

**PEMBUATAN PETA ZONASI DAERAH BAHAYA GERAKAN TANAH  
BERDASARKAN ANALISIS KESTABILAN LERENG DALAM UPAYA  
PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
( RUAS JALAN TANJUNGSARI – SUMEDANG  
KABUPATEN SUMEDANG – PROPINSI JAWA BARAT )**



**Tesis**

**Benyamin Saptadi R**  
**L 4 K 002046**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2004**

**UPT-PUSTAK-INDIP**

**TESIS**

**PEMBUATAN PETA ZONASI DAERAH BAHAYA GERAKAN TANAH  
BERDASARKAN ANALISIS KESTABILAN LERENG DALAM UPAYA  
PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
( RUAS JALAN TANJUNGSARI – SUMEDANG  
KABUPATEN SUMEDANG – PROPINSI JAWA BARAT )**

**Disusun oleh**

**Benyamin Saptadi R**  
**L 4 K 002046**

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 7 Juni 2004  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima**

**Menyetujui,**

**Pembimbing I**



**Ir. Irawan Wisnu W, MS**

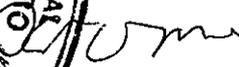
**Pembimbing II**



**Ir. Nasrullah, MS**



**Mengetahui,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan**

  
**Prof. Dr. Sucharto P. Hadi, MES**  
**NIP. 130 810 134**

Judul Tesis : Pembuatan Peta Zonasi Daerah Bahaya Gerakan Tanah Berdasarkan Analisis Kestabilan Lereng Dalam Upaya Pengelolaan Lingkungan ( Ruas Jalan Tanjungsari – Sumedang – Kabupaten Sumedang – Propinsi Jawa Barat )  
Nama Mahasiswa : Benyamin Saptadi R  
Nomor Mahasiswa : L 4 K 002046  
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan  
Kosentrasi : Rekayasa Lingkungan

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 7 Juni 2004  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima**

**Menyetujui,**

**Pembimbing I**



**Ir. Irawan Wisnu W. MS**

**Pembimbing II**



**Ir. Nasrullah, MS**

**Penguji I**



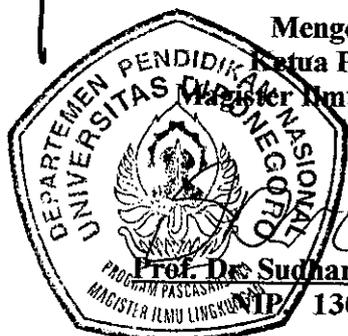
**Ir. Agus Hadiyanto, MT**

**Penguji II**



**Ir. Wahyu Krishna Hidayat, MT**

**Mengetahui,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan**



**Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES  
IP/ 130 810 134**

## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya, bahwa Tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, materi yang ada didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi atau Lembaga Pendidikan lainnya. Pengetahuan serta informasi yang diperoleh dari hasil penerbitan atau yang belum diterbitkan telah dicantumkan sumbernya dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juni 2004



**Benyamin Saptadi R**  
L4K 002046

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemampuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini yang merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai derajat Magister pada Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Adapun judul Tesis yang penulis angkat adalah **“Pembuatan peta zonasi bahaya gerakan tanah berdasarkan analisis kestabilan lereng dalam upaya pengelolaan lingkungan ”**.

Dalam penyusunan Tesis ini, berbagai pihak telah membantu dan membimbing, baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya Tesis ini. Dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan penghargaan dan ucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES, sebagai Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
2. Ir. Irawan Wisnu W., MS, sebagai dosen pembimbing I.
3. Ir. Nasrullah, MS, sebagai pembimbing II.
4. Ir. Agus Hadiyanto, MT, sebagai dosen penguji I.
5. Ir. Wahyu Krisna Hidayat, MT, sebagai dosen penguji II.
6. Sekretaris Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, yang telah memberikan kesempatan penyusun untuk mengikuti Program Pasca Sarjana, Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro dan atas bantuannya baik materiil maupun moril dalam penyelesaian tugas belajar.

7. DR. Ir. Syahdanulirwan, M.Sc sebagai Kepala Pusat Litbang Prasarana Transportasi – Departemen KIMPRASWIL, yang telah memberikan izin tugas belajar di Program Pasca Sarjana, Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.
8. DR. Ir. Heddy Rahadian , M.Sc sebagai Kepala Balai Geoteknik Jalan – Pusat Litbang Prasarana Transportasi - Departemen KIMPRASWIL , yang telah memberi dorongan, bantuan baik selama proses belajar hingga terselesaikannya tesis ini.
9. Ibu, Oma, Papah dan Mamah, istri tersayang Yessica dan kedua anakku tercinta Hafizh Zulfikar dan Nauval Fikri Virgiawan yang telah memberi motivasi dalam penyelesaian tesis ini, dan
10. Semua pihak yang telah membantu penyusunan penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penyusun menyadari bahwa Tesis ini dirasakan masih banyak kekurangannya dan jauh dari sempurna, karena keterbatasan penyusun, oleh karena itu dengan tulus penulis mengharapkan kritik dan saran guna kelengkapan dari penyusunan tesis ini.

Semarang, Juni 2004

Penulis,

*Sabda Rasulullah Muhammad SAW mengatakan :  
"Carilah ilmu pengetahuan itu sejak kamu masih dalam buaian  
ibumu, hingga kalian kembali kelian lahat.... karena ilmu itu  
tandanya hidupnya Islam dan Tiang Agama....."*

*Seorang sufi mengatakan :  
"Sebaik- baiknya ilmu, apabila  
menumbuhkan rasa takut kepada ALLAH SWT"*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama **Benyamin Saptadi R** dilahirkan di Kota Padang pada tanggal 31 Agustus 1965, anak ke 7 dari enam bersaudara, masa sekolahnya dihabiskan di kota Padang, Jakarta dan Bandung lulus pada tingkatan Sarjana Strata – 1 ( S-1) pada Fakultas Teknologi Mineral – Jurusan **Teknik Geologi** di Universitas Trisakti – Jakarta pada tahun 1992. Mulai bekerja pada tahun 1991 – 1993 di Perusahaan Minyak Petromer Trend sebagai interpreter peta geologi bawah permukaan untuk cadangan minyak dan gas bumi. Mulai masuk menjadi pegawai Calon Pegawai Negeri

Sipil (CPNS) pada Departemen Pekerjaan Umum tahun 1993 dan di tempatkan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan – Departemen Pekerjaan Umum yang berkedudukan di kota Bandung pada Balai Geoteknik Jalan. Pada tahun 1994 di angkat menjadi Pegawai Negeri Sipil. Pengalaman kerja selama kurang lebih 11 tahun banyak dihabiskan di lapangan sebagai koordinator lapangan Investigasi Geoteknik untuk penanggulangan longsor baik di regional Jawa Barat maupun diluar pulau Jawa, disamping sebagai penanggung jawab lapangan, penulis membantu penelitian sebagai asisten peneliti bidang kajian Geoteknik khususnya masalah longsor dan terowongan jalan. Kursus, Koordinasi Tim maupun penyusun pedoman teknis yang telah di ikuti baik yang sifatnya bidang profesi maupun penjenjangan karir, yaitu kursus Landslide Problematic – JICA tahun 1995, Tunneling - JICA 1996, kursus Tropical Soil – TRRL 1996, Tim Teknis Penanggulangan Bencana Alam Tsunami – Balitbang-Departemen Pekerjaan Umum - 1997, Tim Teknis *Survey Slope Stability and Quarry Inventory* – TRRL 1995-1997, Tim Teknis Penyebar Luasan Hasil Teknologi Litbang - Bidang Kajian Geoteknik untuk masalah longsor 1996- 1998 Balitbang – Departemen Pekerjaan Umum, Kursus Administrasi Umum – Departemen Kimbangwil tahun 2001, Penulis dan penyusun Pedoman Teknis untuk Standar Penyelidikan Awal Longsor Badan Jalan – Balitbang – Departemen Kimbangwil 2001. Jabatan struktural yang pernah dijabat adalah Kepala Seksi dan Pelayanan Teknis – Balai Geoteknik Jalan – Pusat Litbang Prasarana Jalan – Departemen Kimbangwil tahun 2000 – 2001, pada tahun 2001 hingga kini penulis sebagai asisten peneliti bidang kajian longsor dan terowongan jalan di Balai Geoteknik Jalan – Pusat Litbang Prasarana Transportasi, penulis mempunyai satu orang istri dan di karunia dua orang anak laki-laki. Tahun 2002 penulis diberi kesempatan oleh Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah – Departemen KIMPRASWIL untuk mengikuti Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan – Universitas Diponegoro-Semarang, dengan judul tesis **“Pembuatan peta zonasi bahaya gerakan tanah berdasarkan analisis kestabilan lereng dalam upaya pengelolaan lingkungan”** dengan pemilihan studi kasus di ruas jalan Tanjungsari-Sumedang, Kabupaten Sumedang - Propinsi Jawa Barat. Pada dasarnya bidang tersebut merupakan kajian utama penulis di Pusat Libang Prasarana Transportasi – Departemen Kimpraswil dan terus akan dikembangkan sebagai studi-studi penelitian yang aplikatif di masa-masa mendatang.

## ABSTRAK

Secara geografis Indonesia terletak pada daerah perbatasan lempeng tektonik yang menjadikan kondisi bentang alamnya (*terrain*) berbukit dan bergunung - gunung serta banyak memiliki gunung berapi. Kondisi bentang alam yang sedemikian itu menyebabkan rentannya struktur jalan terhadap bahaya longsor akibat dari tidak stabilnya lereng. Pada daerah Tanjungsari – Sumedang sering terjadi gerakan tanah pada saat musim hujan dengan kondisi material penyusun berupa material vulkanik sehingga daerah tersebut rentan terhadap gerakan tanah

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat formulasi kestabilan lereng, karakteristik kondisi lereng berdasarkan kondisi geologi dan pembuatan peta zonasi gerakan tanah.

Pendekatan metode yang dilakukan adalah dengan adanya data lereng pada basis data *Slope Stability Inventory* (SSI) di Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi membuat formulasi gerakan tanah dan ditunjang data sekunder yang tersedia khususnya untuk wilayah Tanjungsari – Sumedang dan sekitarnya.

Dari hasil analisis diskriminan yang dilakukan, menghasilkan formulasi kestabilan lereng yang menunjukkan pola signifikan. Ternyata variabel hidrologi dan bentuk lahan merupakan variabel yang dominan, sedangkan variable curah hujan sebagai faktor eksternal juga merupakan factor yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah dalam formulasi diskriminan ini.

Pendekatan analisis stabilitas yang berdasarkan data empirik hasil formulasinya bersifat lokal, untuk hasil formulasi dalam laporan ini hanya berlaku untuk wilayah kajian penelitian yaitu pada ruas jalan Tanjungsari – Sumedang , Kabupaten Sumedang - Propinsi Jawa Barat, sehingga tidak bisa dipergunakan oleh daerah lain disebabkan material maupun bentuk lahan serta kondisi lingkungannya sangat berbeda.

Hasil formula dengan analisis kestabilan lereng untuk lokasi penelitian luarannya berupa peta zonasi potensi gerakan tanah

Rekomendasi dengan pembuatan peta zonasi dapat menjadi suatu panduan teknis untuk kegiatan pembangunan prasarana jalan pada daerah kajian

**Kata kunci : *peta, zonasi kestabilan lereng***

## ABSTRACTION

Geographically Indonesia lay in plate borderland of tectonic making condition hilly terrain and have volcano mountain. That condition such a way causing to landslide problem.

Activity of this development utilize to get empirical formulation analyze slope stability at one particular typical region with approach of precedent. existence of bevel data on data bases of Slope Stability Inventory ( SSI) in Centre of research and development of Prasarana Transportation developing of this empirical formulation, especially for typical region of West Java. As well as conducted also typical geology characteristic of West Java region

Approach of stability analysis which pursuant to data of empiric its result of e the character of locally, to result of formulation in this report only applying to research study region that is boundary of Tanjungsari - Sumedang , sub-province of Sumedang - Province West Java, so that cannot be utilized by caused for other area source volcanic product and also material and also the condition of its environment very is differing

From result of analysis of discriminant conducted, yielding formulation Slope stability which is pattern showed of significant. In the reality variable of field hydrologic form and represent variable which is dominant, while rainfall variable as external factor also represent factor causing the happening of landslide problem in this discriminant formulation.

Result of formula with analysis stability of bevel for the location of research its Geo hazard mapping

**Keyword : map, *Geo hazard mapping***

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Abstrak	
Daftar Isi	i-ii
Daftar Tabel	iii
Daftar Gambar	iv
Lampiran	
<b>BAB I    Pendahuluan</b>	<b>1</b>
<b>I.1</b> Latar belakang	2
<b>I.2</b> Identifikasi Masalah	2
<b>I.3</b> Tujuan Penelitian	2
<b>I.4</b> Sasaran Penelitian	2
<b>BAB II   Tinjauan Pustaka</b>	<b>3</b>
<b>II.1</b> Pengertian Peta Zonasi Bahaya	3
<b>II.2</b> Gerakan tanah	3
<b>II.3</b> Dasar Teori Gerakan tanah	4
<b>II.4</b> Kondisi Relief Bumi	7
<b>II.5</b> Karateristik Geoteknik dan Geologi setempat	7
<b>II.6</b> Hidrogeologi	7
<b>II.7</b> Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng	7
<b>II.7.1.</b> Sifat Material Geologi	8
<b>II.7.2.</b> Faktor Dampak Pembangunan Jalan	11
<b>II.7.3.</b> Variable Pemicu Tambahan	11
<b>II.8</b> State Of Art Analisa Stabilitas Lereng	11
<b>II.9</b> Pendekatan analisis Diskriminan	11
<b>II.10</b> Pendekatan Evaluasi Terrain	16
<b>II.11</b> Karaterisasi Geologi regional Jawa Barat	15
<b>II.11.1</b> Geomorfologi Regional Jawa Barat	17
<b>II.11.2</b> Stratigrafi regional	18
<b>II.12</b> Iklim dan Curah hujan	19
<b>II.13</b> Variasi Analisis	21
<b>BAB III   Metoda Penelitian</b>	<b>22</b>
<b>III.1</b> Rancangan Penelitian	22
<b>III.2</b> Penunjang Data	22
<b>III.3</b> Lokasi Penelitian	23
<b>III.4</b> Lingkup penelitian	23
<b>III.5</b> Evaluasi Struktur dan ketersediaan data	
<b>III.6</b> Kaji Ulang data SSI	23
<b>III.7</b> Karateristik Lereng Jawa Barat hasil survei SSI	24
<b>III.7.1</b> Sudut vs Frekwensi lereng alamiah	24
<b>III.7.2</b> Sudut vs Frekwensi lereng longsor di Pulau jawa	25

