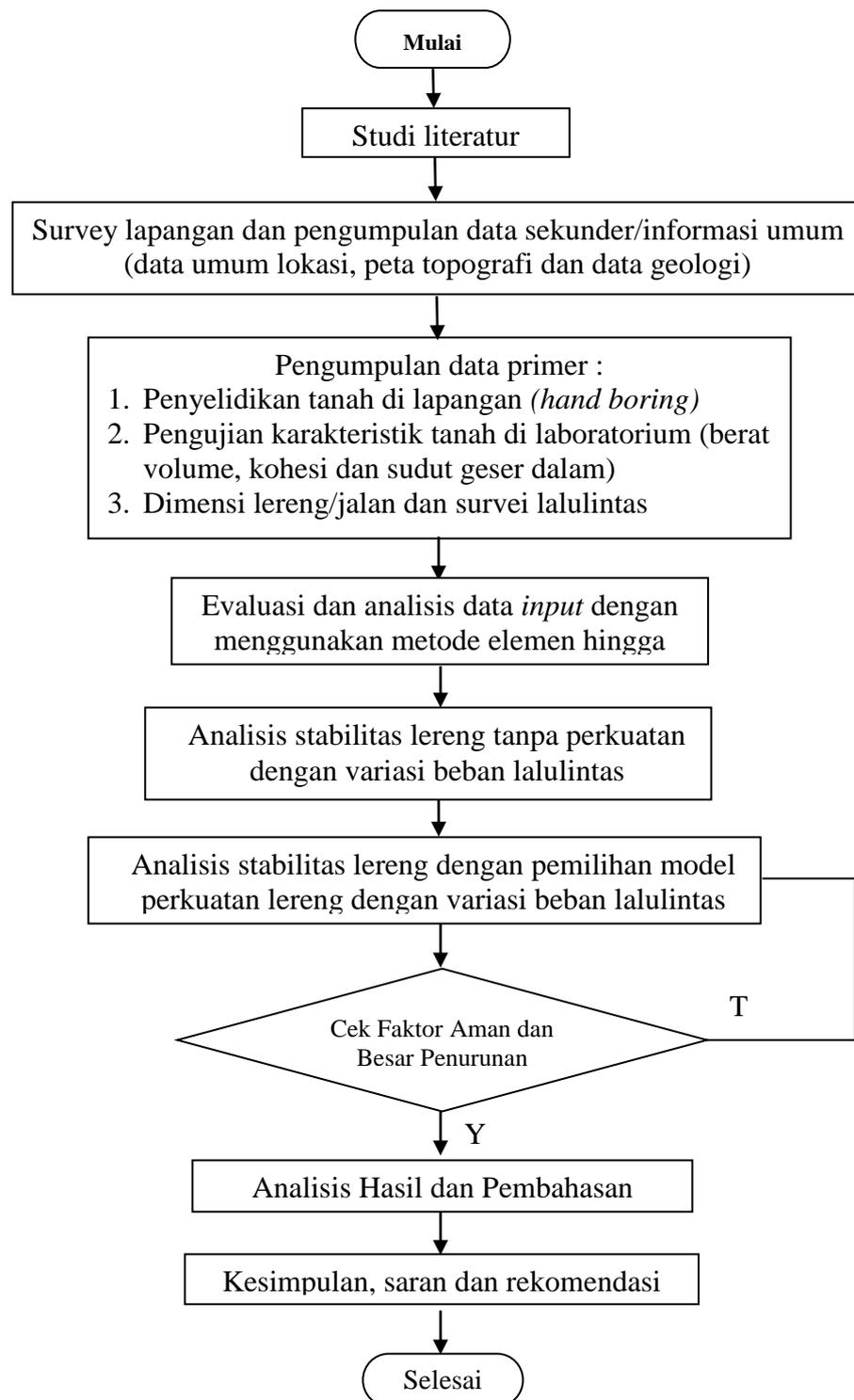
dan stabilitas berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik dengan fitur-fitur penting sebagai berikut:

1. Masukan berupa pelapisan tanah, elemen-elemen struktur, tahapan konstruksi, pembebanan serta kondisi-kondisi batas dilakukan dengan menggunakan prosedur grafis, sehingga jaring elemen hingga 2D dengan mudah dibentuk.
2. Elemen segitiga ordo ke empat dengan 15 buah titik nodal untuk memodelkan deformasi dan kondisi tegangan dalam tanah
3. Elemen antarmuka atau elemen penghubung dapat digunakan untuk memodelkan interaksi tanah-struktur.
4. Elemen pegas elastoplastis digunakan untuk memodelkan penjangkaran dan penopang horisontal.
5. Model Mohr-Coulomb dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan dengan menggunakan reduksi ϕ - c' .
6. Faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan beban runtuh terhadap beban kerja.

3.8 Tahap-Tahap Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.2 sebagai berikut:

1. Kunjungan lokasi dan pengumpulan data sekunder dan primer. Data sekunder berupa data umum lokasi, topografi dan data geologi yang diperoleh dari instansi terkait setempat. Untuk memperoleh data primer sifat-sifat atau karakteristik dari tanah/batuan, dilakukan penyelidikan tanah baik di lapangan maupun di laboratorium. Pengujian yang akan dilakukan di lapangan adalah pengujian *hand boring* sebanyak 3 titik, sekaligus pengukuran dimensi lereng dan dimensi ruas badan jalan. Selain itu dilakukan juga survei lalu lintas. Pengujian material tanah di laboratorium dilakukan untuk memperoleh parameter kadar air, berat jenis, berat volume tanah, kohesi dan sudut geser dalam.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

2. Setelah itu dilakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode elemen hingga dua dimensi. Pemodelan elemen hingga dengan menggunakan bantuan perangkat lunak komputer yang dilakukan dengan idealisasi *plain strain*. Analisis stabilitas dilakukan pada lereng tanpa dan dengan perkuatan, dengan melihat nilai faktor aman lereng dan penurunan (perpindahan vertikal) yang terjadi pada ruas badan jalan tersebut. Tinjauan analisis dilakukan dengan variasi beban lalulintas 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton.
3. Setelah dilakukan kalkulasi, diperoleh hasil yang logis dan benar, yang diinterpretasikan dalam bentuk gambar dan grafik. Hasil dianggap benar apabila perilaku telah sesuai dengan teori yang ada atau membandingkan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya.
4. Kesimpulan diambil berupa hasil interpretasi dari hasil analisis stabilitas lereng

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

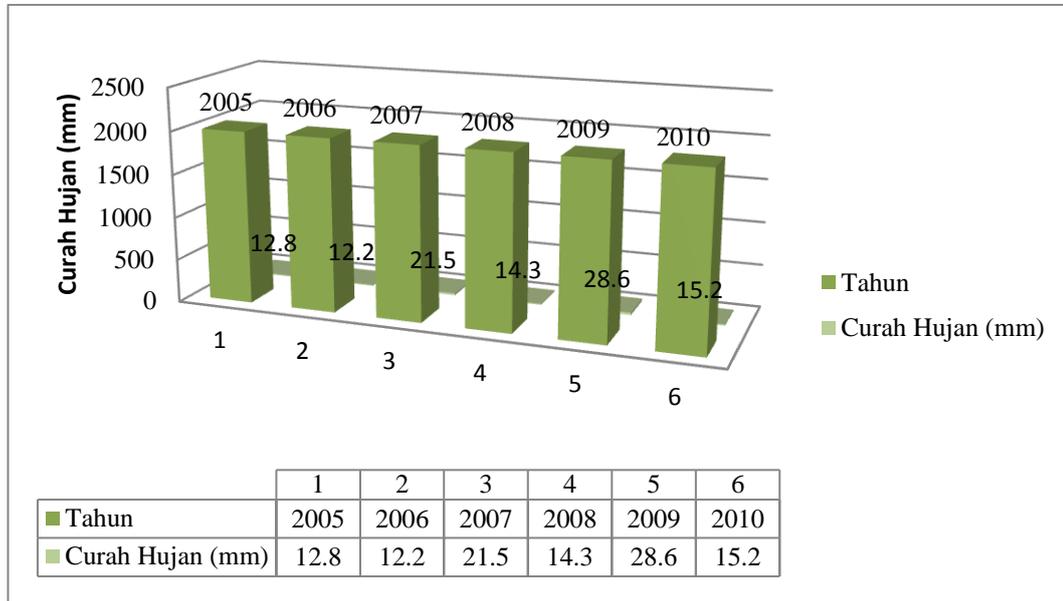
4.1.1 Kondisi Umum Lokasi

Geologi umum daerah Kabupaten Gorontalo disusun oleh batuan dengan urutan stratigrafi sebagai berikut: batuan beku berupa: gabro, diorit, granodiorit, granit, dasit dan munzonit kwarsa. Batuan piroklastik berupa: lava basalt, lava andesit, tuf, tuf lapili dan breksi gunungapi. Batuan sedimen berupa: batupasir wake, batulanau, batupasir hijau dengan sisipan batu gamping merah, batugamping klastik dan batugamping terumbu, endapan danau, sungai tua dan endapan alluvial. Endapan lempung aluvial Sungai Alo umumnya berwarna abu-abu kehijauan sampai agak kecoklatan, plastis, relatif lunak.