<b>III.8</b>	Evaluasi Data SSI	26
<b>III.9</b>	Metode Pendekatan Analisa Statistik	26
<b>III.10</b>	Metode Pendekatan Analisa Diskriminan	27
<b>III.11</b>	Model Analisis SIG	36
<b>III.12</b>	Survey dan verifikasi data	39
<b>III.13</b>	Unsur-unsur dalam Pengelolaan Lingkungan	40
<b>BAB IV</b>	<b>Analisa Hasil dan Pembahasan</b>	<b>41</b>
<b>IV.1</b>	Pengolahan <i>Database Slope Stabiliy Inventory</i> (SSI)	41
<b>IV.2</b>	Formulasi Stabilitas Lereng	41
<b>IV.3</b>	Formulasi Stabilitas Lereng Pendekatan Analisis Diskriminan	43
IV.3.1	Pemilihan variabel	43
IV.3.2	Interpretasi <i>Out put</i> Program SPSS	44
IV.3.3	Hasil Analisis Diskriminan	51
<b>IV.4</b>	Evaluasi Model Formula	52
<b>IV.5</b>	Pembobotan Nilai	53
<b>IV.6</b>	Studi Kasus	60
IV.6.1	Umum	60
IV.6.2.	Pembatasan Area	60
IV.6.3.	Data Lapangan Tanjungsari - Sumedang	61
IV.6.3.1	Kondisi Geologi Regional Tanjungsari – Sumedang	61
IV.6.3.2	Kondisi Geologi Lingkungan Tanjungsari – Sumedang	61
IV.6.3.3	Parameter-parameter kestabilan lereng	62
IV.6.3.4	Tata cara pengambilan data dan analisa data lapangan	62
IV.6.3.5	Perhitungan parameter berdasarkan analisa kuantitatif	63
IV.6.3.6	Analisa Spasial dengan Metode <i>Arc View</i>	64
IV.6.3.7	Nilai Tingkat Resiko kestabilan lereng	66
<b>IV.7</b>	Pengelolaan Lingkungan	67
IV.7.1	Dasar pemikiran	67
IV.7.2	Kondisi Lingkungan	68
IV.7.3	Kebijakan Pemerintah dan Valuasi Ekonomi	68
<b>V</b>	<b>Kesimpulan dan Saran</b>	<b>70</b>
<b>V.1</b>	Kesimpulan	70
<b>V.2</b>	Saran	72
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

	Halaman	
<b>Table 2.1</b>	Curah hujan normal berdasarkan zona DPM ( Perkiraan Musim Hujan di Indonesia, Laporan Tahunan BMG 2002)	20
<b>Tabel 2.2</b>	Pembagian Zona berdasarkan curah hujan	21
<b>Tabel 3.1</b>	Daftar lokasi survei SSI yang ada di Jawa Barat	24
<b>Tabel 3.2</b>	Peraturan peluang yang diadopsi untuk pengelokasian suatu kasus kedalam grup masing-masing.	31
<b>Tabel 3.3</b>	Pameter-parameter data survei	34
<b>Tabel 3.4</b>	Komposisi data survei berdasarkan ruas jalan dan jenis lereng	35
<b>Tabel 3.5</b>	Komposisi data berdasarkan zonasi area curah hujan dan jenis material	35
<b>Tabel 4.1</b>	Variabel bebas yang dimasukkan dalam analisis diskriman untuk lereng alam	43
<b>Tabel 4.2</b>	Gorup Statistik	45
<b>Tabel 4.3</b>	Uji signifikansi masing-masing uji dengan uji F dan Wilks Lambda	45
<b>Tabel 4.4</b>	Variabel yang tersaring lewat uji signifikansi	46
<b>Tabel 4.5</b>	Data detail tahapan uji signifikansi perbedaan grup	47
<b>Tabel 4.6</b>	Varians total dalam skor diskriminan	47
<b>Tabel 4.7</b>	Egeinvalues yang mengukur keeratan hubungan skor diskriminan antar grup	48
<b>Tabel 4.8</b>	Angka terakhir <i>Wilk's Lambda</i> dan <i>chi-square</i>	48
<b>Tabel 4.9</b>	Struktur matrik yang menunjukkan korelasi variable bebas	48
<b>Tabel 4.10</b>	Nilai-nilai yang dihasilkan dalam analisa diskriminan	49
<b>Tabel 4.11</b>	Nilai tengah dari masing-masing grup diskriminan	49
<b>Tabel 4.12</b>	Komposisi data masing-masing grup	50
<b>Tabel 4.13</b>	Hasil klasifikasi dalam bentuk prosentase kegagalan dan keberhasilan	51
<b>Tabel 4.14</b>	Pembagian tingkat potensi gerakan tanah	53
<b>Tabel 4.15</b>	Hasil pengujian berdasarkan formula kestabilan lereng	63

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 2.1	Keseimbangan benda pada bidang miring	4
Gambar 2.2	Suatu potongan pada metode <i>Simplified Bishop</i>	6
Gambar 2.3	Klasifikasi Umum pelapukan iklim tropis (Cook, et al, 1998)	9
Gambar 2.4	Skema Umum untuk profil pelapukan material vulkanik (Cook, e al, 1998)	9
Gambar 2.5	Diagram pendekatan analisis untuk stabilitas lereng	12
Gambar 2.6	Diagram analisis diskriminan untuk analisis sederhana dua variabel	14
Gambar 2.7	Peta fisiografi daerah Jawa Barat (van Bemmelen, 1949)	18
Gambar 3.1	Bagan alir Penelitian	
Gambar 3.2	Grafik hubungan sudut lereng dan frekwensi jumlah lereng galian di Jawa Barat, yang di survey SSI	24
Gambar 3.3	Grafik hubungan sudut lereng dan frekwensi jumlah lereng alamiah di Jawa Barat, yang di survey SSI	25
Gambar 3.4	Grafik hubungan sudut lereng galian dan frekwensi jumlah lereng di Jawa Barat, hasil survey SSI	25
Gambar 3.5	Model grafik hasil analisis regresi	27
Gambar 3.6	Dua kurva distribusi normal dengan suatu kutub umum standar deviasi	30
Gambar 3.7	Bagan alir proses perhitungan analisis diskriminan	32
Gambar 3.8	Bagain alir struktur data SSI	33
Gambar 3.9	Diagram Intergrasi tahapan peta dasar perencanaan	38
Gambar 4.1	Formulasi hubungan tinggi dan sudut lereng batuan material volkanik	42
Gambar 4.2	Kurva normal densiti yang dihasilkan	50
Gambar 4.3	Kurva normal densiti hasil uji	52
Gambar 4.4	Skema format data spasial	65

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Secara geografis Indonesia terletak pada daerah perbatasan lempeng tektonik yang menjadikan kondisi bentang alamnya (*terrain*) berbukit dan bergunung- gunung serta banyak memiliki gunung berapi. Kondisi bentang alam yang sedemikian itu menyebabkan rentannya struktur jalan terhadap bahaya longsor akibat dari tidak stabilnya lereng. Longsor sangat tergantung terhadap jenis batuan dasar, tingkat pelapukan, curah hujan, kondisi air bawah permukaan, kegiatan manusia serta kondisi morfologi yang mencakup bentang topografi, pola aliran air permukaan, tata guna lahan, kegiatan manusia serta tipikal lereng permukaan.

Dalam melakukan suatu kajian dalam memprediksi kemungkinan terjadi suatu gerakan tanah atau longsor perlu dilakukan suatu zonasi atau pembagian berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi dapat terjadinya suatu longsor yang dituangkan dalam bentuk peta kerentanan dengan batasan – batasan parameter yang digunakan dalam membuat peta kerentanan tersebut adalah karakteristik kondisi Geologi di koridor jalan yang dapat menyebabkan terganggunya prasarana jalan tersebut.

Sehingga dapat dilakukan pengembangannya dalam suatu tahapan perencanaan pembangunan jalan di daerah yang mempunyai tingkat kerentanan terhadap terjadinya longsor yang tinggi, terutama khususnya untuk wilayah tipikal Jawa Barat pada jenis material sepanjang koridor jalan tingkat jalan Negara maupun propinsi.

### **1.2. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah adalah :

1. Daerah Tanjungsari –Sumedang sering mengalami gerakan tanah.
2. Terjadinya longsor akibat perubahan rona lingkungan baik secara alami maupun kegiatan manusia.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat formula kestabilan lereng berdasarkan data *Slope Stability Inventory* (SSI)
2. Membuat klasifikasi kondisi lereng alam ditinjau secara geologi , yaitu tingkat kestabilan lereng untuk prasarana jalan.
3. Membuat peta zonasi kestabilan lereng terhadap gerakan tanah.

### **1.4. Sasaran Penelitian**

Sasaran penelitian berupa :

1. Membuat Zonasi Peta Kerentanan Terhadap Gerakan Tanah untuk perencanaan pengembangan wilayah di daerah, khususnya untuk perencanaan jalan.
2. Dengan mengetahui Peta zonasi kerentanan terhadap gerakan tanah dapat mengoptimalkan pengelolaan lingkungan di koridor jalan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Peta Zonasi Bahaya**

Definisi Peta Zonasi dari berbagai kepustakaan (literatur) belum ada kesamaan antara yang satu dengan yang lainnya berdasarkan peneliti-peneliti terdahulu (Cook, et al, 1998) pengertian zonasi bahaya diartikan sebagai peta yang menggambarkan pada daerah dengan batasan tertentu, dimana daerah tersebut mempunyai kemungkinan terjadinya ketidak stabilan lereng dalam tingkatan waktu tertentu.

Dalam melakukan identifikasi ketidak stabilan lereng berdasarkan tingkatan resiko yang mungkin terjadi dalam bentuk kuantitas kejadian (probabilitas kuantitatif) pada daerah tertentu tergantung faktor-faktor sebagai berikut:

- Kerugian ekonomi
- Resiko keselamatan jiwa manusia
- Kerugian prasarana dan sarana umum maupun pribadi

#### **2.2. Gerakan Tanah**

Gerakan tanah terjadi karena adanya perubahan yang diakibatkan oleh faktor eksternal maupun faktor internal, kedua faktor ini saling mempengaruhi satu sama lainnya pada saat kesetimbangan mengalami perubahan oleh kedua faktor tersebut. Kedua faktor tersebut saling berinteraksi apabila salah satu faktor mengalami suatu perubahan sehingga untuk menjaga kesetimbangan alami kondisi tanah akan membuat kesetimbangan baru.

Faktor eksternal yang sangat mempengaruhi dari terjadinya gerakan tanah adalah sebagai berikut :

- a. Aktivitas manusia, baik penggunaan lahan maupun aktivitas adanya perubahan-perubahan relief muka bumi yaitu adanya pembangunan yang salah satunya adalah pembangunan jalan.

- b. Faktor akibat gerakan bumi itu sendiri seperti gempa bumi, meletus gunung api yang dapat merubah relief muka bumi dalam kondisi tidak setimbang.
- c. Faktor iklim, yaitu adanya peningkatan intensitas curah hujan maupun perubahan yang sangat berfluktuasi dari curah hujan tersebut, ataupun perubahan iklim yang dapat merubah suatu kesetimbangan muka bumi

Sedangkan faktor internal yang dapat menyebabkan gerakan tanah lebih dipengaruhi oleh sifat teknis maupun fisik dari kondisi tanah dan pengaruh kondisi Geologi setempat yang dapat merubah atau mencari kesetimbangan baru, namun secara garis besar faktor internal juga sangat dipengaruhi perubahan-perubahan faktor eksternal dari relief muka bumi itu sendiri.

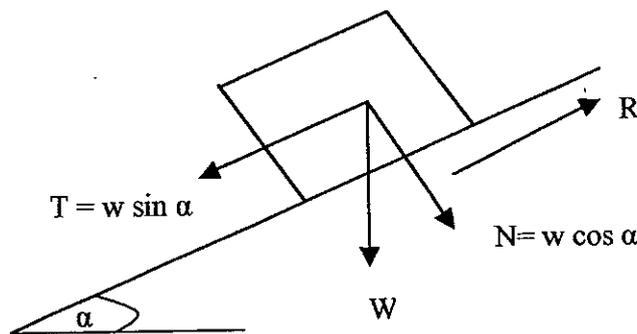
### 2.3. Dasar Teori Gerakan Tanah

Dasar teori dalam melakukan penelitian mengenai gerakan tanah adalah teori dasar dalam pergerakan tanah yaitu : pada lereng bekerja gaya-gaya yang terdiri dari gaya pendorong dan gaya penahan, sedangkan gaya pendorong adalah gaya tangensial dari berat massa tanah, sedangkan gaya penahan berupa tahanan jenis tanah. Sehingga dalam melakukan analisis kemandapan suatu lereng harus dilakukan dengan memperhitungkan besarnya gaya pendorong.

Dapat dikatakan secara model :

Gerakan tanah akan terjadi bila :

- **Gaya Pendorong > Gaya Penahan**



Gambar .2.1. Keseimbangan benda pada bidang miring

**Dimana :**

W = Berat Benda ( Kg )

N = Gaya Normal

T = Gaya Tangensial

R = Gaya Geser

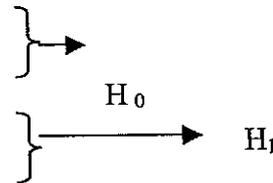
**Hipotesa :**

Bila  $R / T > 1$  benda tidak akan bergerak

Bila  $R / T = 1$  benda tidak akan bergerak

Bila  $R / T < 1$  benda akan bergerak

Atau  $R < T$  maka benda akan bergerak

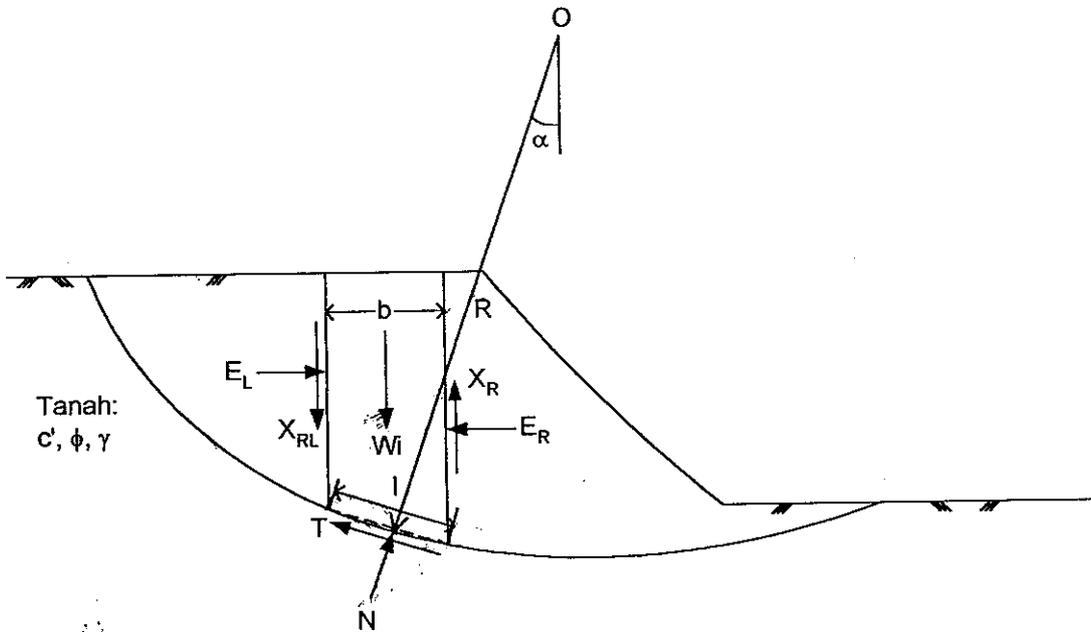


Dengan berdasarkan hipotesa tersebut akan dilakukan analisis berdasarkan penyelesaian hipotesa secara sederhana , yaitu dengan diasumsikan sebagai berikut :

- Bila Gaya-gaya Tangensial (T) diasumsikan berupa sebagai faktor –faktor alam / buatan sebagai pemicu terjadinya gerakan tanah.
- Gaya-gaya Geser (R) yaitu faktor-faktor penahan terjadinya longsor berupa faktor-faktor alam yang mempunyai sifat sebagai penahan terjadinya gerakan tanah.

Dalam uji hipotesa tersebut adalah, dengan melakukan suatu uji hubungan (korelasi) antara faktor penyebab terjadinya gerakan tanah dengan penahan terjadinya gerakan tanah tersebut. Bila uji antara penyebab dan penahan secara data-data yang telah ada ternyata memberikan suatu hubungan, maka H<sub>1</sub> diterima.

Model sederhana metode *simplified Bishop* (Espinoza *et al.*, 1992) untuk kestabilan lereng adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.2.** Suatu potongan pada metode *simplified Bishop*.

Persamaan akhir dari model ini adalah:

$$F = \frac{\sum (c'l + (N - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.1)$$

$$\text{di mana: } N = \frac{\left( W - \frac{1}{F} (c'l \sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha) \right)}{m_\alpha} \quad (2.2)$$

$$m_\alpha = \cos \alpha \left( 1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F} \right) \quad (2.3)$$

dan  $c'$  = kohesi tanah

$l$  = panjang bidang gelincir

$N$  = gaya normal pada dasar bidang gelincir

$u$  = tekanan air pori pada dasar bidang gelincir

$\phi'$  = sudut geser dalam tanah

$F$  = faktor keamanan (FK)

$W$  = berat massa tanah

#### **2.4. Kondisi Relief muka bumi**

Kondisi relief muka bumi terutama pada daerah yang memiliki kondisi relief muka bumi yang bervariasi antara perbukitan dan lembah serta mempunyai perbedaan yang sangat signifikan akan sangat mudah untuk membentuk kesetimbangan-kesetimbangan baru yang dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor tersebut diatas.

#### **II.5. Karakteristik Geoteknik dan Geologi setempat**

Karakteristik Geoteknik maupun Geologi setempat akan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan-perubahan di muka bumi untuk mencapai suatu kesetimbangan

#### **II.6. Hidrogeologi**

Akibat adanya pengaruh faktor eksternal serta sifat dan karakteristik kondisi geologi setempat, maka pada masing-masing daerah mempunyai tipikal serta kondisi-kondisi hidrogeologi yang bervariasi yang pada akhirnya akan mempengaruhi relief muka bumi untuk membentuk suatu kesetimbangan-kesetimbangan baru.

Dalam analisis ini yang kaitannya terhadap pengaruh iklim sebagai salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi kesetimbangan dari relief muka bumi dengan adanya suatu aktivitas manusia yaitu pembangunan Prasarana suatu wilayah.

Sebagai salah satu faktor untuk mendisain awal maupun untuk pemeliharaan serta pemantauan dengan adanya pembangunan tersebut dikaitkan kepada faktor eksternal maupun internal, yang dapat merubah relief muka bumi untuk mencari kesetimbangan baru secara alami. Umum dikatakan oleh para ilmuwan adalah bencana alam gerakan tanah.

#### **II.7. Parameter-Parameter Yang Berpengaruh Terhadap Kestabilan Lereng**

Ada beberapa faktor yang berpengaruh langsung terhadap kestabilan lereng, hal ini diasosiasikan kedalam jaringan jalan, yaitu :

- a) Sifat material Geologi
- b) Faktor dampak jalan
- c) Variabel pemicu tambahan

### 2.7.1. Sifat material Geologi

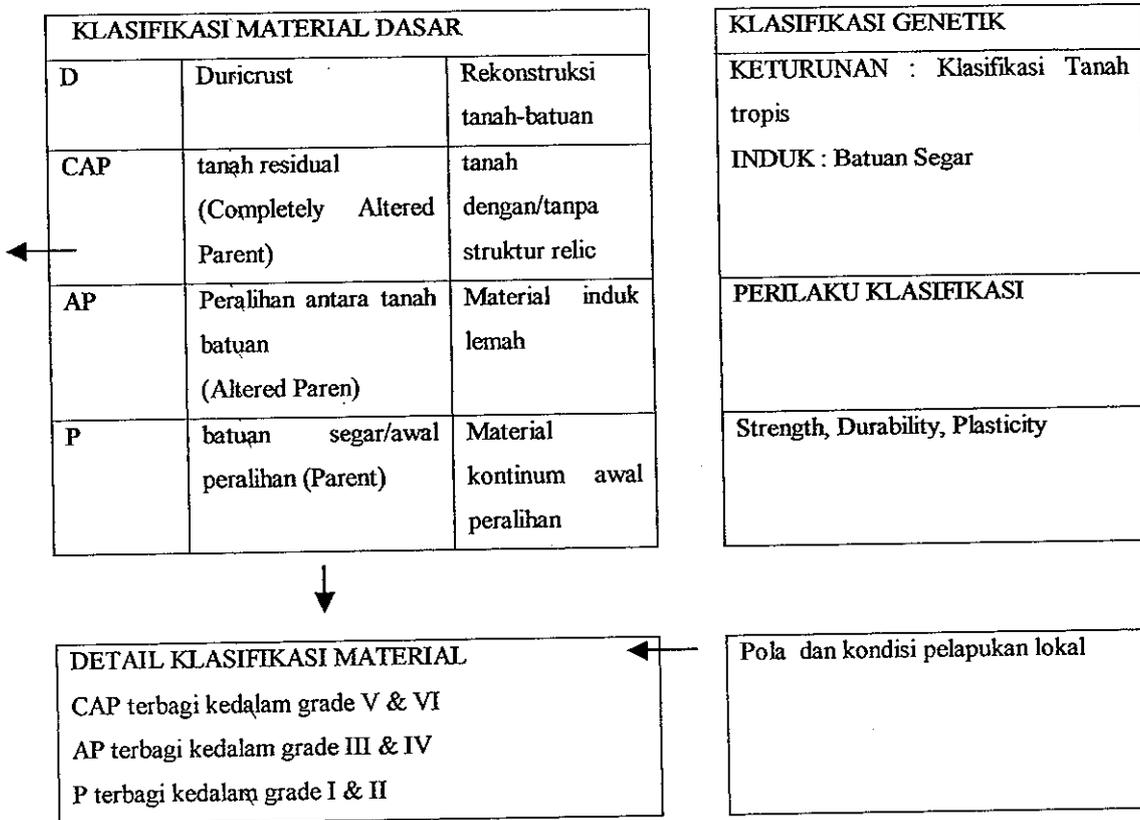
Sifat material Geologi mempertimbangkan beberapa aspek yaitu sifat dan karakter material termasuk kondisi geologi, struktur dan perilaku mass, kondisi terain, dan hidrologi. Faktor-faktor ini mungkin akan bervariasi lagi antara satu lokasi dan lokasi lainnya, meskipun pengelompokan dapat dilakukan mencapai level regional (mega skala).

#### Material

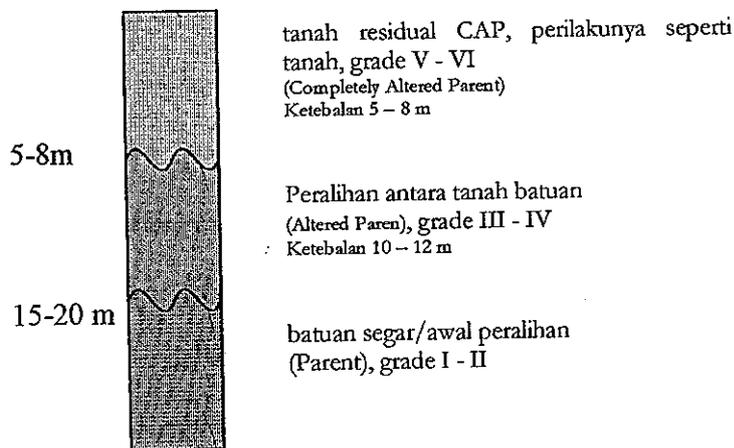
Material tropis tak berpindah (material tropis non-transported) seharusnya dipertimbangkan sebagai bagian profil tanah-batuan yang kasusnya sebagai material kontinum dari batuan segar (*fresh bed rock*) sampai ke batuan lapuk sempurna-tanah residual. Pengaruh iklim tropis terhadap pelapukan material induk sangat signifikan.

Klasifikasi pelapukan material telah banyak dikembangkan dari berbagai referensi tetapi ada beberapa yang kontradiksi satu sama lainnya. Sistem klasifikasi profil tanah-batuan berdasarkan konsep riwayat tahapan pelapukan antara lain Moye (1955), Ruxton dan Berry (1967) dan Little (1969). Dari semua klasifikasi belum ada yang berlaku umum/mapan seperti halnya klasifikasi USCS dalam tanah berpindah/sedimen. GSGE (*Geological Society Engineering Group*) menerbitkan resume dari seluruh standar sistem klasifikasi pelapukan tapi masih banyak masalah yang timbul (*Geological Society, 1995*).

Price (1993) dan Cook, J (1996) mencoba membuat klasifikasi pelapukan tersendiri yang diusulkan untuk daerah iklim tropis. Klasifikasi ini yang berimplikasi langsung untuk pekerjaan lereng jalan, berdasarkan kepada karakter material induk dan pengaruh pelapukan. Kesimpulan klasifikasi dapat dilihat di gambar 2.3



Gambar 2.3 Klasifikasi umum pelapukan iklim tropis (Cook,dkk 1996)



Gambar 2.4 Skema umum untuk profil pelapukan material vulkanik (Cook,dkk 1996)

Mayoritas pekerjaan lereng jalan di Indonesia dominan berada pada grup material CAP (*Completely Altered Parent*) (Gambar. 2.4.).

### Struktur dan Perilaku massa

Struktur mempunyai pengaruh utama pada perilaku geoteknik, Pengaruh ini terbukti dalam material residual insitu dimana karakter material induk mungkin diturunkan sebagai struktur *relict* dalam material yang mengalami pelapukan tinggi. Kombinasi suatu tanah-dan struktur *relict* dapat menjadi masalah lereng yang potensial (Irfan dan Woods, 1988).

Istilah struktur, fabric dan tekstur, meskipun umum digunakan dalam literatur geoteknik tapi sering menjadi *conflicting senses* penerapannya dalam mekanika tanah, mekanika batuan dan geologi. Dibawah ini ditetapkan definisi yang jelas untuk masing-masing istilah tersebut :

<i>Tekstur</i>	: <i>Morfologi, tipe dan ukuran komponen partikel</i>
<i>Fabric</i>	: <i>Susunan ruang komponen partikel</i>
<i>Discontinuities</i>	: <i>Distribusi elemen pemisah permukaan fabric, material penyusun tanah-batuan</i>
<i>Struktur</i>	: <i>Fabric, tekstur dan pola discontinuity yang menyusun material tanah-batuan.</i>

### Terrain

Hubungan antara bentang alam (*terrain*) dan lereng mempunyai pengaruh krusial dalam kestabilan lereng. Didalam beberapa kasus hubungan ini mungkin lereng menjadi terlalu curam.

### Hidrologi

Air merupakan faktor pengaruh tunggal terbesar dalam kestabilan lereng di Indonesia dan berdampak langsung baik pada stabilitas lereng alamiah ataupun lereng buatan manusia. Dalam konteks air permukaan (*surface water*) berdampak erosi permukaan sedangkan konteks air tanah (*ground water*) hubungannya dengan hisapan air pori (*pore water suction*) atau tekanan air pori yang berdampak langsung pada kuat geser yang tersedia.

### 2.7.2. Faktor Dampak Pembangunan Jalan

Faktor ini berasal dari metoda desain, konstruksi dan pemeliharaan proyek jalan spesifik. Proyek khusus dalam hubungannya dengan faktor geoteknik menghasilkan stabilitas jalan berdasarkan level atau tingkat resiko dengan parameteranya adalah :

- Geometri Jalan
- Drainase
- Vegetasi
- Metoda Konstruksi
- Pemeliharaan

### 2.7.3. Variabel Pemicu Tambahan

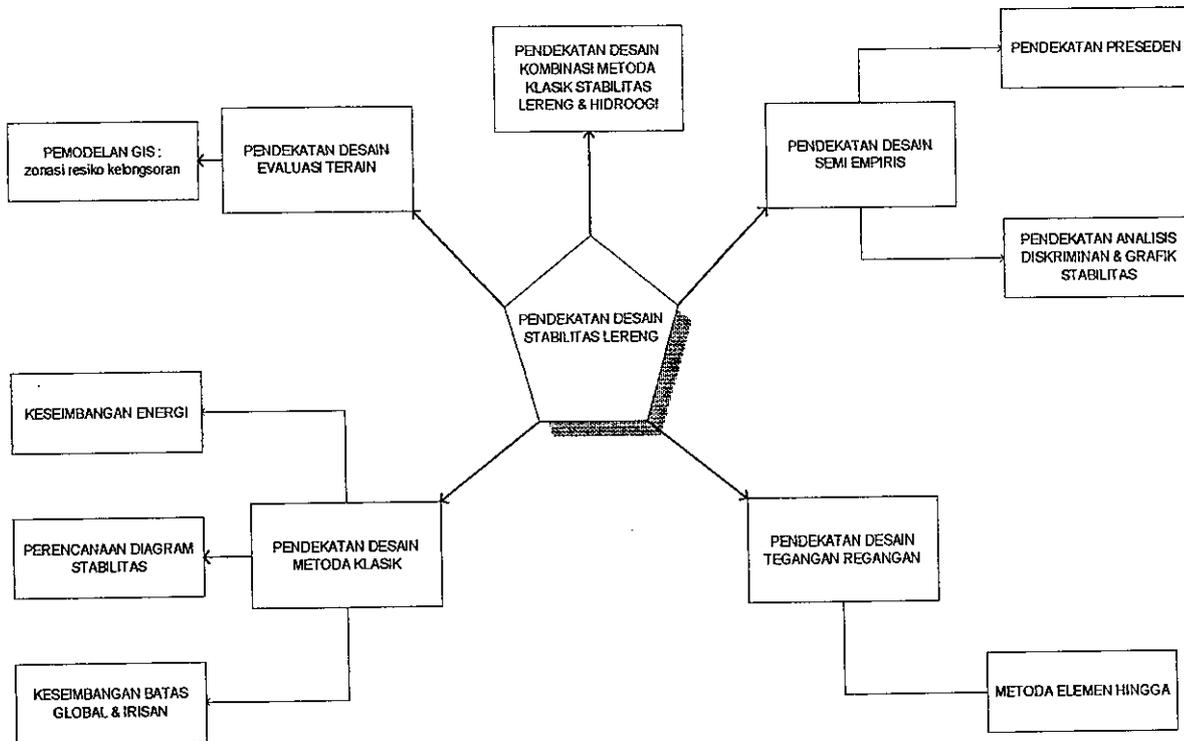
Variabel tambahan lain yang berkaitan dengan kestabilan lereng terutama sebagai pemicu keruntuhan lereng antara lain hujan, gempa, perubahan lingkungan seperti vegetasi, pelebaran jalan, peningkatan fungsi jalan dan efek waktu layan lereng jalan.

## 2.8. State Of Art Analisa Stabilitas Lereng

Terdapat pendekatan yang bervariasi untuk desain stabilitas lereng, dibawah ini dicoba untuk dapat diklasifikasikan kedalam 5 tipe dasar, yaitu :

- i. Metoda desain semi – empirik (modifikasi preseden)
- ii. Pendekatan evaluasi *terrain*
- iii. Metoda klasik
- iv. Rumusan *displacemen*
- v. Metoda model stabilitas *slope couple* hidrologi

Pola hubungan dan turunannya semua pendekatan yang disebutkan diatas, dilihat pada gambar 2.5 dibuat diagramnya.



Gambar 2.5 Diagram pendekatan analisis untuk stabilitas lereng

## 2.9. Pendekatan Analisis Diskriminan

Ada beberapa multivariansi (*multi variable*) metoda statistik yang tersedia, tetapi tipe yang lebih efektif untuk kegunaan mengklasifikasikan lereng stabil dan tak stabil/keruntuhan adalah menggunakan analisis diskriminan dua grup. Di beberapa lokasi yang telah di uji coba seperti di Malaysia yang dilaporkan oleh M.A. Othman (1989) dan Tim G.C.O (1982) untuk kasus di Hongkong cukup akurat, sedangkan perencanaan stabilitas lereng hanya berdasarkan tinggi dan sudut lereng saja belum cukup memuaskan.