Bahan galian yang dijumpai di Kabupaten Gorontalo: sirtu, batugamping, basal, gipsum, felspar, lempung, andesit, toseki, granit, krisopas, dan logam (emas, perak dan tembaga). Toseki ini umumnya berwarna putih kekuningan dan kecoklatan hingga agak keabu-abuan, terdapat noda-noda agak merah kecoklatan sebagai hasil pelapukan dari oksida besi, masif, keras dan relatif mudah pecah bila dipalu, menunjukkan pola kekar yang sangat intensif. Batuan/bahan galian keramik ini terdapat pada satuan batuan yang telah mengalami ubahan pada alur-alur zona ubahan hidrothermal. Endapan toseki dijumpai di Desa Labanu, Kecamatan Tibawa, merupakan ubahan hidrothermal dari satuan tufa pada batuan gunungapi, mempunyai sumber daya kurang lebih 5.000.000 ton (<http://www.dim.esdm.go.id>, 9 Februari 2011).

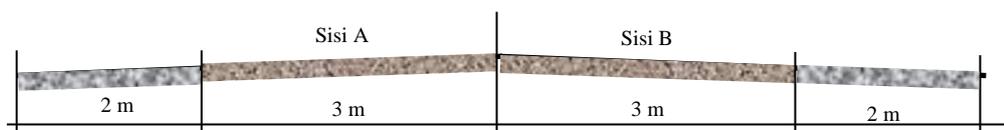
Kondisi wilayah Kabupaten Gorontalo yang letaknya di dekat garis khatulistiwa, menjadikan daerah ini mempunyai suhu udara yang cukup panas. Adapun curah hujan tahun 2005 s/d tahun 2010 yang diperoleh dari stasiun

Djalaluddin seperti pada Gambar 4.1. Curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebesar 28,6 mm.



Gambar 4.1. Curah Hujan Tahun 2005 s/d Tahun 2010

Ruas jalan Isimu-Kwandang merupakan jalan nasional dengan klasifikasi jalan adalah jalan arteri, kelas I dengan muatan sumbu terberat maksimum > 10 ton dan medan jalan umumnya berbukit (Saodang, 2004). Adapun potongan melintang ruas jalan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Potongan Melintang Jalan

Berdasarkan survei dan pengamatan di lapangan, arus lalu lintas maksimum terjadi pada akhir dan awal minggu dengan jumlah kendaraan 292 smp/jam. Jenis kendaraan yang paling banyak melewati ruas jalan Isimu-Kwandang adalah

kendaraan ringan dengan jumlah 111 smp/jam, sedangkan kendaraan berat dan menengah sebanyak 13 smp/jam.

4.1.2 Hasil Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan dengan melakukan pengujian di lapangan dan di laboratorium. Pengujian di lapangan dilakukan dengan pengujian *hand boring*. Pengujian di laboratorium yang dilakukan adalah pengujian berat jenis, kadar air, pengujian triaxial, pengujian geser langsung. Parameter yang lain diambil secara empiris. Adapun hasil penyelidikan tanah pada 3 (tiga) titik pengujian seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Pada titik BH3, sampel tanah tidak diuji lagi nilai kohesi dan sudut gesernya, karena dengan asumsi karakteristi tanahnya sama dengan karakteristik tanah pada titik BH 2.

Tabel 4.1. Data Penyelidikan Tanah

No.	Parameter	Sat	No Bor/Kedalaman/Jenis Material			
			BH 1	BH 2		BH 3
			0,40 - 0,60	0,00-0,20	2,20 – 2,40	0,80 – 1,00
			Pasir Berlempung	Pasir Berlempung	Lempung	Pasir Berlempung
1	Berat Jenis, G_s	-	3,35	3,01	2,35	2,20
2	Kadar Air, w	%	6,16	11,5	29,93	19,44
3	Berat Volume Basah, γ_b	kN/m ³	15,86	15,86	19,91	-
4	Berat Volume Kering, γ_d	kN/m ³	15,01	15,01	17,16	-
5	Angka Pori, e		0,28	0,21	0,34	-
6	Sudut Geser Dalam, ϕ	°	36,01	34,58	27	-
7	Kohesi, c	kN/m ²	42,46	10	39,23	-
8	Modulus Elastisitas, E	kN/m ²	50.000	20.000	6500	-
9	Angka Poisson, ν	-	0,2	0,3	0,2	-
10	Koefisien Permeabilitas, k_x, k_y	m/hr	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-7}$	-

Sumber: Hasil Perhitungan (2012)

Untuk data sekunder penyelidikan tanah berupa pengujian hand bor dan pengujian sondir, dapat dilihat dalam Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Hand Boring* (PT Satyakarsa Mudatama, 2010)

Titik	Lokasi	Kedalaman (m)	Jenis Tanah dan Deskripsi
BT 1	Jembatan	0,20 – 1,60	Pasir Kelanauan Coklat
	Alopohu	1,80 – 2,80	Lempung Kelanauan Coklat
		3,00 – 5,00	Lempung Padat Kuning
BT 2	Jembatan	0,20 – 1,20	Lempung Kelanauan Lembek Kuning
	Alopohu	1,40 – 2,00	Lempung Kelanauan Coklat
		2,20 – 3,60	Lempung Kelanauan Kenyal Kuning
		3,80 – 5,00	Lempung Padat Hijau
BT 3	Jembatan	0,20 – 0,60	Lempung Kelanauan Coklat
	Alopohu	0,80 – 2,00	Lempung Kelanauan Kenyal Coklat
		2,20 – 5,00	Pasir Kelanauan atau Lempung, Padat Hijau

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sondir (PT Satyakarsa Mudatama, 2010)

Titik	Lokasi	Kedalaman (m)	Penetrasi Konus, q_c (kg/cm ²)	Total Friction, F (kg/cm ²)
S1	Jembatan	5,00- 7,20	100 - 150	200 - 295
	Alopohu	7,20 -9,20	150 - 200	295 - 420
S2	Jembatan	4,40 – 6,40	80 - 100	140 - 255
	Alopohu	6,40 – 9,20	100 - 150	255 - 400
		9,20 11,00	150 - 200	400 - 495
S3	Jembatan	5,80 – 8,20	100 - 150	240 - 260
	Alopohu	8,20 – 11,40	150 - 200	260 - 500

4.1.3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan simulasi numeris menggunakan perangkat lunak *Plaxis v8.2*. Adapun data input dan data properties material yang digunakan dalam analisis ini seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data *Input* Material

No	Deskripsi	Simbol	Sat.	Lempung	Pasir Berlempung	Pasir Urugan	Batu Pecah	Pasangan Batu Kali	Asphalt Concrete	Beton	Angkur Dia.25
1	Model Material	-	-	<i>Mohr Coulomb</i>	<i>Mohr Coulomb</i>	<i>Mohr Coulomb</i>	<i>Mohr Coulomb</i>	<i>Linear Elastic</i>	<i>Linear Elastic</i>	<i>Linear Elastic</i>	-
2	Jenis perilaku material	-	-	<i>Undrainead</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Non Porous</i>	<i>Non Porous</i>	<i>Non Porous</i>	<i>Elastic</i>
3	Berat isi tanah diatas mat	γ_{unsat}	kN/m ³	17,16	15,01	15,01	18,6	22	22,5	24	-
4	Berat isi tanah di bawah mat	γ_{sat}	kN/m ³	19,91	15,86	15,86	21,6	-	-	-	-
5	Kohesi	c	kN/m ²	39,23	10	8	43	-	-	-	-
6	Sudut geser	φ	°	27	35	36	40	-	-	-	-
7	Sudut dilantasi	ψ	°	0	5	6	10	-	-	-	-
8	Permeabilitas										
	- Horisontal	k_x	m/hari	0,086	8,64	8,64	86,4	-	-	-	-
	- Vertikal	k_y	m/hari	0,086	8,64	8,64	86,4	-	-	-	-
10	Modulus Elastisitas	E	kN/m ²	6500	20.000	50.000	15.000	980.000	4300	19.750.000	2.100.000
11	Angka Poisson	μ	-	0,2	0,3	0,28	0,3	0,15	0,15	0,15	0,3
12	Kekakuan Normal	EA	kN/m ²	-	-	-	-	-	-	-	1031
13	Kekakuan Lentur	EI	kN/m ² /m	-	-	-	-	-	-	-	0,04027
14	Berat	W	kN/m/m	-	-	-	-	-	-	-	0,038
15	Rayleigh	α		-	-	-	-	-	-	-	0,001
		β		-	-	-	-	-	-	-	0,01

Data yang dimasukkan disesuaikan dengan data standar dalam teori dan manual *Plaxis v8.2*. Hasil analisis stabilitas lereng dan pengaruhnya terhadap ruas jalan, ditinjau dari nilai penurunan dan faktor aman dengan variasi beban lalu lintas 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Titik tinjauan penurunan dilakukan pada tengah/as jalan dan pada bahu jalan.

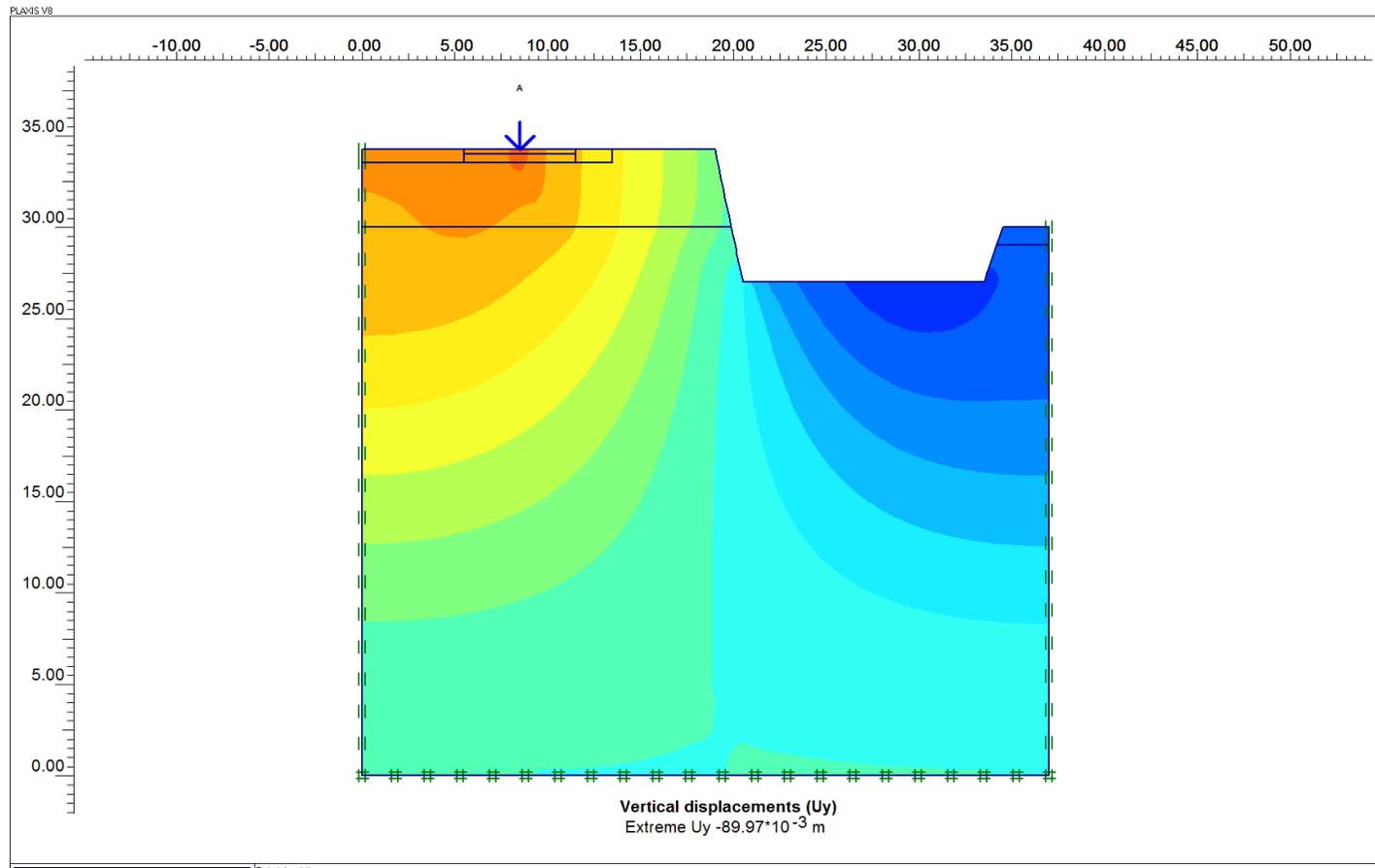
4.1.3.1 Lereng Tanpa Perkuatan

Hasil analisis penurunan (*displacement vertical*) dan faktor aman pada lereng dengan tanpa perkuatan seperti dijelaskan dalam Tabel 4.5. Nilai faktor aman berkisar antara 1,22 – 1,29, sedangkan nilai penurunannya berkisar antara -76 sampai dengan -183 mm pada as jalan (pusat beban) dan -45 sampai dengan -59 mm pada bahu jalan. Tanda negatif pada nilai perpindahan vertikal menggambarkan arah perpindahannya, yakni ke arah bawah (terjadi penurunan). Semakin besar beban lalu lintas, semakin besar penurunan yang terjadi dan faktor aman semakin kecil.

Tabel 4.5 Penurunan dan Faktor Aman Lereng Tanpa Perkuatan

Beban Lalu lintas (ton)	Penurunan (mm)		Faktor Aman
	As Jalan	Bahu Jalan	
10	-76	-45	1.29
20	-106	-50	1.28
30	-141	-54	1.24
40	-183	-59	1,22

Adapun geometri lereng tanpa perkuatan dan perilaku lapisan tanah akibat adanya beban lalu lintas, dapat dilihat dalam Gambar 4.3. Warna menggambarkan tingkatan perpindahan yang terjadi. Warna biru memberikan gambaran nilai perpindahan vertikal yang paling kecil (minimum), sedangkan warna merah memberikan gambaran nilai perpindahan vertikal yang paling besar (maksimum).



Gambar 4.3 Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah Tanpa Perkuatan

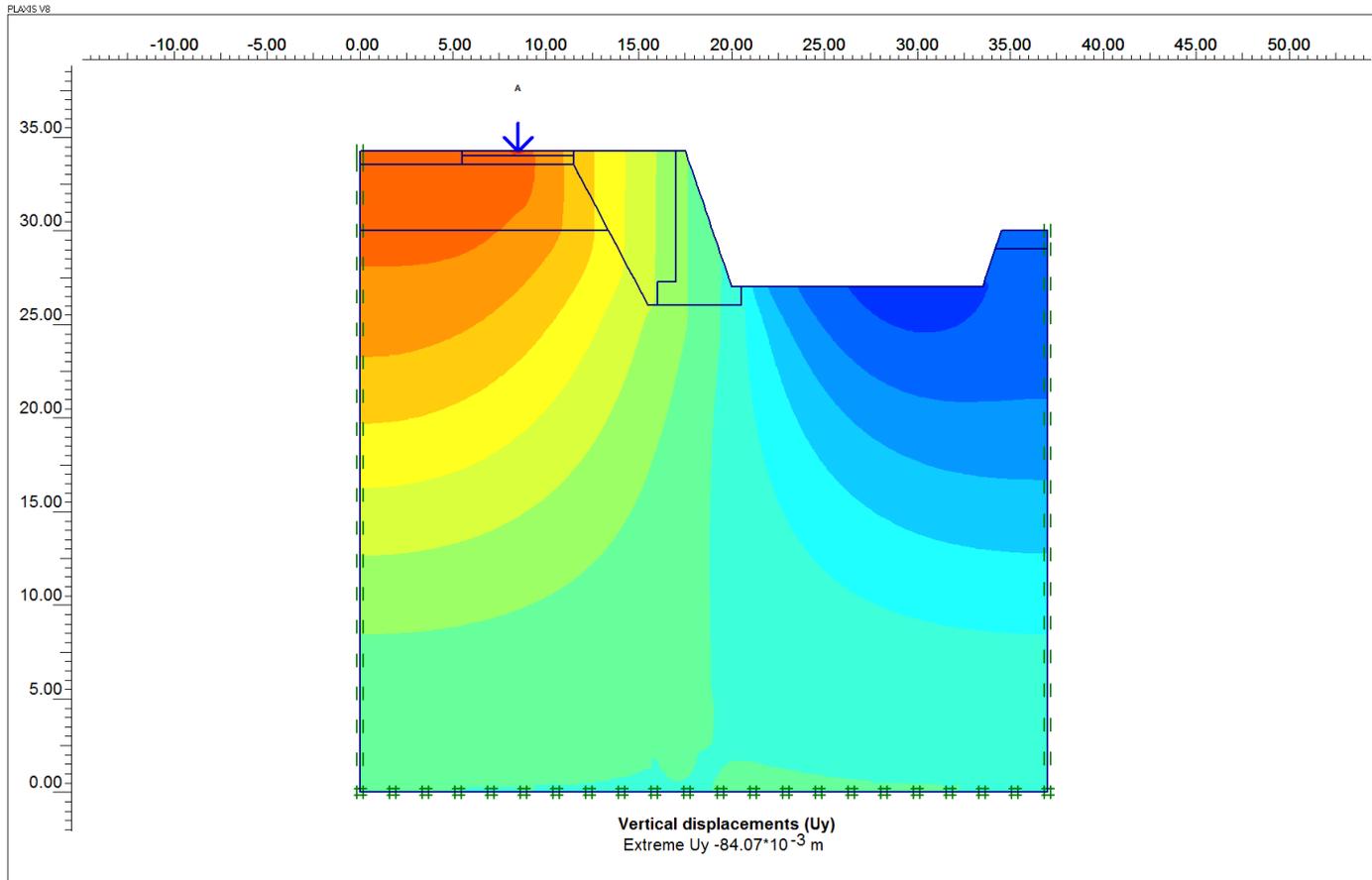
4.1.3.2 Lereng dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah Tipe Gravitasi (pada Kondisi Eksisting)