Dua populasi grup yang variabelnya sama diukur dan dicatat untuk mendapatkan inventori data yang signifikan. Dua anggota tiap-tiap populasi itu adalah kasus lereng stabil dan tidak stabil. Maksud dari analisis diskriminan adalah menghasilkan fungsi diskriminan linier yang memberikan pemisahan maksimum antara dua grup populasi data tadi. Fungsi diskriminan linier ini dapat kemudian diadopsi sebagai rata-rata sederhana alokasi anggota grup *unknown*

lereng lain. Ini akan berguna ketika melaksanakan evaluasi regional yang meliputi jumlah besar data.

Fungsi diskriminan adalah sebagai berikut :

$$y = \alpha_1.X_1 + \alpha_2.X_2 + \dots + \alpha_n.X_n \quad 2.1$$

dimana,

$y$  = skor fungsi diskriminan

$\alpha_1 - \alpha_n$  = koefisien berat

$X_1 - X_n$  = nilai variabel diskriminan sebanyak  $n$  yang digunakan

dalam analisis.

Untuk ilustrasi analisis diskriminan multivariansi dua grup ini bisa dilihat di gambar 2.6 .

Dua asumsi dibuat dalam analisis diskriminan, asumsi pertama adalah bahwa kedua populasi mempunyai ukuran varian-kovarian homogen, sedangkan asumsi kedua distribusi variabel untuk kedua populasi tersebut diasumsikan mengikuti distribusi normal.

Tahap pertama analisis adalah mengukur jarak standar antara dua populasi tidak stabil (grup "0") dan stabil (grup "1"). Matrik Variabel turunan rata-rata antara dua grup  $d$  (biasanya berbentuk vektor turunan rata-rata)

adalah pembentukan dari,

$$d = X_0 - X_1 \quad 2.2$$

Dimana,  $X_0$  = vektor variable rata-rata grup 0

$X_1$  = vektor variable rata-rata grup 1

Jarak standar  $D$  dapat kemudian dihitung menggunakan rumusan dari Flurry dan Riedwyl (1988)

$$D = (d'.S^{-1}.d)^{1/2} \quad 2.3$$

dimana  $d'$  = matrik transpose  $d$

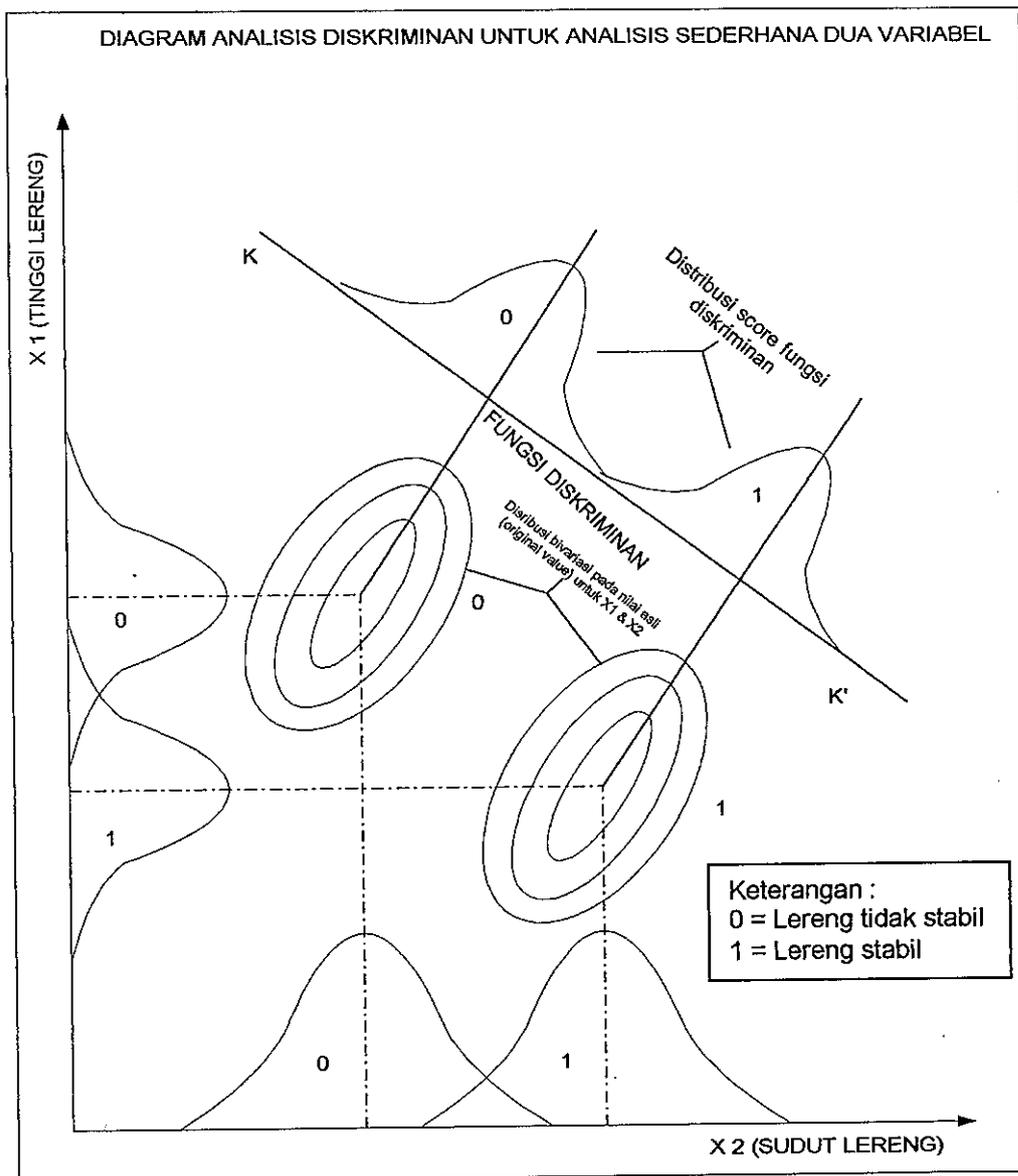
$S^{-1}$  = invers matrik S, kutub kovarian varian matrik dua grup (  $S = S_0 + S_1$

dimana  $S_0$  &  $S_1$  adalah matrik varian-kovarian grup 0 dan 1 )

Berikut ini adalah,

$$D^2 = d' \cdot S^{-1} \cdot d$$

2.4



Gambar 2.6 Diagram analisis diskriminan untuk analisis sederhana dua variabel

$D^2$  adalah normal diketahui sebagai D-squared Mahalanobis. Ini merupakan ukuran keefektifan separasi antara dua grup berdasarkan variabel yang digunakan. Nilai  $D^2$  yang tinggi, lebih baik dalam proses separasi.

Uji signifikan dapat dibuat untuk menguji Hipotesis jarak standar antara dua populasi atau grup adalah nol. Dengan kata lain hipotesa akan batal jika rata dua rata-rata populasi adalah identik atau sama.

Mather (1976) mengusulkan formulasi untuk menghitung rasio-F :

$$F = \frac{(n_0 + n_1 - p - 1).n_0.n_1}{p(n_0 + n_1)(n_0 + n_1 - 2)} D^2 \quad 2.5$$

dimana

- $n_0$  &  $n_1$  = jumlah kasus dalam grup 0 & 1
- $p$  = jumlah variabel yang digunakan dalam analisis
- $D^2$  = D-kuadrat Mahalanobis

langkah selanjutnya adalah mengitung fungsi koefisien diskriminan.

Koefisien fungsi diskriminan dihitung dari :

$$\alpha = S^{-1}.d \quad 2.6$$

dimana :

- $\alpha$  = koefisien fungsi matrik determinan
- $S^{-1}$  = invers kutub varian - kovariance matrik S

dimana  $S = S_0 + S_1$ ,

$S_0$  &  $S_1$  menjadi varian - kovarian grup 0 dan 1

$d$  = matrik variable turunan rata-rata

Kontribusi fungsi power diskriminan  $i$  yang merupakan variabel dari  $c_i$ , yang dinyatakan dalam persen dapat dihitung dari ; Mather (1976).

$$c_i = \frac{\alpha_i . d_i}{D^2} 100 \text{persen} \quad 2.7$$

dimana,

- $i$  = 1,2, ... p
- $p$  = total jumlah variable digunakan dalam analisis

$\alpha_i$  =  $i$  adalah koefisien fungsi diskriminan berhubungan  $i$ . th.

Variable  $d_i$  = Hubungan  $i$ . th. variable turunan rata-rata dua grup

$D^2$  =  $D$  kuadrat Mahalanobis.

Skor diskriminan tiap kasus merupakan substitusi kasus perkiraan nilai variabel dan fungsi diskriminan dari prosedur yang dijelaskan diatas. Harus ditekankan bahwa nilai skor bukan berupa faktor keamanan seperti yang didapat dari analisis stabilitas lereng. Sebagai contoh persamaan  $Y_{i0}$  adalah :

$$Y_{i0} = \alpha_1.X_{i1} + \alpha_2.X_{i2} + \dots + \alpha_p.X_{ip} \quad 2.8$$

Menggambarakan proyeksi  $i$ . th. kasus grup 0 kedalam fungsi diskriminan dan seterusnya.

Akhir dari analisis diskriminan ini berupa distribusi peluang untuk masing-masing kedua populasi.

## 2.10. Pendekatan Evaluasi *Terrain*

Pendekatan evaluasi terain adalah suatu metoda yang mengevaluasi aspek fisik di suatu areal, yang meliputi perilaku geoteknik, tiap areal masing-masing mempunyai komposisi karekteristik istimewa yang tipikal dan unik ((Lawrence dkk, 1992). Evaluasi terain ini dapat dijadikan alat untuk mengidentifikasi karekteristik lereng dan urutan/ranking resiko lereng longsor dalam suatu nilai semi kuantitatif.

Pendekatan ini dipandang sebagai perkiraan resiko lereng mengalami kelongsoran dan juga sebagai alat untuk mendukung perencanaan jalan & tata ruang dalam pembukaan suatu wilayah.

Bentuk pendekatan evaluasi terain diantaranya adalah :

- Pemetaan kondisi geomorfologi
- Analisis foto udara
- Pembuatan zonasi dalam bentuk resiko kelongsoran (analisis peta raster GIS)
- Penilaian dalam bentuk peluang kelongsoran.

## 2.11. Karakterisasi Geologi Regional Jawa Barat

### 2.11.1. Geomorfologi Regional

Karakteristik fisiografi suatu wilayah mencakup beberapa aspek seperti kenampakan geomorfologi, kondisi struktur geologi, jenis batuan penyusun dan kondisi lapisan atmosfer ( curah hujan, angin, sedimentasi, erosi, longsor dan proses pelapukan ). Karakteristik fisiografi tersebut dapat menunjang potensi pengembangan wilayah suatu wilayah. Pembagian zona fisiografi Jawa Barat telah dikemukakan oleh Van Bemmelen (1949) (Gambar 2.7).

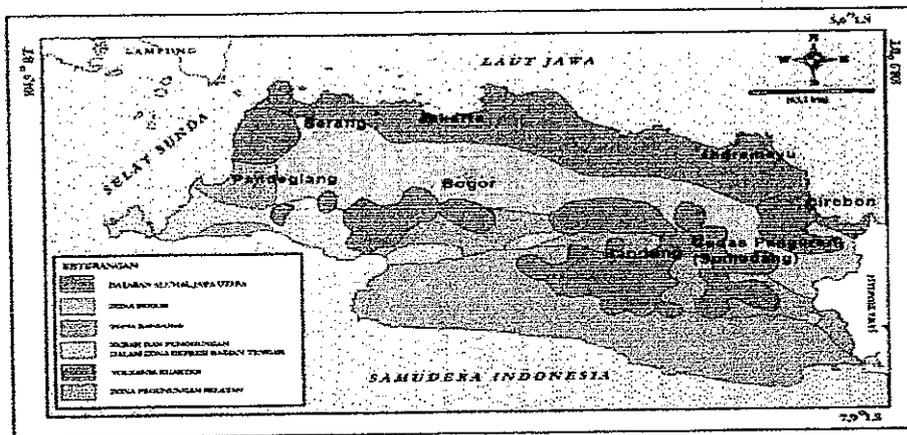
Menurut Supriatna, dkk. (1992) morfologi daerah Jawa Barat secara umum dapat dibagi menjadi 3 (tiga) satuan, yaitu: perbukitan dengan punggung yang sejajar, perbukitan dengan punggung yang tak beraturan dan perbukitan *karst*.

Perbukitan dengan punggung yang sejajar hanya terdapat di bagian Barat Laut, ditempati oleh satuan batuan gunungapi muda yang berasal dari G. Cikurai. Perbukitan tersebut mempunyai beberapa puncak, antara lain : G. Dongeng (771 m), Pr. Uray (747 m), Pr. Ciwedus (779 m), Pr. Giriawas (722 m), Pr. Sasarandean (689 m), Pr. Sabukur (624 m), Pr. Nangulang (480 m) dan Pr. Pareang (559 m).

Perbukitan dengan punggung yang tidak beraturan merupakan satuan yang paling luas, ditempati oleh batuan gunungapi tua, batuan gunungapi muda dan pasir tufan. Beberapa puncaknya antara lain : Pr. Kiarapugur (561 m), Pr. Ekek (446 m), Pr. Burujul (283 m), Pr. Batutumpang (313 m), Pr. Kancahnangkub (448 m), G. Taman (731 m), Pr. Gadung (334 m), Pr. Salam (345 m), dan Pr. Tenjolaut (234 m). Satuan morfologi ini menempati bagian Baratdaya, bagian Tengah dan bagian Timurlaut.

Perbukitan *karst* menempati bagian Tenggara, Tengah Selatan dan Tengah Utara, pada umumnya ditempati oleh satuan batugamping. Puncak perbukitan ini berbentuk kerucut tetapi seringkali agak membulat. Puncak-puncaknya terdiri dari : Pr. Kuluku (67 m), Pr. Sodongparat (116 m), Pr. Wareng (116 m), Pr. Gintung (136 m), Pr. Luhur (131 m), Pr. Genteng (284 m), Pr. Sihbul (97 m), Pr. Cibungur (46 m), Pr. Anggalasan (434 m), dan G. Kecapi (494 m).

Menurut Supriatna, dkk (1992) sungai terbesar di daerah ini adalah S. Ciwulan yang bersumber dari lereng G. Galunggung, mengalir ke Bagian Tengah daerah penelitian dan bermuara ke Samudera Hindia. Aliran sungai ini berkelok-kelok dan di beberapa tempat membentuk meander. Sungai besar lainnya yang juga bermuara di Pantai Selatan adalah S. Cimedang, S. Cijulang, S. Cipatujah, dan S. Cilanga, sedangkan sungai-sungai kecil seperti S. Cijalu, S. Cikorang, S. Cibeureum, S. Cilongta, dan S. Cilumping, bermuara ke S. Cilanga.



Gambar 2.7 Peta fisiografi daerah Jawa Barat (van Bemmelen, 1949)

Analisis geomorfologi didasarkan pada penafsiran peta fisiografis, foto udara/ citra *landsat*, pengamatan bentang alam proses pembentukan morfologi seperti tahapan sungai dan jentera erosi, pengamatan litologi serta struktur yang berkembang.