Analisis penurunan dan faktor aman pada lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah (kondisi eksisting) dapat dilihat dalam Tabel 4.6. Nilai faktor aman berkisar antara 1,82 – 2,64, sedangkan nilai penurunannya berkisar antara -71 mm sampai dengan -161 mm pada as jalan (pusat beban) dan -30 mm sampai dengan -38 mm pada bahu jalan.

Tabel 4.6 Penurunan dan Faktor Aman pada Kondisi Eksisting dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah

Beban Lalulintas (ton)	Penurunan (mm)		Faktor Aman
	As Jalan	Bahu Jalan	
10	-71	-30	2,24
20	-96	-33	2,21
30	-126	-36	2,02
40	-161	-38	1,82

Geometri lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah tipe gravitasi (kondisi eksisting) dan perilaku lapisan tanah akibat adanya beban lalulintas, dapat dilihat dalam Gambar 4.4. Warna menggambarkan tingkatan perpindahan vertikal yang terjadi. Penurunan terbesar terjadi di sekitar beban lalulintas (berwarna merah).



Gambar 4.4 Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Kondisi Eksisting)

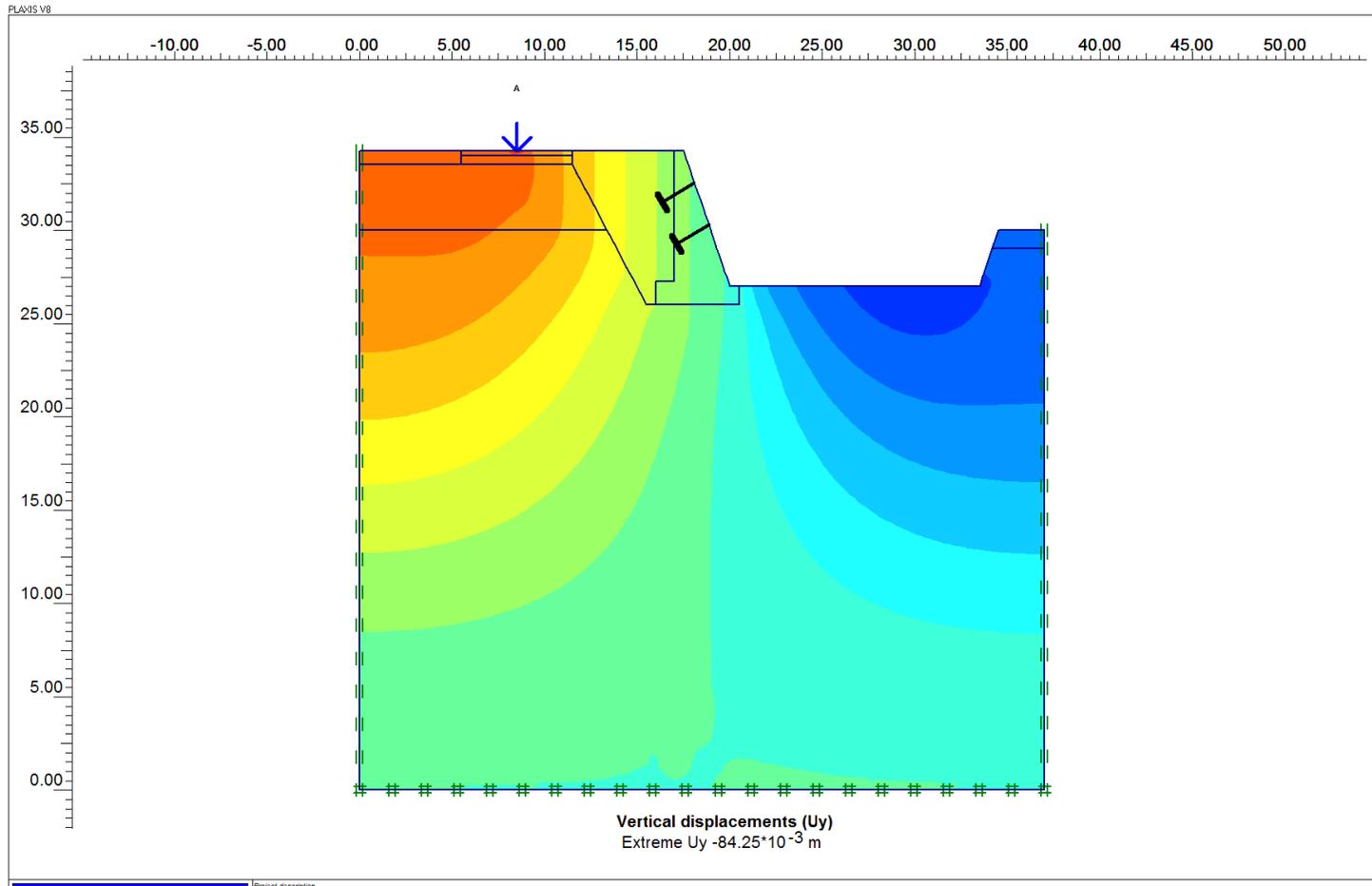
4.1.3.3 Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah (Beton Diangkur)

Analisis penurunan dan faktor aman pada lereng dengan pemodelan perkuatan dinding penahan tanah beton diangkur seperti dijelaskan dalam Tabel 4.7. Dimensi tembok penahan tanah beton diangkur ini, diambil sama dengan dimensi tembok penahan tanah gravitasi (pasangan batu kali) kondisi eksisting. Nilai faktor aman berkisar antara 1,90 – 2,58. Nilai faktor aman ini umumnya lebih besar dibanding faktor aman untuk tembok penahan tanah tipe gravitasi seperti kondisi eksisting. Untuk nilai penurunannya berkisar antara -70 mm sampai dengan -160 mm pada as jalan (pusat beban) dan -29 mm sampai dengan -31 mm pada bahu jalan. Nilai ini hampir sama dengan nilai penurunan pada tembok penahan tanah gravitasi.

Tabel 4.7 Penurunan dan Faktor Aman dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah (Beton Diangkur)

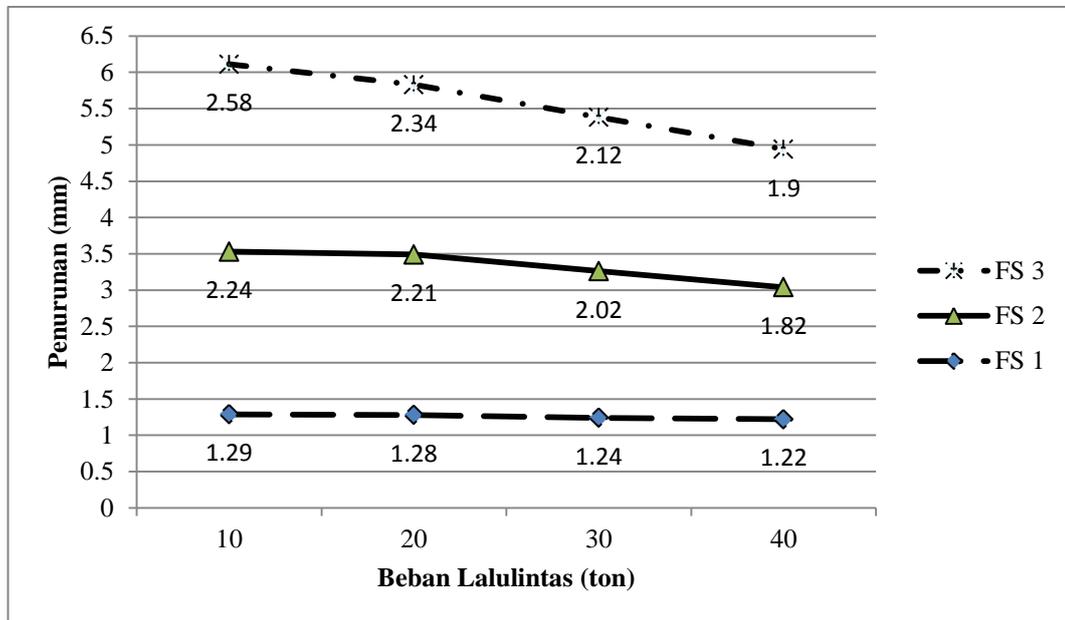
Beban Lalulintas (ton)	Penurunan (mm)		Faktor Aman
	As Jalan	Bahu Jalan	
10	-70	-29	2,58
20	-96	-30	2,34
30	-126	-28	2,12
40	-160	-31	1,9

Geometri lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur dan perilaku lapisan tanah akibat adanya beban lalulintas, dapat dilihat dalam Gambar 4.5 berikut.

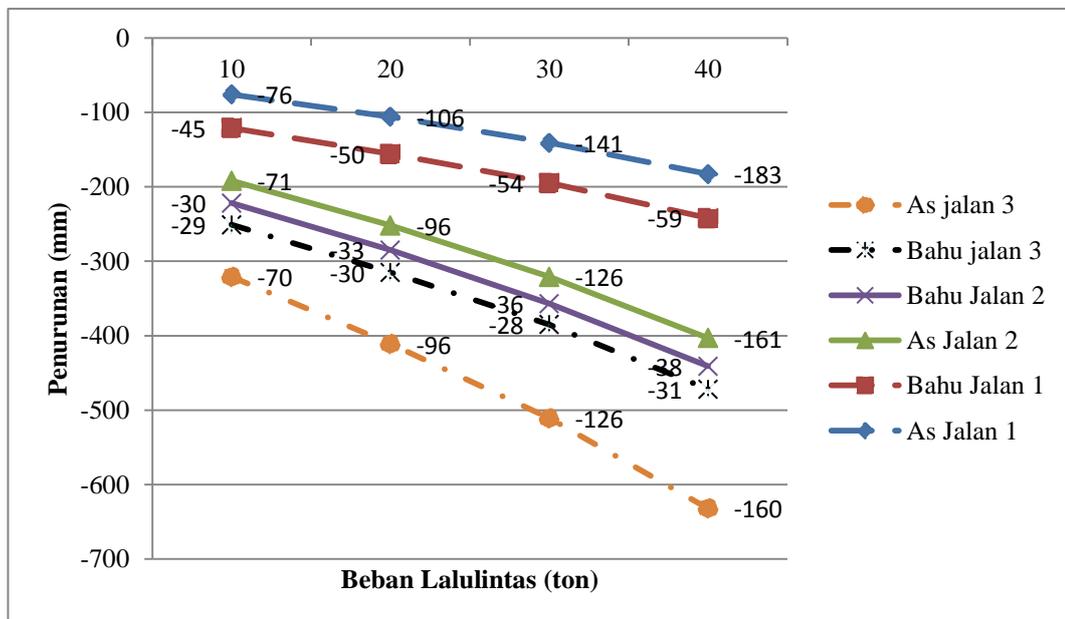


Gambar 4.5 Geometri Lereng dan Perilaku Lapisan Tanah dengan Perkuatan Tembok Penahan Tanah Beton Diangkur

Adapun grafik hubungan antara beban lalu lintas dengan faktor aman dan penurunan dapat dilihat dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6. Hubungan Beban Lalulintas dengan Faktor Aman



Gambar 4.7. Hubungan Beban Lalulintas dengan Penurunan

Dalam Gambar 4.6, FS_1 adalah nilai faktor aman pada lereng tanpa perkuatan, FS_2 adalah nilai faktor aman pada lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah tipe gravitasi dan FS_3 adalah nilai faktor aman pada lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kurva no 1 (as jalan 1 dan bahu jalan 1) merupakan kurva untuk lereng tanpa perkuatan. Kurva no 2 (as jalan 2 dan bahu jalan 2) merupakan kurva untuk lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah tipe gravitasi (kondisi eksisting). Untuk kurva no. 3 (as jalan 3 dan bahu jalan 3) merupakan kurva untuk lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah beton di angkur.

4.2 Pembahasan

Dalam analisis stabilitas lereng, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi hasil hitungan, diantaranya adalah kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah, dan kondisi pembebanan dan lingkungan. Apabila geometri lereng dan kondisi tanah sudah diketahui, maka analisis stabilitas lereng dapat dilakukan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang bekerja, semakin besar nilai penurunan dan semakin kecil nilai faktor amannya. Pada lereng tanpa perkuatan nilai faktor aman sangat kecil bahkan dikategorikan sebagai lereng kritis oleh karena nilai faktor aman ijin adalah 1,2 – 1,5. Nilai faktor aman yang terjadi pada lereng dengan perkuatan adalah lebih besar dari nilai faktor aman ijin.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun yang menjadi simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Faktor aman (FS) lereng tanpa perkuatan dengan variasi beban lalu lintas 10 ton sampai dengan 40 ton adalah $FS = 1,22 - 1,29$. Faktor aman ini tergolong kritis, karena nilai FS_{ijin} adalah $1,2 - 1,5$.
2. Faktor aman (FS) lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah tipe gravitasi (kondisi eksisting) dengan variasi beban lalu lintas 10 ton sampai dengan 40 ton adalah $FS = 1,82 - 2,24 > FS_{ijin}$, sedangkan pada lereng dengan pemodelan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur $FS = 1,90 - 2,58 > FS_{ijin}$.
3. Penurunan (S) yang terjadi pada lereng tanpa perkuatan dengan variasi beban lalu lintas 10 ton sampai dengan 40 ton adalah $76 - 183$ mm untuk titik tinjauan pada as jalan dan $45 - 59$ mm untuk titik tinjauan pada bahu jalan.
4. Penurunan (S) yang terjadi pada lereng dengan perkuatan tembok penahan tanah tipe gravitasi (kondisi eksisting) dengan variasi beban lalu lintas 10 ton sampai dengan 40 ton adalah $71 - 161$ mm untuk titik tinjauan pada as jalan dan $30 - 38$ mm untuk titik tinjauan pada bahu jalan. Untuk lereng dengan pemodelan perkuatan tembok penahan tanah beton diangkur adalah $70 - 160$ mm untuk titik tinjauan pada as jalan dan $29 - 31$ mm untuk titik tinjauan pada bahu jalan.

5.2 Implikasi

Penelitian ini diharapkan bisa bermanfaat dan menjadi acuan bagi banyak pihak, yaitu:

1. Sebagai referensi untuk penelitian yang sejenis dan bisa lebih mengembangkan lagi penelitian yang akan digunakan
2. Sebagai bahan acuan dalam penanggulangan longsor dan perencanaan konstruksi perkuatan lereng yang aman
3. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu teknik sipil.

5.3 Saran

Saran-saran dalam penelitian ini adalah:

1. Perlu pengembangan penelitian ini dengan analisis menggunakan perangkat lunak lainnya seperti *Geo-Slope*.
2. Perlunya kelengkapan data penelitian, terutama data hasil uji laboratorium dan uji lapangan agar mendapatkan suatu hasil yang lebih akurat.