### 2.11.2. Stratigrafi Regional

Menurut Ratman dan Gafoer (1998) stratigrafi daerah Jawa Bagian Barat dibagi menjadi 4 (empat) lajur atau zona. Lajur atau zona tersebut adalah :

1. Lajur Jawa Utara ( Northern Jawa Zone)
2. Lajur Bogor (Bogor Zone)
3. Lajur Gunungapi Tengah (Central Volcanic Zone)
4. Lajur Pegunungan Selatan (South Mountain Zone)

## 2.12. Iklim dan Curah Hujan

Iklim di Indonesia meskipun bervariasi tetapi dominan tropis basah (*tropical wet*). Iklim di Indonesia yang mempengaruhi kondisi geoteknik lingkungan secara umum adalah :

- a) Pelapukan tropis yang merupakan proses dominasi didalam formasi profil tanah-batuan.
- b) Periode dan besarnya curah hujan mempunyai pengaruh langsung terhadap kestabilan lereng pada umumnya.
- c) Variasi didalam tingkat evaporasi-transpirasi mempunyai pengaruh langsung terhadap kondisi kandungan air didalam lereng, lereng galian dan penempatan tanah timbunan.

Berdasarkan laporan tahunan yang dikeluarkan BMG, Beberapa zona dibuat berdasarkan sifat dan perilaku khas periode musim hujan dan musim kemarau. Jawa Barat dibagi kedalam 24 zona daerah prakiraan musim (DPM). Data curah hujan diambil berdasarkan hujan 30 tahunan yaitu dari tahun 1961 – 1990. Berikut ini pada tabel 2.1 perilaku prakiraan hujan untuk masing-masing zona :

## **BAB III METODA PENELITIAN**

### **3.1. Rancangan Penelitian**

Dalam melakukan penelitian ini dengan pendekatan studi sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data – data sekunder
- b. Analisa formulasi kebutuhan data
- c. Evaluasi struktur dan ketersediaan data
- d. Kajian ulang data SSI ( *Slope Stability Inventory* )
- e. Survei dan verifikasi data
- f. Model Analisis SIG
- g. Pengembangan Formulasi Empirik
- h. Menampilkan Peta zonasi gerakan tanah

### **3.2. Pengumpulan data**

Pengumpulan data-data sekunder yang berasal dari Pusat Litbang Prasarana Transportasi – Departemen KIMPRASWIL untuk kebutuhan analisis, berupa :

- Peta geologi lembar Jawa Barat skala 1:100.000
- Peta Hidrologi lembar Jawa Barat skala 1 : 100.000
- Peta topografi
- Peta Zonasi gempa
- Peta Jaringan Jalan
- Peta / Data curah hujan
- Foto Udara
- Data Material pembentukan geologisnya
- Curah hujan
- Pola aliran air tanah/ geohidrolisnya
- Kondisi dimensi dan topografi lerengnya
- Pola vegetasi
- Geometri lereng

### 3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang akan dilaksanakan pada ruas jalan Tanjung Sari - Sumedang Kecamatan Tanjung Sari - Kabupaten Sumedang - Propinsi Jawa Barat

### 3.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini di batasi oleh 2 ( dua) pembatasan yaitu secara spasial dan substansialnya, adalah sebagai berikut :

1. Secara spasial lingkup penelitian dibatasi oleh batasan administrasi yaitu Kecamatan Tanjungsari serta Kecamatan Sumedang Selatan – Kabupaten Sumedang Propinsi Jawa Barat.
2. Secara substansi lingkup penelitian yang dilakukan adalah menganalisa parameter-parameter yang sesuai dengan kondisi pada daerah Kecamatan Tanjungsari – Sumedang, Kabupaten Sumedang – Propinsi Jawa Barat

### 3.5. Evaluasi Struktur dan Ketersediaan Data

Evaluasi akan dilakukan pada struktur basis data *Slope Stability Inventory* ( SSI ), parameter dan dan termasuk metodologi pengujiannya. Sumber-sumber data sekunder juga akan dicari dari instansi terkait, seperti Puslitbang Geologi, Badan Meteorologi dan Geofisika, LIPI dan lain lain.

Hasil evaluasi data dibutuhkan untuk dibandingkan antara ketersediaan data dan kebutuhan data untuk analisis.

### 3.6. Kaji ulang Struktur Data SSI ( *Slope Stability Inventory* )

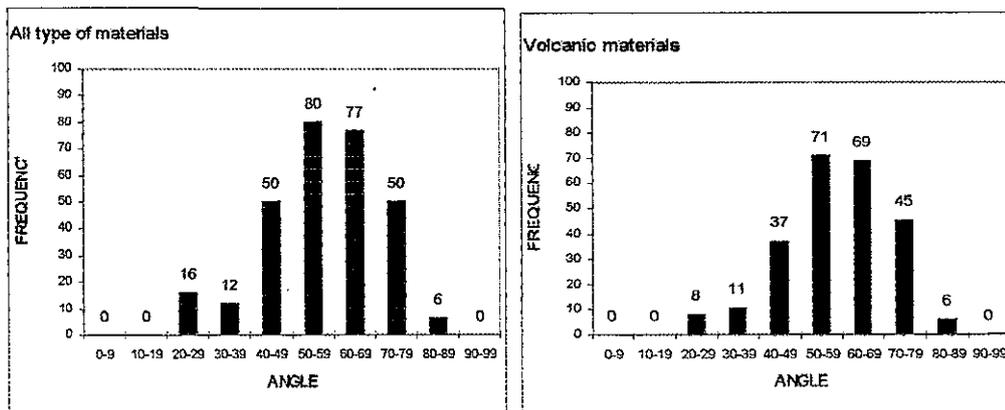
Lokasi survey untuk wilayah Jawa Barat ada 16 lokasi survey, tepatnya dilokasi-lokasi yang memang sudah rawan longsor sejak dulunya.. Untuk lebih jelasnya lihat tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Daftar lokasi survey SSI yang ada di Jawa Barat

Site No.	Road Link	No. of Cut Slope	No. of Embs	No. of Natural Slopes
2201	Purwakarta - Cikalong Wetan	23	2	3
2202	Cikalong Wetan - Padalarang	40	2	1
2208	Sindang Barang - Cianjur	20	0	22
2215	Rancah Cisaga	15	0	6
2216	Garut - Tasikmalaya	16	1	5
2217	Bandung - Tasikmalaya	22	0	8
2218	Tolengas - Jatigede	12	5	6
2219	Ciamis - Cikajang	29	1	11
2220	Cikajang - Pamengpeuk	33	0	24
2221	Cikajang - Majalengka	2	2	2
2222	Banjar - Cisaga	15	0	1
2223	Padalarang - Pasteur (Tol)	3	1	1
2224	Lembang - Subang	22	0	12
2225	Padalarang - Cianjur	10	0	4
2226	Cibeni (Tol) - Bukit Indah	7	0	1
2227	Jakarta - Cikampek	10	0	0
Total		279	14	107

### 3.7. Karakteristik lereng Jawa Barat hasil survei data SSI

Untuk lereng galian (cutting) yang telah disurvei dapat dilihat di gambar 3.2

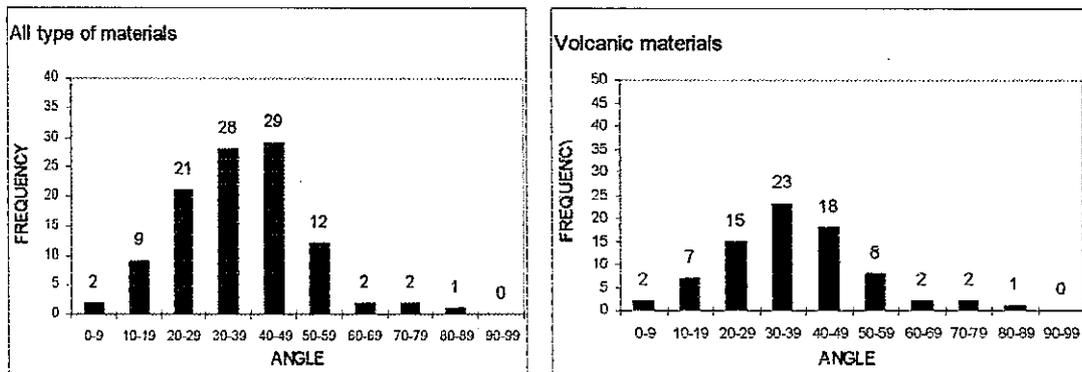


Gambar 3.2 Grafik hubungan sudut lereng dan frekwensi jumlah lereng galian di Jawa Barat

Secara umum kemiringan lereng hasil survey SSI di Jawa Barat berada pada rentang sudut  $40^{\circ} - 80^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan lereng  $50^{\circ} - 60^{\circ}$ . Untuk lereng berupa material vulkanik kemiringan lereng yang hasil survey berada pada rentang  $40^{\circ} - 80^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan sudut lereng  $50^{\circ} - 60^{\circ}$  sama dengan kemiringan lereng pada umumnya di Jawa Barat.

#### 3.7.1. Sudut vs Frekwensi lereng alamiah (Natural slope) di Jawa Barat

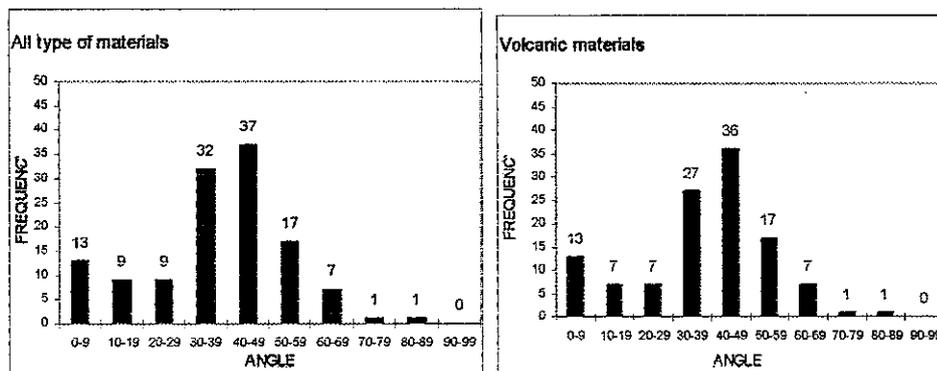
Secara umum kemiringan lereng alamiah hasil survey SSI di Jawa Barat berada pada rentang sudut  $30^{\circ} - 50^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan lereng  $40^{\circ} - 50^{\circ}$ . Untuk lereng berupa material vulkanik kemiringan lereng yang hasil survey berada pada rentang  $30^{\circ} - 50^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan sudut lereng  $30^{\circ} - 40^{\circ}$ , lihat gambar 3.3



Gambar 3.3 Grafik hubungan sudut lereng dan frekwensi jumlah lereng alamiah di Jawa Barat, yang di survey SSI

### 3.7.2. Sudut vs Frekwensi lereng longsor di Pulau Jawa

Secara umum kemiringan lereng yang mengalami kelongsoran hasil survey SSI di Jawa Barat berada pada rentang sudut  $30^{\circ} - 50^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan lereng  $40^{\circ} - 50^{\circ}$ . Untuk lereng berupa material vulkanik kemiringan lereng yang hasil survey berada pada rentang  $30^{\circ} - 50^{\circ}$ , yang terbanyak untuk kemiringan sudut lereng  $40^{\circ} - 50^{\circ}$  sebanyak 36 lereng.



Gambar 3.4 Grafik hubungan sudut lereng galian dan frekwensi jumlah lereng di Jawa Barat, hasil survey SSI

### 3.8. Evaluasi Data SSI

Ada beberapa kelemahan data SSI yang harus dilengkapi untuk mendapatkan data yang cukup baik dari segi kuantitatif dan kualitas data :

- Data yang ada kebanyakan untuk lereng-lereng batuan dan lapukan batuan, sedangkan data lereng tanah residual masih sangat sedikit.
- Data-data masih terbatas pada daerah-daerah yang rawan longsor, sangat perlu dilakukan juga di daerah-daerah lain seperti daerah yang mempunyai potensi pengembangan pembangunan jaringan jalan misalnya daerah sepanjang jalur lintas selatan.
- Perlu banyak penambahan data terutama untuk data-data di daerah yang mempunyai material pada lerengnya berupa *shale* dan *lime stone*, karena data yang ada sekarang ini masih sangat terbatas.
- Masih banyaknya data yang tidak konsisten satu sama lain, hal ini dikarenakan para surveyor dilapangan tidak dilengkapi alat yang cukup memadai. Seperti misalnya untuk mengukur ketinggian tidak menggunakan alat seperti misalnya *distant meter*, yang dilakukan hanya mengandalkan kemampuan *sense* dari panca indera masing-masing surveyor yang sangat terbatas keakurasiannya.

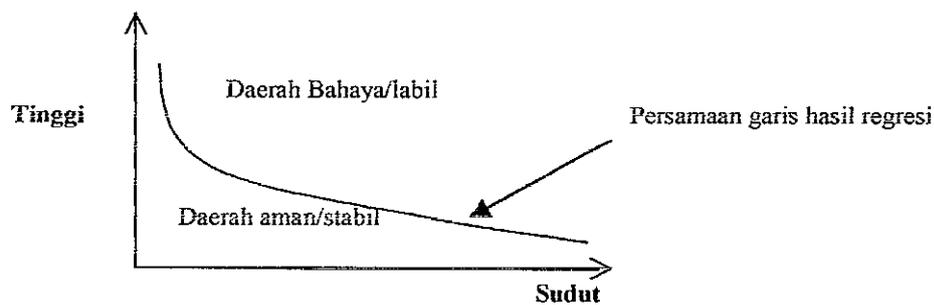
### 3.9. Metoda Pendekatan Analisis Statistik

Seperti yang diuraikan sebelumnya pustaka bahwa bentuk analisis stabilitas lereng pendekatan analisa statistik berupa *plotting* data tinggi lereng dan sudut lereng hasil inventarisasi survei lereng eksisting dilapangan. Data yang digunakan dari penelitian ini utamanya berasal dari data SSI

Cara menganalisa dan interpretasi data dari hasil proses *plotting* adalah sebagai berikut :

1. Jika hubungan yang didapat antara tinggi lereng dan sudut lereng berbanding terbalik, dimana nilai gradiennya negatif seperti ini  $H = -a \ln(\beta) \pm b$  (asumsi bentuknya eksponensial) maka hasil formulasinya sesuai dengan yang sebenarnya terjadi dilapangan.