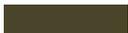
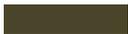
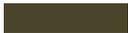
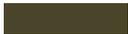
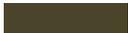
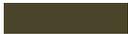
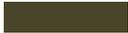
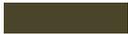
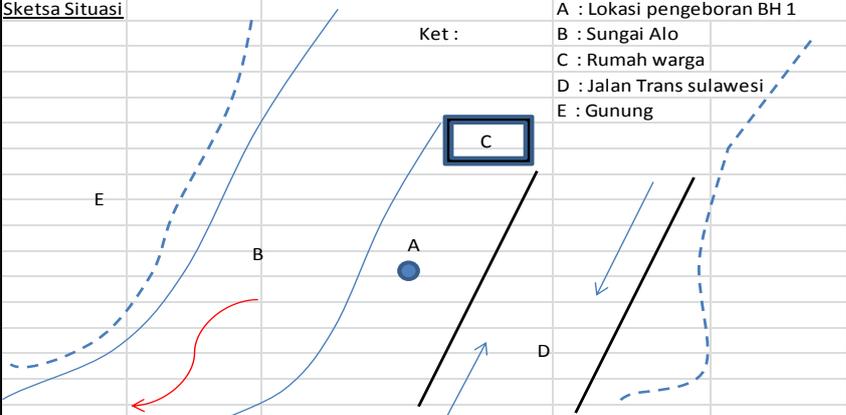
DAFTAR PUSTAKA

- Ambramson, Lee W., Lee, Thomas S., Sharma, Sunil, & Boyce, Glenn M. 2002. *Slope Stability and Stabilization Methods*. Edisi 2. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Bachnas & Subarkah. 2002. *Penanggulangan Gangguan Prasarana Jalan Akibat Bencana Alam*. Jurnal (Ambramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002) Logika, Vol.7 No. 8, hal
- Bahar, N., Latif, N.A., Kusdarto & Arifin, Dj. *Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Non Logam di Kabupaten Gorontalo dan Boalemo*. <http://www.dim.esdm.go.id>, Diakses 9 Februari 2011
- Gedney, David S. dan Weber, William G., Jr. 1985. *Design and Construction of Soil Slope*. Dalam *Landslides-Analysis and Control*, Special Report 176, Transportation Research Board Commission Sociotechnical Systems National Research Council, Washington DC, hal 172-191
- Hardiyatmo, H. Ch. 2006a. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H. Ch. 2006b. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H. Ch. 2009. *Pemeliharaan Jalan Raya: Perkerasan, Drainase, Longsor*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Jones, Colin J.F.P. 1985. *Earth Reinforcement and Soil Structures*. London: Butterworth and Co. Ltd
- Rustiani, Siska, Masyhur Irsyam, Abdurrachman H. 2003. *Stabilisasi Lereng Menggunakan Sistem Geosintetik Diangkur*. Dalam *Prosiding Konferensi Geoteknik Indonesia VI dan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) VII*. Jakarta, hal 167-176
- PT Satyakarsa Mudatama. 2010. *Review Desain Pengendalian Banjir Sungai Alopohu Cs. Kabupaten Gorontalo*. Jakarta: PT Satyakarsa Mudatama
- Saodang, H. 2004. *Konstruksi Jalan Raya*, Bandung: Nova
- Suhendro, Bambang. 2000. *Metode Elemen Hingga dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UGM

- Wahyuni, Maria dan J. Daryanto. 2006. *Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Kombinasi Konstruksi Dinding Penahan Tanah dan Soil Nailing*. Dalam Prosiding Seminar Nasional Geoteknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, hal 155-158
- Zakaria, Z. 2010. *Model Starlet, suatu Usulan untuk Mitigasi Bencana Longsor dengan Pendekatan Genetika Wilayah (Studi Kasus: Longsor Citatah, Padalarang, Jawa)*. Dalam Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 5 No. 2, hal 93-112, Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian *Hand Boring Titik BH 1*

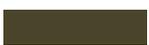
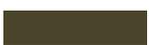
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO <small>Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183</small>				
TABEL PEMERIKSAAN BORING				
Percobaan : Hand Bor		Tanggal : 16 september 2012		
Dikerjakan : Kosmas Cs.		Titik : BH 1		
Kedalaman (cm)	Profil	Deskripsi Tanah		
		Jenis	Warna	Sifat
0	-	-	-	-
20		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
40		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
60		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
80		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
100		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
120		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
140		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
160		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
180		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
200		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
220		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
240		pasir berlempung	coklat	plastis lepas
Sketsa Situasi				
			Ket : A : Lokasi pengeboran BH 1 B : Sungai Alo C : Rumah warga D : Jalan Trans sulawesi E : Gunung	

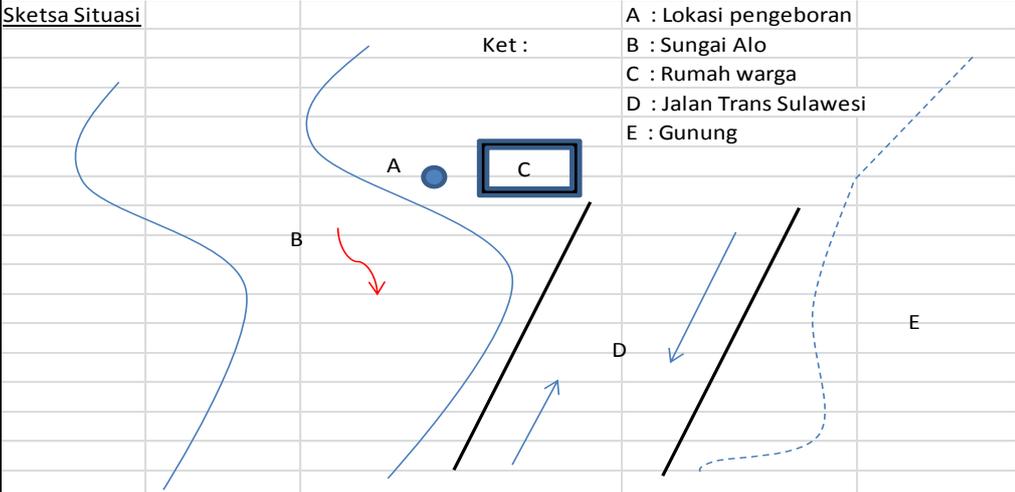
Lampiran 2 Hasil Pengujian *Hand Boring Titik BH 2*

Kedalaman (cm)		Profil	Deskripsi Tanah		
			Jenis	Warna	Sifat
0			-	-	-
20			pasir berlempung	coklat	Plastis lepas
40			lempung	coklat	plastis
60			pasir berlempung	coklat	plastis lepas
80			lempung	coklat	plastis
100			lempung	coklat	Plastis
120			lempung	Coklat kekuning-kuningan	Plastis
140			lempung	Coklat kekuning-kuningan	Plastis
160			lempung	Coklat kekuning-kuningan	Plastis
180			lempung	kekuning-kuningan	sangat plastis
200			lempung	kuning keabu-abuan	sangat plastis
220			lempung	Abu-abu kemerah-merahan	sangat plastis
240			lempung	Abu-abu kemerahan sedikit kekuningan	sangat plastis

Sketsa Situasi	
	Ket : A : Lokasi pengeboran BH 2 B : Sungai Alo C : Rumah warga D : Jalan Trans sulawesi E : Gunung

Lampiran 3 Hasil Pengujian *Hand Boring Titik BH 3*

Kedalaman (cm)		Profil	Deskripsi Tanah		
			Jenis	Warna	Sifat
0			-	-	-
20			pasir berlempung	coklat	plastis lepas
40			pasir berlempung	coklat	plastis lepas
40			pasir berlempung	coklat	plastis lepas
80			pasir berlempung	coklat	plastis lepas
100			lempung	coklat	plastis

Sketsa Situasi	
	Ket : A : Lokasi pengeboran B : Sungai Alo C : Rumah warga D : Jalan Trans Sulawesi E : Gunung

Lampiran 4 Hasil Pengujian Kadar Air 1

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO <i>Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183</i>			
<u>PEMERIKSAAN KADAR AIR</u>			
Titik	: BH 1	Tanggal :	23 September 2012
Dikerjakan	: Kosmas Cs.	Kedalaman :	0, 60 m
U R A I A N		HASIL PEMERIKSAAN	
		1	
Nomor Piknometer			A
Berat Contoh Basah + Cawan		(W1) gr	36.00
Berat Contoh Kering + Cawan		(W2) gr	34.60
Berat Cawan		(W3)	9.50
Berat Contoh Basah		$W4 = (W1 - W3)$	26.50
Berat Contoh Kering		$W5 = (W2 - W3)$	25.10
Berat Air		$W6 = (W4 - W5)$	1.40
Kadar Air		$W7 = (W6 / W5) * 100$	5.58
Suhu		$^{\circ}\text{C}$	25

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Air 2

	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH	
	JURUSAN TEKNIK SIPIL	
	FAKULTAS TEKNIK	
	UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO	
<i>Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183</i>		
<u>PEMERIKSAAN KADAR AIR</u>		
Titik	: BH 2	Tanggal : 23 September 2012
Dikerjakan	: Kosmas Cs.	Kedalaman : 2, 40 m
U R A I A N		HASIL PEMERIKSAAN
		1
Nomor Piknometer		A
Berat Contoh Basah + Cawan	(W1) gr	29.80
Berat Contoh Kering + Cawan	(W2) gr	26.10
Berat Cawan	(W3)	9.30
Berat Contoh Basah	$W4 = (W1 - W3)$	20.50
Berat Contoh Kering	$W5 = (W2 - W3)$	16.80
Berat Air	$W6 = (W4 - W5)$	3.70
Kadar Air	$W7 = (W6 / W5) * 100$	22.02
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	25

Lampiran 6 Hasil Pengujian Kadar Air 3

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO <i>Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183</i>			
<u>PEMERIKSAAN KADAR AIR</u>			
Titik	: BH 3	Tanggal	: 23 September 2012
Dikerjakan	: Kosmas Cs.	Kedalaman	: 1, 00 m
U R A I A N		HASIL PEMERIKSAAN	
		1	
Nomor Piknometer			A
Berat Contoh Basah + Cawan		(W1) gr	26.70
Berat Contoh Kering + Cawan		(W2) gr	23.90
Berat Cawan		(W3)	9.50
Berat Contoh Basah		$W4 = (W1 - W3)$	17.20
Berat Contoh Kering		$W5 = (W2 - W3)$	14.40
Berat Air		$W6 = (W4 - W5)$	2.80
Kadar Air		$W7 = (W6 / W5) * 100$	19.44
Suhu		$^{\circ}\text{C}$	25

Lampiran 7 Hasil Pengujian Berat Jenis (BH 1)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183

BERAT JENIS

Proyek : Penelitian Longsor

Lokasi : Desa Labanu, Kec. Tibawa

No. Titik : BH 1

Kedalaman : 0,60 m

Tanggal : 23 Sept 2012

Dikerjakan oleh : Kosmas

1	Nomor Piknometer		1
2	Berat Piknometer	M ₁ gram	51.80
3	Berat Piknometer + Tanah Kering	M ₂ gram	100.80
4	Berat Piknometer + Air + Tanah Kering	M ₃ gram	185.90
5	Berat Piknometer + Air	M ₄ gram	151.10
6	Temperatur t°C		25°
7	A = M ₂ - M ₁		49.00
8	B = M ₃ - M ₄		34.80
9	C = A - B		14.20
10	Berat Jenis, G ₁ = A/C		3.45
12	G _{air} pada suhu t°C		0.9663
13	G pada suhu 27,5 °C = G = (G _{air} pada suhu t°C)/(G _{air} pada suhu 27.5°C)		3.35

Lampiran 8 Hasil Pengujian Berat Jenis (BH 2)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183

BERAT JENIS

Proyek : Penelitian Longsor
Lokasi : Desa Labanu, Kec. Tibawa
No. Titik : BH 2

Kedalaman : - 2,40 m
Tanggal : 23 Sept 2012
Dikerjakan oleh : Kosmas

1	Nomor Piknometer		1
2	Berat Piknometer	M ₁ gram	50.90
3	Berat Piknometer + Tanah Kering	M ₂ gram	100.90
4	Berat Piknometer + Air + Tanah Kering	M ₃ gram	178.40
5	Berat Piknometer + Air	M ₄ gram	150.10
6	Temperatur t°C		25°
7	A = M ₂ - M ₁		50.00
8	B = M ₃ - M ₄		28.30
9	C = A - B		21.70
10	Berat Jenis, G ₁ = A/C		2.30
12	G _{air} pada suhu t°C		0.9663
13	G pada suhu 27,5 °C = G = (G _{air} pada suhu t°C)/(G _{air} pada suhu 27.5°C)		2.23

Lampiran 9 Hasil Pengujian Berat Jenis (BH 3)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183

BERAT JENIS

Proyek : Penelitian Longsor
Lokasi : Desa Labanu, Kec. Tibawa
No. Titik : BH 3

Kedalaman : - 1,00 m
Tanggal : 23 Sept 2012
Dikerjakan oleh : Kosmas

1	Nomor Piknometer		1
2	Berat Piknometer	M ₁ gram	51.00
3	Berat Piknometer + Tanah Kering	M ₂ gram	101.00
4	Berat Piknometer + Air + Tanah Kering	M ₃ gram	178.10
5	Berat Piknometer + Air	M ₄ gram	150.10
6	Temperatur t°C		25°
7	A = M ₂ - M ₁		50.00
8	B = M ₃ - M ₄		28.00
9	C = A - B		22.00
10	Berat Jenis, G ₁ = A/C		2.27
12	G _{air} pada suhu t°C		0.9663
13	G pada suhu 27,5 °C = G = (G _{air} pada suhu t°C)/(G _{air} pada suhu 27.5°C)		2.20

Lampiran 10 Hasil Pengujian Triaxial (BH 2)



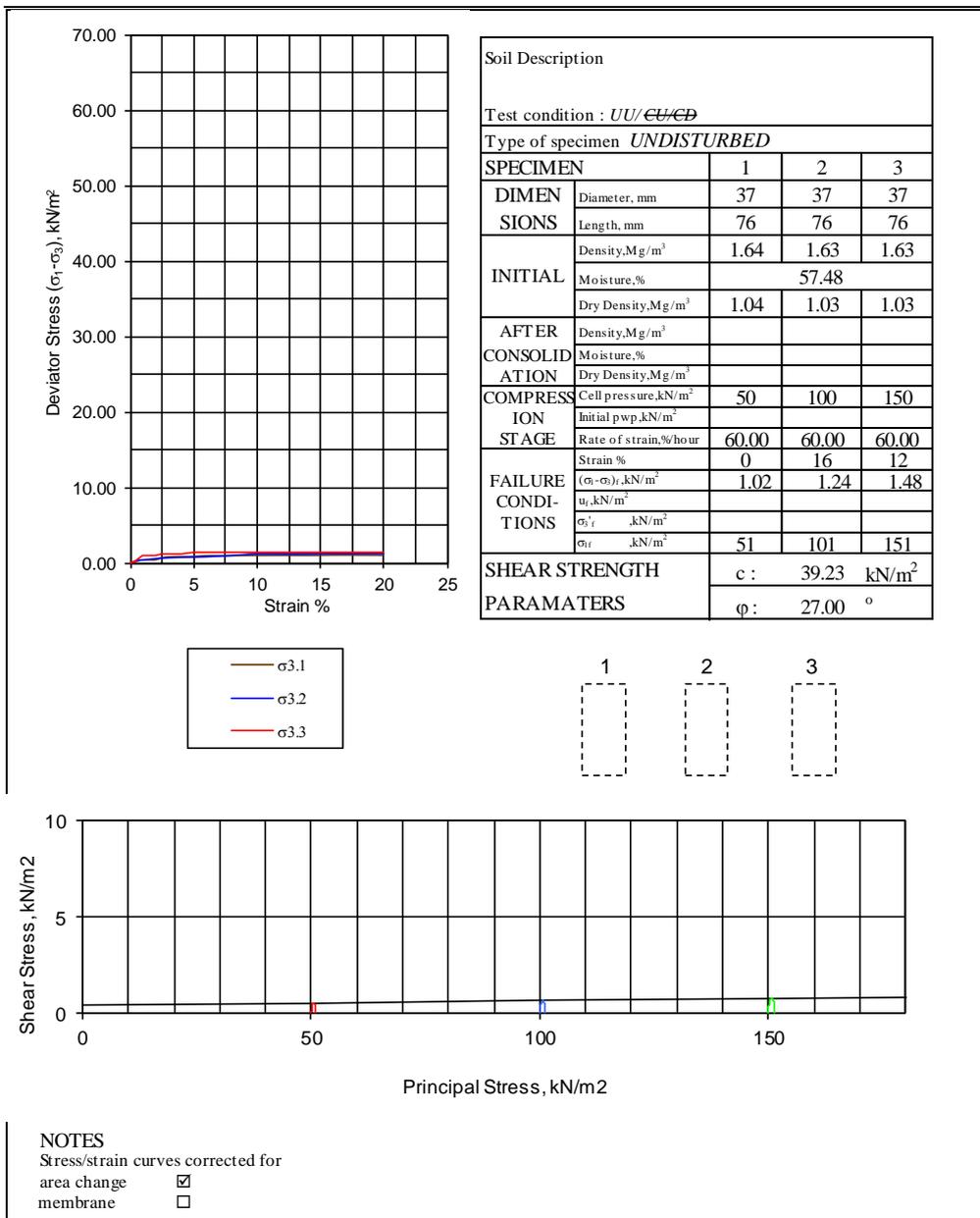
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