2. Jika hubungan yang didapat antara tinggi lereng dan sudut lereng berbanding terbalik, dimana nilai gradiennya negatif seperti ini  $H = a \ln(\beta) \pm b$  (asumsi bentuknya eksponensial) maka hasil formulasinya tidak sesuai dengan yang sebenarnya terjadi di lapangan.
3. Sisi aman terdapat di daerah bawah garis persamaan hasil regresi sedangkan sisi bahaya berasal di daerah atas garis persamaan hasil regresi, lihat gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Model grafik hasil analisis regresi

### 3.10. Metoda Pendekatan Analisis Diskriminan

Langkah-langkah perhitungan analisis diskriminan :

#### Langkah 1

Pengukuran jarak standar antara dua populasi stabil dan tidak stabil :

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{10} - x_{11} \\ x_{20} - x_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n0} - x_{n1} \end{bmatrix} \quad 3.1$$

Keterangan :

d = Jarak matrik variabel rata-rata antara dua grup

$x_0$  = Vektor variable rata-rata grup 0 (tidak stabil)

$x_1$  = Vektor variable rata-rata grup 1 (stabil)

Jarak standar :

$$D = (d' \cdot S^{-1} \cdot d)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Flurry \& Riedwyl ; 1988}) \quad 3.2$$

$d'$  = transpos matrik dari  $d$

$S^{-1}$  = Invers matrik  $S$

$S = S_0 + S_1$

$S_0$  &  $S_1$  = Matrik varian & kovarian grup 0 (stabil) dan grup (tak stabil)

$$D^2 = d' \cdot S^{-1} \cdot d \quad (\text{Mahalanobis}) \quad 3.3$$

## Langkah 2

Uji signifikansi

Dalam uji signifikansi diasumsikan bahwa jarak dua grup stabil dan grup tak stabil seharusnya nilainya nol, atau dengan kata lain bahwa rata-rata dua grup multivariansi adalah identik. Uji signifikansi di cari dalam formulasi rasio F, yaitu :

$$F = \frac{(n_0 + n_1 - p - 1)n_0 n_1}{p(n_0 + n_1)(n_0 + n_1 - 2)} D^2 \quad 3.4$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah populasi grup 0 (tidak stabil) dan 1 (stabil)

$P$  = Jumlah variable yang digunakan dalam analisis,

Rasio F, bisa juga dihitung menggunakan ANOVA

Sumber variabilitas df	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	F
Diskriminan df1 = p	SS1=TSS.R <sup>2</sup>	MS1= $\frac{SS1}{df1}$	$\frac{MS1}{MS2}$
Residu df2 = n-p-1	SS2=TSS-SS1 = TSS(1-R <sup>2</sup> )	MS2= $\frac{SS2}{df2}$	
Total = n - 1	TSS		

$$\text{TSS} = \frac{n_0 n_1}{n_0 + n_1} \quad R^2 = \frac{n_0 n_1 D^2}{n(n-2) + n_0 n_1 D^2} \quad 3.5$$

### Langkah 3

Penentuan koefisien fungsi diskriminan

$$\alpha = S^{-1} \cdot d \quad 3.6$$

$\alpha$  = Matrik koefisien fungsi diskriminan

Kontribusi fungsi power diskriminan  $i$  atau  $c_i$ ,

Presentasinya dapat dihitung :

$$c_i = \frac{\alpha_i d_i}{D^2} \times 100\% \quad 3.7$$

dimana :  $i = 1, 2, \dots, p$

$p$  = jumlah total variable analisis

$\alpha_i$  = Fungsi koefisien diskriminan yang berhubungan dengan variable  $i$ .

$d_i$  = Hubungan perbedaan variable rata-rata antara dua grup dengan variable  $i$

$D^2$  = Mahalanobis,

### Langkah 4

Pengklasifikasian tiap kasus grup yang paling tepat.

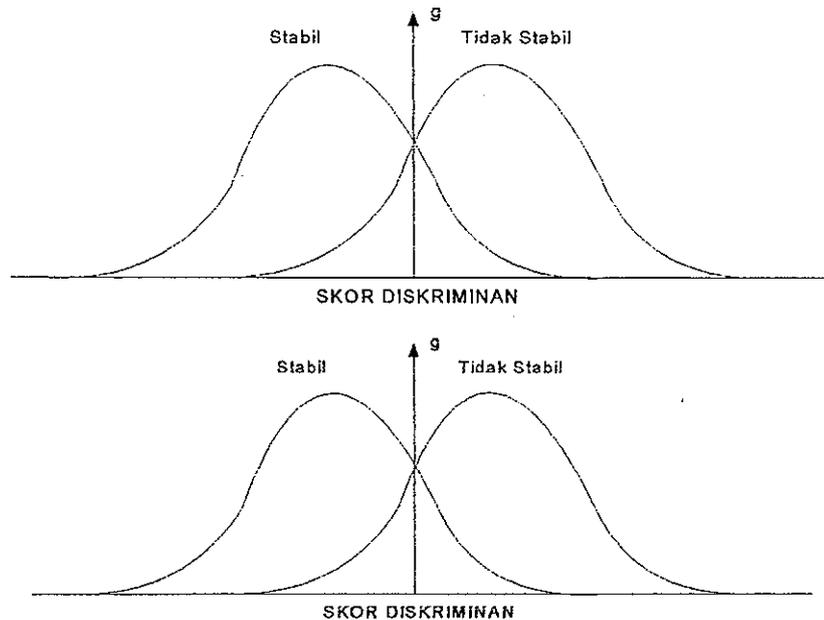
Peluang (*probability*) pengklasifikasian tepat untuk setiap kasus dalam anggota grup dapat dihitung.

Untuk contoh, klasifikasi dikatakan tepat di suatu kasus pada grup 0 (tidak stabil) jika nilainya  $> 0.5$ , maka nilai diluar prasyarat tadi ( nilainya  $\leq 0$  ) merupakan wilayah pada grup 1 (stabil).

Dari semua langkah-langkah yang disebutkan diatas, diasumsikan bahwa data-datanya berdistribusi normal, skor diskriminan yang disebutkan sebelumnya juga berdistribusi normal.

Dalam kasus ini, ada dua distribusi normal pada skor diskriminan yang harus diperhitungkan yaitu skor diskriminan grup stabil dan grup tidak stabil.

Kurva distribusi normal dari dua grup dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini :



**Gambar 3.6** Dua kurva distribusi normal dengan suatu kutub umum standar deviasi.

Gambar 3.5 memperlihatkan dua kurva distribusi normal dengan kutub deviasi standar  $\sigma$ . Titik interseksi  $g$  dapat digunakan sebagai batas bahwa pemisahan dua grup seperti itu, dalam kasus ini, suatu slope :

Dapat dikatakan stabil, jika  $y < g$

Dan sebaliknya menjadi tidak stabil, jika  $y \geq g$ .

$g$  = didefinisikan sebagai :

$$g = \frac{y_0 + y_1}{2} \quad 3.8$$

$y_0$  = skor diskriminan rata-rata untuk grup 0 (tidak stabil)

$y_1$  = skor diskriminan rata-rata untuk grup 1 (stabil)

Deviasi standar kutub  $\sigma$  :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(n_0 - 1)\sigma_0^2 + (n_1 - 1)\sigma_1^2}{(n_0 + n_1 - 2)}} \quad (\text{Flurry \& Riedwyl ; 1988}) \quad 3.9$$

$n_0$  &  $n_1$  = Jumlah kasus grup stabil dan tidak stabil

$\sigma_0$  &  $\sigma_1$  = Standar deviasi stabil dan tidak stabil

Peluang  $P_{00}(Y_0)$ , klasifikasi betul tepat suatu grup 0 pada kasus dengan skor diskriminan  $y_0$  dapat dihitung :

$$P_{00}(Y_0) = \Pr, z \geq \left[ \frac{y_0 - g}{\sigma} \right] \quad 3.10$$

Sedangkan peluang  $P_{00}(Y_0)$  klasifikasi salah, sama dengan kasus grup stabil 1 kedalam grup tidak stabil 0 adalah :

$$P_{01}(Y_0) = 1 - P_{00}(Y_0) \quad 3.11$$

Peluang klasifikasi betul dan salah pada suatu kasus  $P_{11}(Y_1)$  dan  $P_{10}(Y_1)$  berturut-turut dihitung dalam suatu bentuk yang sama. Suatu aturan standar dapat kemudian diadopsi untuk memberikan kasus dalam grup berturut-turut dapat Dilihat dalam tabel dibawah ini:

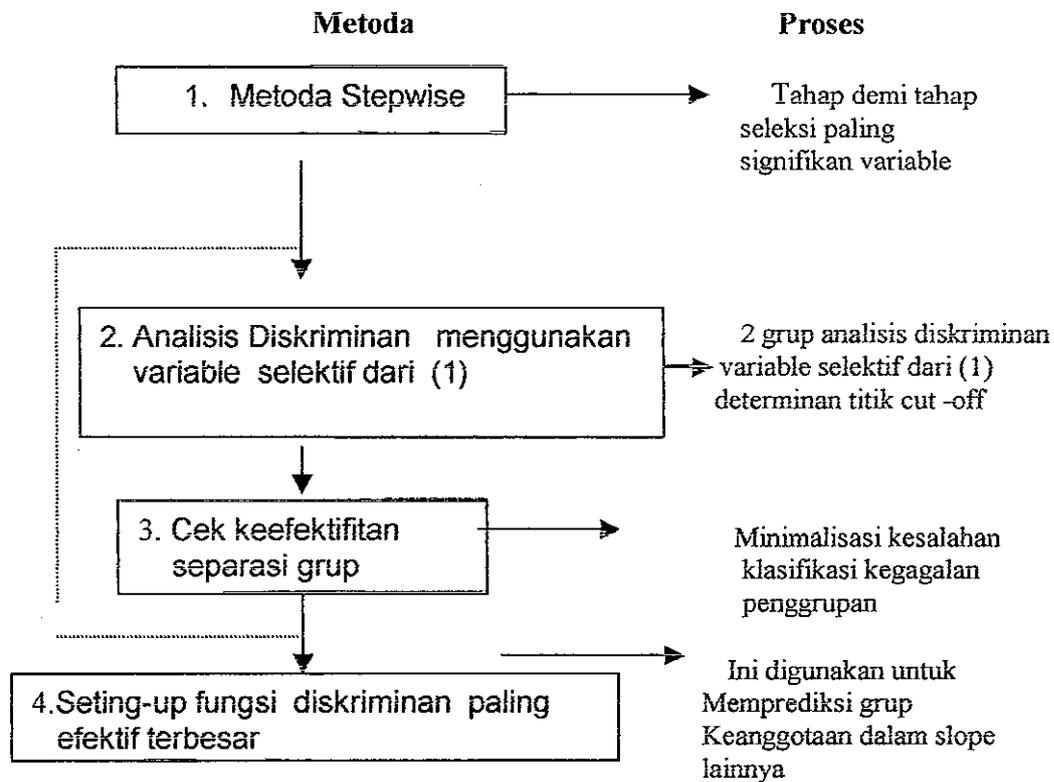
**Tabel 3.2** Peraturan peluang yang diadopsi untuk pengelokasian suatu kasus kedalam grup masing-masing.

		Jenis kasus	
		Tidak Stabil " 0 "	Stabil " 1 "
Jenis grup	Stabil " 0 "	$P_{00}(Y_0) > 0.5$	$P_{10}(Y_1) < 0.5$
	Tidak stabil " 1 "	$P_{01}(Y_0) \leq 0.5$	$P_{11}(Y_1) \geq 0.5$

Keseluruhan pengklasifikasian betul, dapat dihitung dari :

$$\frac{\text{Jumlah kasus dengan } P_{00}(Y_0) > 0.5 \text{ \& } P_{11}(Y_1) \geq 0.5}{\text{Jumlah total kasus}} \times 100\% \quad 3.12$$

Secara umum langkah dalam metoda analisis diskriminan ini disajikan dalam bentuk bagan alir berikut ini :



**Gambar 3.7** Bagan alir proses perhitungan analisis diskriminan

Pendekatan konsep peluang dalam analisis stabilitas lereng, dapat diinterpretasikan kedalam bentuk faktor keamanan (J.V. Hamel, pers.comm 1977), seperti misalkan :

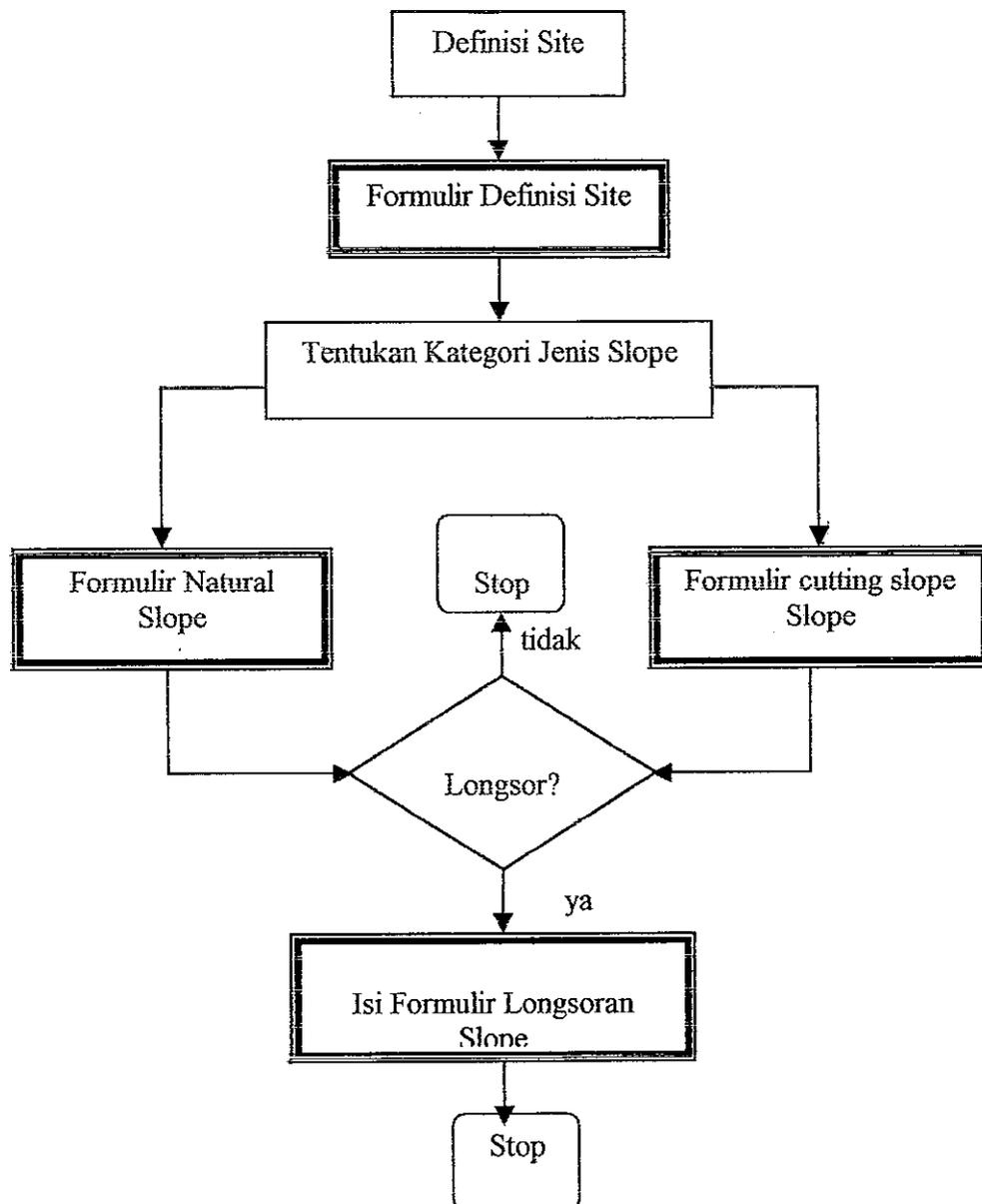
- Nilai SF = 0.8 dapat dikategorikan peluang keruntuhan lereng 100%
- Nilai SF = 1.0 dapat dikategorikan peluang terjadinya keruntuhan lereng 50%
- Nilai SF = 1.2 dapat dikategorikan peluang terjadinya keruntuhan lereng 10%.

Referensi ini dapat membantu untuk menterjemahkan konsep peluang yang dihasilkan oleh analisis diskriminan menjadi bentuk faktor keamanan yang sudah populer bagi para *engineer*.

Untuk analisis diskriminan ini dilakukan dengan bantuan piranti lunak SPSS versi 11, dari mulai tahapan pengklasifikasian, mendapatkan rumusan diskriminan sampai mendapatkan distribusi peluangnya.