Jl. Jend Sudirman No. 8 Kota Gorontalo Telp. 0435 - 821 183

UJI TRIAXIAL

Proyek : Penelitian PNBP
 Lokasi : Kec. Tibawa
 No. Titik : BH 2

Kedalaman : - 2,20 m
 Tanggal : 17 september 2012
 Dikerjakan oleh : Kosmas



Lampiran 12 Dokumentasi Lokasi Penelitian



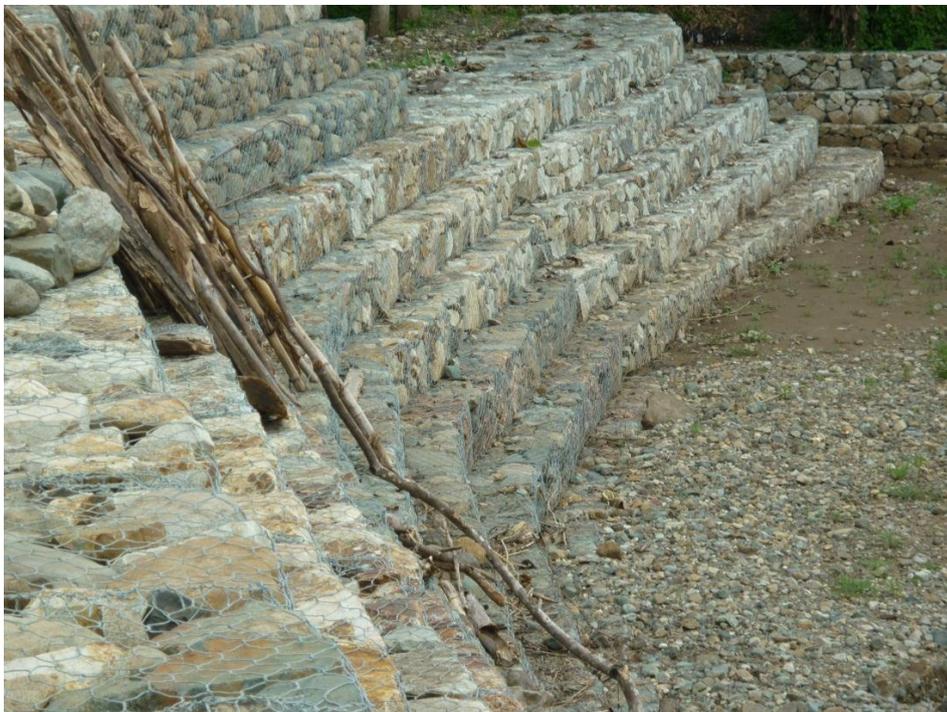
Gambar 1 Lereng tanpa perkuatan yang berpotensi longsor (Nov, 2010)



Gambar 2 Lereng yang telah mengalami gerusan atau longsor (Nov, 2010)



Gambar 3 Perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah, yang telah mengalami pergerakan akibat besarnya tekanan tanah aktif (Maret, 2012)



Gambar 4 Perkuatan lereng dengan dinding bronjong (Maret, 2012)



Gambar 5 Retak memanjang pada jalan (Maret, 2012)



Gambar 6 Setengah badan jalan yang sebelumnya mengalami longsor, dan saat ini sudah dilakukan perbaikan (Maret, 2012)

Lampiran 13

BIODATA KETUA PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng.
2	Jabatan Fungsional	Lektor
3	Jabatan Struktural	Sekretaris Jurusan
4	NIP	19690313 200501 2 002
5	NIDN	0013036904
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gorontalo, 13 Maret 1969
7	Alamat Rumah	Jl. Gelatik No. 2 Kota Gorontalo
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081227287787
9	Alamat Kantor	Jl. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
10	Nomor Telepon/Faks	0435-821183
11	Alamat e-mail	ipatuti@yahoo.com
12	Lulusan yang telah dihasilkan	D3 = 15 orang
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Mekanika Tanah 1, 2
		2. Penyelidikan Tanah Lanjut
		3. Rekayasa Pondasi 1, 2
		4. Geologi Rekayasa
		5. Mekanika Batuan

B. Riwayat Pendidikan:

Nama Perguruan Tinggi dan Lokasi	Gelar	Tahun Lulus	Bidang Studi
Universitas Hasanuddin, Makassar	S.T.	1993	Teknik Sipil (Transportasi)
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta	M.Eng.	2010	Teknik Sipil (Geoteknik)

C. Pengalaman Profesional:

Nama Institusi	Jabatan	Periode Kerja
PT Pratama Widya, Jakarta	<i>Civil Engineer</i>	1994-1996
PT Jeni Prima Putra, Batam	<i>Civil Engineer</i>	1996-2002
Dirjen Pemberdayaan Masyarakat, Departemen Dalam Negeri (Program Pengembangan Kecamatan)	Fasilitator Teknik (FT) Kec. Limboto, Kab Gorontalo	2004-2005
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo	Sekretaris Jurusan Teknik Sipil	2006-2007
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo	Sekretaris Jurusan Teknik Sipil	2010 /sd sekarang

D. Pengalaman Kerja dalam Penelitian :

Tahun	Topik/ Judul Penelitian	Peran dalam Penelitian	Sumber Dana
2006	Analisis CPM dalam Pengendalian Waktu Proyek dengan Menggunakan <i>Microsoft Project</i>	Mandiri	Mandiri
2009	Analisis Deformasi dan Stabilitas Terowong Pengelak Bendungan Bili-Bili Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan	Mandiri	Mandiri
2010	Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Jembatan Akibat Pengurangan Panjang Fondasi Sumuran (Tinjauan Kasus Jembatan Alorongga - Kabupaten Nagekeo, NTT)	Anggota	Mandiri

E. Pengalaman Publikasi di Berkala Ilmiah :

Nama-nama Penulis	Tahun Terbit	Judul Artikel	Nama berkala	Volume dan Hal.	Status Akreditasi
Indriati Martha Patuti	Agustus 2008	Analisis Deformasi dan Stabilitas Terowongan	Kokoh	Vol. 9 No.2, Hal 94-99	-
Indriati Martha Patuti	September 2010	Analisis Deformasi dan Tegangan dengan Variasi Beban pada Terowong Pengelak Bendungan Bili-Bili Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan	Inovasi, Jurnal Matematika, IPA, Ilmu Sosial, Teknologi dan Terapan	Vol. 7 No. 3, Hal. 932-944	-
Welem Daga, Indriati Martha Patuti, Diarto Trisnoyuwono, Devi O. Latif	Februari 2011	Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Jembatan Akibat Pengurangan Panjang Fondasi Sumuran (Tinjauan Kasus Jembatan Alorongga-Kabupaten Nagekeo, NTT)	Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV-HATTI	Hal 591-596	ISBN 978-979-96668-8-8

Gorontalo, 15 Oktober 2012

Dibuat oleh,

Indriati Martha Patuti, S.T., M.Eng.**NIP. 19690313 200501 2 002**

Lampiran 14

BIODATA ANGGOTA PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Frice L. Desei, S.T., M.Sc.
2	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
3	Jabatan Struktural	-
4	NIP	19730903 200604 2 004
5	NIDN	0003097303
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gorontalo, 3 September 1973
7	Alamat Rumah	Jl. Tirtonadi Kec. Kota Utara, Kota Gorontalo
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081244395100
9	Alamat Kantor	Jl. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
10	Nomor Telepon/Faks	0435-821183
11	Alamat e-mail	fricedesei@yahoo.com
12	Lulusan yang telah dihasilkan	D3 = 6 orang
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Pelaksanaan dan Pemeliharaan Jalan,
		2. Perancangan Perkerasan Jalan,
		3. Geometri Jalan

B. Riwayat Pendidikan:

Nama Perguruan Tinggi dan Lokasi	Gelar	Tahun Lulus	Bidang Studi
Universitas Samratulangi, Manado	S.T.	2001	Teknik Sipil (Transportasi)
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta	M.Sc.	2011	Teknik Sipil (Transportasi)

C. Pengalaman Profesional:

Nama Institusi	Jabatan	Periode Kerja
Satuan Kerja Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan, Provinsi Gorontalo	Asisten Teknik	2002-2007
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo (Jurusan Teknik Sipil)	Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil	2006-skrng

D. Pengalaman Kerja dalam Penelitian :

Tahun	Topik/ Judul Penelitian	Peran dalam Penelitian	Sumber Dana
2010	Pengaruh Perbaikan Agregat Kasar Bantak dengan Menggunakan Buton Granular Aspal pada Campuran HRS-Base	Mandiri	Mandiri

E. Pengalaman Publikasi di Berkala Ilmiah :

Nama-nama Penulis	Tahun Terbit	Judul Artikel	Nama berkala	Volume dan Hal.	Status Akreditasi
-	-	-	-	-	-

Gorontalo, 15 Oktober 2012

Dibuat oleh,

Frice L. Desei, S.T., M.Sc.
NIP. 19730903 200604 2 004