Struktur data terbagi kedalam empat formulir, pertama formulir definisi site untuk keperluan survei awal yang berisi informasi awal didaerah yang mau

disurvei yang lebih detail. Kedua formulir untuk lereng alam (*Natural slope*) yaitu lereng yang belum ada intervensi manusia, sedangkan ketiga adalah formulir untuk lereng galian (*cutting slope/earthwork slope*) yaitu lereng dari hasil intervensi manusia dan formulir keempat khusus untuk lereng yang mengalami keruntuhan/longsor. Untuk lebih jelasnya lihat bagan alir Pengisian Formulir Isian SSI digambar 3.8 berikut ini :



**Gambar 3.8** Bagain alir struktur data SSI

Table 3.3 Pameter-parameter data survei

Formulir Lokasi Detil	Lereng Alam	Lereng Buatan/Galian	Lereng Longsor
Nomor Profinsi	Nomor Profinsi	Nomor Profinsi	Nomor Profinsi
Nomor Site	Nomor Site	Nomor Site	Nomor Site
Nomor Lokasi	Nomor Lokasi	Nomor Lokasi	Nomor Lokasi
Arah Ruas Jalan dari/ke	Tipe lereng	Tipe lereng	Nomor longsor
Nomor Ruas Jalan	Letak KM	Letak KM	Letak KM
Status Jalan	Letak Koordinat	Letak Koordinat	Tinggi longsor
Jalan Pada KM 1 & KM 2	Indeks Geologi	Indeks Geologi	Besarnya longsor
Koordinat Lokasi	Indeks Land System	Indeks Land System	Letak longsor
Lembar Peta Topografi	Sudut Lereng	Sudut Lereng	Bentuk longsor
Lembar Peta Geologi	Tinggi Lereng	Tinggi Lereng	Tinggi gawir
Lembar Peta Land System	Bentuk Penampang Lereng	Bentuk Lereng Galian	Sudut gawir
Terain	Bidang Lereng	Panjang Lereng Galian	Sudut longsor
Curah Hujan	Material Lereng	Pot Melintang Lereng	Kondisi lereng
Tanggal Survey	Jenis Tata Guna Lahan	Pot Memanjang Lereng	Penyebab longsor
Catatan dan Komentar	Jenis Vegetasi	Jumlah Sengkedan	MAT longsor
	Prosentasi Vegetasi	Lebar Sengkedan	Dampak longsor
	Hidrologi	Tinggi Tiap Sengkedan	Potensi longsor
	Cuaca saat survey	Sudut Sengkedan	Penanggulangan
	Kondisi Lereng	Material Lereng	Efektifitas
	Erosi Lereng	Struktur Geologi Singkapan	Cuaca
	Kemantapan Lereng	Tingkat Kerontokan	Foto
	Longsor Perm Lereng	Tinggi Sisa Lereng Atas	Sketsa Lokasi
	Pekerjaan Galian Lereng	Sudut Sisa Lereng Atas	Nama Surveyor
	Foto	Tinggi Sisa Lereng Bawah	Tanggal Survey
	Sketsa Lokasi	Sudut Sisa Lereng Bawah	Catatan dan Komentar
	Nama Surveyor	Kemantapan Lereng	
	Tanggal Survey	Erosi Lereng bawah	
	Catatan dan Komentar	Kondisi Lereng bawah	
		Drainase	
		Rekayasa / Engineering	
		Vegetasi	
		Prosentase Vegetasi	
		Hidrologi	
		Cuaca	
		Foto	
		Sketsa Lokasi	
		Nama Surveyor	
		Tanggal Survey	
		Catatan dan Komentar	

Lokasi survei untuk wilayah Jawa Barat ada 16 lokasi survei, tepatnya dilokasi-lokasi yang memang sudah rawan longsor sejak dulunya Berdasarkan pembagian zona

diatas, maka data yang ada di beberapa ruas jalan di Jawa Barat dimasukkan berdasarkan zona curah hujan, seperti terlihat dalam tabel 3.4 & 3.5.

**Tabel 3.4** Komposisi data survey berdasarkan ruas jalan dan jenis lereng

No Ruas	Ruas Jalan	Jumlah Lereng Galian	Jumlah Lereng timbunan	Jumlah Lereng Alami	Zona
2201	Purwakarta - Cikalong Wetan	23	2	3	IX
2202	Cikalong Wetan - Padalarang	40	2	1	IX
2206	Sindang Barang - Cianjur	20	0	22	VIII
2215	Rancah Cisaga	15	0	6	VI
2216	Garut - Tasikmalaya	16	1	5	VI
2217	Bandung - Tasikmalaya	22	0	8	V
2218	Tolengas - Jatigede	12	5	6	VII
2219	Ciamis - Cikajang	29	1	11	IV
2220	Cikajang - Pamengpeuk	33	0	24	VIII
2221	Cikajang - Majalengka	2	2	2	VI
2222	Banjar - Cisaga	15	0	1	VI
2223	Padalarang - Pasteur (Tol)	3	1	1	IV
2224	Lembang - Subang	22	0	12	IX
2225	Padalarang - Cianjur	10	0	4	IV
2226	Cibeni (Tol) - Bukit Indah	7	0	1	V
2227	Jakarta - Cikampek	10	0	0	V
	Total	279	14	107	

**Tabel 3.5** Komposisi data berdasarkan zonasi area curah hujan dan jenis materialnya

Zone	Kelompok Nomor Ruas Jalan	Jumlah data							
		Lereng galian				Lereng alamiah			
		Vulkanik	Shale	Lime stone	Total	Vulkanik	Shale	Lime stone	Total
IV	2219, 2225 & 2223	34	5	3	42	12	4	-	16
V	2217, 2226 & 2227	29	7	3	39	8	1	-	9
VI	2216, 2221, 2222 & 2215	48	-	-	48	8	-	-	14
VII	2218	9	3	-	12	3	-	3	6
VIII	2206 & 2220	36	14	3	53	26	18	2	46
IX	2201, 2202 & 2224	85	-	-	85	16	-	-	16
	Jumlah	241	29	9	Jumlah	73	23	5	

Data-data yang diambil dari survey SSI berasal dari daerah yang mempunyai permasalahan longsor dan secara geologis termasuk material yang mempunyai kestabilan rendah/labil. Berdasarkan data hasil survey SSI khusus untuk jenis material vulkanik

Untuk menguji kekonsistenan data berdasarkan lokasi lereng, disini tidak dilakukan perbandingan antar lokasi lokal di Jawa Barat karena terbatasnya data yang ada di Jawa Barat tetapi mengambil perbandingan dengan Pulau Jawa. Untuk jenis pembentukan lereng hanya dilakukan pada lereng alam (stabil & tidak stabil). Berdasarkan pertimbangan dan keterbatasan yang disebutkan diatas, maka pengelompokan untuk analisis adalah sebagai berikut :

### 3.11. Model Analisis SIG

Analisa SIG yang dimaksud adalah suatu analisa dengan metode manajemen data base dengan menggunakan fasilitas piranti lunak komputerisasi untuk mengakses data , analisa data , pengkajian serta pengambilan keputusan dalam lingkup referensi geografis.

Dalam analisa dengan menggunakan SIG meliputi beberapa unsur yaitu :

1. Data Base
2. Referensi geografis
3. Data Input
4. Formula yang akan digunakan

Dalam uji laboratorium akan dilakukan pembuatan model SIG yaitu membuat Peta Zonasi bahaya akibat gerakan tanah berdasarkan tingkat kestabilan lereng baik lereng alami maupun lereng galian berdasarkan data-data survei SSI dan kompilasi berdasarkan data-data sekunder berupa peta-peta yang berkaitan dengan karakteristik daerah yang dilakukan penelitian.

Dalam pengujian dengan menggunakan model SIG adalah memasukkan formula hasil pengujian analisis statistik dengan metode diskriminan, parameter – parameter hasil uji signifikansi dari metode analisis statistik diskriminan akan di buat klasifikasi berdasarkan parameter-parameter yang terdapat dalam formula hasil pengujian statistik tersebut.

Berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu dikatakan pada dasarnya tidak ada formula yang pasti digunakan untuk memprediksi suatu gerakan tanah atau longsor, namun semuanya sangat tergantung terhadap kondisi suatu daerah yang dilakukan pengkajian (Lawrence C J, 1992).

Sehingga dalam membuat suatu formula untuk gerakan tanah atau longsor harus memperhatikan aspek – aspek lingkungan seperti tata guna lahan, kondisi vegetasi serta faktor curah hujan disamping faktor internal yaitu kondisi geologi serta kemiringan lahan dan hidrologi permukaan pada daerah kajian ( Marzuki dan Eddy S, 1995).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dan dari beberapa literatur mengenai konsep analisa ketabilan lereng dengan menggunakan analisa GIS ini banyak telah dilakukan oleh peneliti – peneliti terdahulu (Lawrence,1972 ; Health W dan Saroso BS, 1990 ; Bachrudin,1994 ; Wahyono, 1994 ; Marzuki dan eddy S, 1995 ; Bhandari K, 1997), dimana kejadian gerakan tanah pada umumnya terjadi pada jenis material seperti berikut ini :

- a. 40 % terjadi pada material vulkanis
- b. 23 % terjadi pada material aluvium
- c. 20 % terjadi pada material sedimen laut
- d. 17 % terjadi pada material metamorf yang dipengaruhi oleh struktur geologi

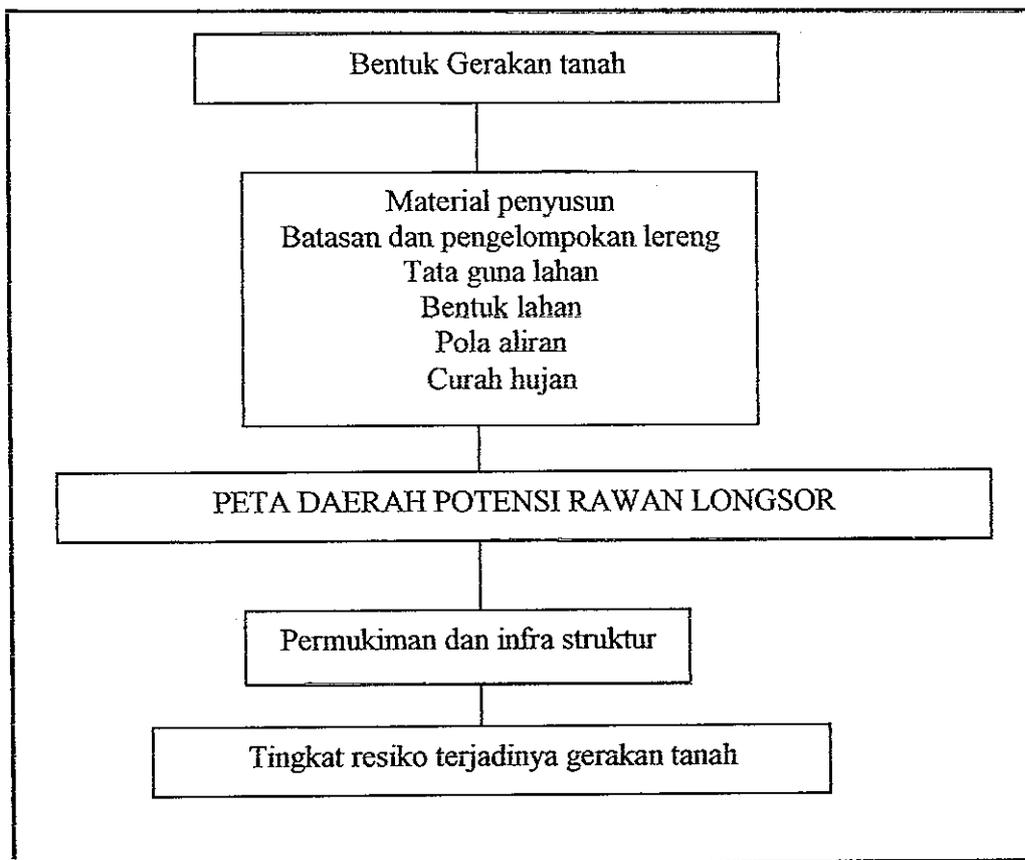
disamping pengaruh material tersebut diatas kestabilan lereng juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya dengan menggunakan metode analisa GIS akan memudahkan dalam melakukan analisa untuk kestabilan lereng dengan pendekatan metode empiris sehingga akan membentuk suatu analisa peringatan dini (*Geo Hazard*) terhadap gerakan tanah.

Pendekatan analisa pendekatan peringatan dini (*Geo Hazard*) ini memerlukan analisa parameter – parameter di suatu daerah kajian ( Bhandari K, 1997 ) yaitu :

- a. Material penyusun
- b. Tingkat pelapukan
- c. Kondisi tanah permukaan
- d. Tata guna lahan
- e. Bentuk, kemiringan dan tinggi lereng
- f. Vegetasi penutup
- g. Curah hujan

Hasil akhir dari proses dengan menggunakan SIG ini adalah berupa peta yang dapat disebut sebagai peta daerah potensi gerakan tanah atau “ *the observed landslide hazard map* “ ( Bhandari K, 1997 )

Menurut Bhandari K, 1997 dapat dilakukan berdasarkan prosedur yang dikenal dengan “ *The State of Nature Map* “ yang secara rinci menjelaskan mengenai diagram alir dalam menentukan tingkat resiko seperti dalam gambar diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.9 . Diagram intergrasi tahapan Peta Dasar Perencanaan  
( Bhandari K, 1997 )

Dalam melakukan analisa dan evaluasi daerah gerakan tanah dengan pendekatan model empiris dalam analisa SIG di kenal dengan metode :

a. Metode Kuantitatif

Yaitu suatu analisa kuantitatif didasarkan atas perhitungan nilai secara mutlak dan masing-masing parameter hasil dari proses klasifikasi ( Metode Likekihood) di beri bobot dan di hitung dengan menggunakan formulasi matematik.

b. Metode Kualitatif

Analisa potensi gerakan tanah suatu daerah melalui metode atas peringkat atau dominan terhadap suatu faktor pendukung terjadinya gerakan tanah di suatu daerah. Dengan batasan-batasan atau syarat tertentu masing-masing parameter disusun berdasarkan peringkatnya tanpa disertai nilai mutlak dan pembobotan

Dalam hal ini akan melakukan analisa dengan metode pendekatan empirik menggunakan analisa SIG dengan metode analisa kuantitatif, sedangkan formula yang dihasilkan berdasarkan luaran analisa diskriminan dari data base SSI (*Slope Stability Inventory*) Balai Geoteknik Jalan -Pusat Litbang Prasarana Transportasi – Departemen KIMPRASWIL

Klasifikasi parameter kemudian dikembangkan atau dibuat secara terperinci berdasarkan :

1. Rentang, dalam hal ini adalah klasifikasi berdasarkan tingkatan pembagian klasifikasi yang sederhana
2. Batasan-batasan, pembatasan ini dibuat secara jelas dengan menggunakan batasan-batasan parameter-parameter di lapangan sebagai acuan dalam melakukan uji verifikasi dilapangan
3. Koridor dari luasan daerah yang berpengaruh terhadap ruas jalan, pembatasan koridor ini adalah hasil pembuatan klasifikasi yang dilakukan, dimana klasifikasi parameter-parameter dalam formulasi untuk dimasukkan ke dalam SIG adalah hubungan yang berpengaruh langsung terhadap kestabilan lereng.

### 3.12. Survei dan verifikasi Data

Melakukan verifikasi tingkat kestabilan lereng berdasarkan hasil pengujian parameter yang dilakukan dengan metode analisis statistik

diskriminan serta berdasarkan klasifikasi yang dilakukan dalam tahapan pemasukan parameter-parameter di model SIG. Sehingga dalam pengamatan dilapangan adalah menggunakan batasan-batasan yang dilakukan pemasukan data ke dalam parameter untuk di olah dalam model SIG tersebut.

### **3.13. Unsur – unsur dalam pengelolaan Lingkungan**

Dalam melakukan pengelolaan lingkungan untuk mengurangi bahaya terjadinya gerakan tanah atau longsor adalah dengan melihat hasil parameter – parameter yang dilakukan analisis yang berpengaruh terhadap suatu bahaya gerakan tanah, dengan mengetahui faktor –faktor lingkungan dalam unsur-unsur parameter di dalam formula tersebut maka akan memudahkan untuk melakukan perbaikan ataupun meningkatkan faktor –faktor yang dapat mengurangi bahaya kemungkinan terjadinya gerakan tanah atau longsor terhadap suatu daerah yang dilakukan kajian tersebut.

Hal- hal yang perlu dilakukan adalah melakukan antisipasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gerakan tanah tersebut di dalam perubahan lingkungan eksternal maupun penggunaan tata guna lahan dilingkup koridor jalan yang dapat menurunkan tingkat kestabilan lereng.

Disamping melihat faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penurunan tingkat kestabilan lereng akibat penggunaan tata guna lahan di koridor jalan, juga dilakukan antisipasi dalam penggunaan tata guna lahan pengganti agar dapat meningkatkan tingkat kestabilan lereng tersebut

## **BAB IV**

### **ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pengolahan Data Base *Slope Stability Inventory* (SSI)**

Data-data yang diambil dari survei *Slope Stability Inventory* (SSI) berasal dari daerah yang mempunyai permasalahan longsor dan secara geologis termasuk material yang mempunyai kestabilan rendah atau labil. Hal tersebut berdasarkan data hasil survey *Slope Stability Inventory* (SSI) khusus untuk jenis material vulkanik

Untuk menguji kekonsistenan data berdasarkan lokasi lereng maka akan dilakukan perbandingan data yang ada di Jawa Barat dengan mengambil perbandingan pada Pulau Jawa. Untuk jenis pembentukan lereng hanya dilakukan pada lereng alam (stabil & tidak stabil). Berdasarkan pertimbangan dan keterbatasan yang disebutkan diatas, maka pengelompokan untuk analisis adalah sebagai berikut :

Berdasarkan data yang tersedia, variasi analisis diskriminan yang akan dilakukan adalah :

- a. Curah hujan Daerah Sumedang dan sekitarnya
- b. Data Pengisian form SSI (*Slope Stability Inventory*) daerah Tanjungsari - Sumedang

#### **4.2 Formulasi Stabilitas Lereng Pendekatan Analisis Diskriminan**

##### **4.2.1 Pemilihan Variabel**

Pemilihan variabel bebas untuk kedua jenis tipe lereng galian dan alam pada analisis diskriminan, didasarkan pada parameter-parameter yang mempunyai nilai dalam bentuk kuantitatif.

Variabel bebas yang akan dimasukkan kedalam analisis diskriminan untuk lereng alamiah, diambil dari beberapa variabel yang ada dalam formulir dipilih yang mempunyai karakteristik nilai kuantitatif. Variabel – variabel tersebut adalah :

**Tabel 4.1** Variabel bebas yang dimasukan dalam analisis diskriminan lokasi kajian

Nomor dalam Formulir Survey	Kode data base	Definisi
9	BENTUK LAHAN	Karateristik lereng
10	TINGGI	Tinggi keseluruhan lereng
14	LAND USE	Tata guna lahan disekitar lereng
16	VEGETASI	Persentase lereng yang tertutupi vegetasi
17	HIDRO	Kondisi hidrologi disekitar lereng
18	CURAHUJAN	Kondisi curah hujan terjadi
20	STABILITAS	Kondisi kestabilan lereng secara keseluruhan

**Tabel 4.2** Parameter dalam analisis diskriminan lokasi kajian

No	Bentuk Lahan	Tinggi Lereng	Land use	Hidrologi permukaan	Curah hujan	Vegetasi	Stabilitas
1	4,00	3,00	5,00	2,00	10,00	2,00	,00
2	5,00	1,00	3,00	1,00	5,00	2,00	1,00
3	3,00	6,00	3,00	3,00	10,00	2,00	,00
4	4,00	6,00	,00	1,00	10,00	2,00	1,00
5	1,00	6,00	3,00	1,00	10,00	,00	1,00
6	2,00	6,00	3,00	1,00	10,00	2,00	1,00
7	4,00	6,00	5,00	2,00	10,00	2,00	,00
8	2,00	6,00	3,00	2,00	10,00	3,00	,00
9	4,00	2,00	4,00	1,00	10,00	3,00	1,00
10	4,00	2,00	4,00	3,00	10,00	2,00	,00
11	2,00	2,00	4,00	1,00	10,00	,00	1,00
12	3,00	6,00	3,00	1,00	10,00	2,00	1,00
13	4,00	3,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
14	2,00	2,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
15	3,00	2,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
16	2,00	1,00	3,00	1,00	10,00	2,00	1,00
17	2,00	2,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
18	2,00	2,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
19	2,00	2,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
20	3,00	3,00	5,00	1,00	10,00	,00	1,00
21	5,00	3,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
22	3,00	3,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
23	4,00	2,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
24	1,00	2,00	3,00	1,00	10,00	3,00	1,00
25	2,00	2,00	2,00	1,00	10,00	3,00	1,00
26	3,00	2,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
27	4,00	2,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
28	4,00	2,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
29	3,00	1,00	,00	1,00	5,00	2,00	1,00
30	5,00	1,00	,00	1,00	5,00	2,00	1,00
31	3,00	1,00	,00	1,00	5,00	2,00	1,00
32	1,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
33	2,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
34	1,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
35	1,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
36	1,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
37	3,00	1,00	,00	2,00	5,00	2,00	1,00
38	1,00	1,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
39	3,00	3,00	,00	2,00	5,00	3,00	1,00
40	3,00	1,00	,00	2,00	5,00	2,00	1,00
41	4,00	6,00	3,00	,00	10,00	2,00	1,00
42	4,00	3,00	4,00	1,00	10,00	5,00	1,00
43	3,00	6,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
44	2,00	3,00	3,00	,00	10,00	2,00	,00
45	3,00	3,00	3,00	1,00	10,00	2,00	1,00
46	3,00	3,00	2,00	3,00	10,00	2,00	,00
47	3,00	4,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
48	3,00	4,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
49	2,00	3,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
50	3,00	2,00	4,00	1,00	10,00	3,00	1,00
51	1,00	1,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
52	3,00	2,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
53	3,00	2,00	6,00	2,00	5,00	2,00	1,00
54	4,00	5,00	4,00	2,00	10,00	2,00	,00
55	2,00	2,00	5,00	2,00	10,00	2,00	,00

Tabel 4.2 Parameter dalam analisis diskriminan lokasi kajian (lanjutan)

No	Bentuk Lahan	Tinggi Lereng	Land use	Hidrologi permukaan	Curah hujan	Vegetasi	Stabilitas
56	3,00	2,00	2,00	2,00	10,00	2,00	.00
57	3,00	3,00	5,00	2,00	10,00	2,00	.00
58	3,00	4,00	5,00	2,00	10,00	2,00	.00
59	3,00	3,00	5,00	2,00	10,00	2,00	.00
60	4,00	3,00	5,00	2,00	10,00	2,00	.00
61	3,00	2,00	5,00	2,00	10,00	2,00	.00
62	4,00	2,00	3,00	1,00	10,00	2,00	1,00
63	4,00	3,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
64	4,00	2,00	5,00	1,00	10,00	2,00	1,00
65	5,00	1,00	5,00	2,00	10,00	3,00	.00
66	3,00	4,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
67	3,00	1,00	3,00	1,00	5,00	2,00	1,00
68	3,00	2,00	4,00	2,00	10,00	2,00	.00
69	3,00	4,00	2,00	2,00	10,00	.00	.00
70	2,00	2,00	2,00	2,00	10,00	2,00	.00
71	3,00	4,00	2,00	2,00	10,00	2,00	.00
72	3,00	2,00	3,00	2,00	10,00	2,00	.00
73	3,00	6,00	4,00	1,00	10,00	2,00	1,00
74	3,00	2,00	4,00	1,00	10,00	1,00	1,00
75	2,00	2,00	2,00	1,00	10,00	2,00	1,00
76	1,00	1,00	8,00	3,00	5,00	2,00	.00
77	2,00	3,00	.00	2,00	5,00	2,00	1,00
78	3,00	1,00	.00	2,00	5,00	.00	1,00

#### 4.2.2 Interpretasi Output Program SPSS

Disini akan dijelaskan interpretasi dari output program SPSS 11.0, kasus analisa diskriminan untuk data lokasi kajian penelitian yaitu Ruas Jalan Tanjungsari - Sumedang, sedangkan detail outputnya bisa dilihat di lampiran. Interpretasi hasil *output* SPSS analisis diskriminan :

Tabel 4.3 Grup statistik deskriptif

		Group Statistics			
		Mean	Std. Deviation	Valid N (listwise)	
				Unweighted	Weighted
STABILI tdk stabil	BNTKLHN	3,0455	,89853	22	22,000
	TINGGI	3,1364	1,52114	22	22,000
	LANDUSE	3,9545	1,52682	22	22,000
	HYDR	2,1818	,39477	22	22,000
	CURAHHJN	9,7727	1,06600	22	22,000
	VEGETASI	2,0000	,53452	22	22,000
stabil	BNTKLHN	2,8036	1,08577	56	56,000
	TINGGI	2,5000	1,57249	56	56,000
	LANDUSE	2,6607	1,85155	56	56,000
	HYDR	1,1964	,44393	56	56,000
	CURAHHJN	8,4821	2,31980	56	56,000
	VEGETASI	2,0893	,81524	56	56,000
Total	BNTKLHN	2,8718	1,03646	78	78,000
	TINGGI	2,6795	1,57491	78	78,000
	LANDUSE	3,0256	1,85146	78	78,000
	HYDR	1,4744	,61843	78	78,000
	CURAHHJN	8,8462	2,12026	78	78,000
	VEGETASI	2,0641	,74450	78	78,000

Tabel Group Statistik pada dasarnya berisi data statistik (deskriptif) yang utama, yakni seperti rata-rata dan standar deviasi dari dua grup data stabil dan tak stabil. Data deskriptif ini digunakan untuk mengetahui apakah dari kedua grup ini

variabel-variabelnya mempunyai persamaan dan perbedaan perilaku yang cukup signifikan satu sama lainnya. Dari kedua nilai diatas terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara kedua grup tersebut, demikian seterusnya untuk variabel yang lainnya.

**Tabel 4.4** uji signifikansi masing-masing variabel dengan uji F dan Wilks' Lambda

**Tests of Equality of Group Means**

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
BNTKLHN	,989	,859	1	76	,357
TINGGI	,967	2,633	1	76	,109
LANDUSE	,900	8,461	1	76	,005
HYDR	,479	82,596	1	76	,000
CURAHHJN	,924	6,251	1	76	,015
VEGETASI	,997	,225	1	76	,637

Tabel diatas adalah hasil pengujian untuk setiap variabel bebas yang ada. Keputusan pemilihan variabel bisa diambil lewat dua cara yaitu dengan angka *Wilks' Lambda* dan uji F (uji ANOVA). Angka *Wilks' lambda* berkisar antara 0 dan 1, jika angka mendekati 0 maka data tiap grup cenderung berbeda sedangkan jika angkanya mendekati 1 maka data tiap grup cenderung sama. Dari tabel terlihat angka *Wilks' Lambda* berkisar antara 0.479 sampai 0.997.

Variabel vegetasi nilainya 0.997 mendekati 1 (satu), ini berarti bahwa variabel tersebut baik yang berada pada grup stabil maupun grup tidak stabil mempunyai kesamaan data, atau dengan kata lain variabel tersebut tidak mempengaruhi kestabilan lereng. Variabel hidrologi nilai *Wilks' Lambda* nya sebesar 0.479, ini berarti bahwa variabel ini mempunyai karekteristik yang berbeda antara grup stabil dan tidak stabil atau dengan kata lain variabel ini mempengaruhi kestabilan lereng.

Uji dengan *Wilks' Lambda* mempunyai kelemahan dalam menyimpulkan karektristik grup karena tidak mempunyai batasan yang jelas berupa nilai spesifik, untuk mendapatkan batasan yang jelas mana saja variabel yang berbeda dalam grup dilakukan uji F (ANOVA).

Persyaratan untuk uji ANOVA, perbedaan karekteristik dalam grup dapat diwakili oleh nilai Signifikansinya (pada kolom 6). Persyaratannya adalah :

- a. Jika nilai Signifikansinya  $> 0.05$ , berarti tidak ada perbedaan antar grup
- b. Jika nilai Signifikansinya  $< 0.05$ , berarti ada perbedaan antar grup.

Dengan persyaratan seperti diatas, maka untuk studi kasus ruas jalan Tanjungsari – Sumedang dalam tabel 4.4, terlihat bahwa variabel yang mempunyai perbedaan antar grup adalah bentuk lahan, hidrologi, dan curah hujan .

**Tabel 4.5** Variabel yang tersaring lewat uji signifikansi perbedaan grup

Step	Entered	Variables Entered/Removed <sup>a,b,c,d</sup>					
		Statistic	Between Groups	Min. D Squared			
				Statistic	df1	df2	Sig.
1	HYDR	5,229	tdk stabil and stabil	82,596	1	76,000	9,050E-14
2	CURAHH JN	15,238	tdk stabil and stabil	118,757	2	75,000	5,717E-24
3	BNTKLH N	16,977	tdk stabil and stabil	87,033	3	74,000	3,300E-24

At each step, the variable that maximizes the Mahalanobis distance between the two closest groups is entered.

- Maximum number of steps is 12.
- Maximum significance of F to enter is .05.
- Minimum significance of F to remove is .10.
- F level, tolerance, or VIN insufficient for further computation.

Tabel ini menyajikan variabel mana saja dari lima variabel input yang dimasukan (*entered*) dalam persamaan diskriminan. Oleh karena proses adalah bertahap (*stepwise*), maka akan dimulai dengan variabel yang mempunyai angka F hitung (statistik) terbesar.

Dengan demikian dari 5 (lima) variabel yang dimasukan, hanya ada 3 variabel yang signifikan perbedaan antara dua grup stabil dan tidak stabil.

**Tabel 4.6** Data detail tahapan uji signifikansi perbedaan grup

Variables in the Analysis					
Step		Tolerance	Sig. of F to Remove	Min. D Squared	Between Groups
1	HYDR	1,000	,000		
2	HYDR	,502	,000	,396	tdk stabil and stabil
	CURAHHJN	,502	,000	5,229	tdk stabil and stabil
3	HYDR	,457	,000	,407	tdk stabil and stabil
	CURAHHJN	,500	,000	6,471	tdk stabil and stabil
	BNTKLHJN	,871	,013	15,238	tdk stabil and stabil

Tabel diatas merupakan perincian detail dari tabel sebelumnya dalam tahapan proses *stepwise*.

**Tabel 4.7** Varians total dalam skor diskriminan

Wilks' Lambda									
Step	Number of Variables	Lambda	df1	df2	df3	Exact F			
						Statistic	df1	df2	Sig.
1	1	,479	1	1	76	82,596	1	76,000	9,050E-14
2	2	,240	2	1	76	118,757	2	75,000	5,717E-24
3	3	,221	3	1	76	87,033	3	74,000	3,300E-24

Tabel *Wilks Lambda* pada prinsipnya adalah varians total dalam skor diskriminan yang tidak bisa dijelaskan oleh perbedaan diantara grup-grup yang ada. Tabel diatas terdiri dari lima tahap, yang terkait dengan lima variabel yang secara berurutan dimasukan pada tahapan analisis sebelumnya.

Pada langkah ke 1 (satu), jumlah variabel yang dimasukan ada satu (Hidrologi), dengan angka *Wilks' Lambda* adalah 0.479. Hal ini berarti 47.9% varians tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan antar grup-grup. Kemudian pada langkah ke 2 (dua), dengan tambahan variabel Curah hujan (lihat kolom 2 bahwa jumlah variabel adalah 2 variabel), angka *Wilks' Lambda* 0.240 yang berarti bahwa 24.0 % varians tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan antar grup-grup sampai pada langkah ke 3 (tiga) angka *Wilks' Lambda* 0.221 yang berarti bahwa 22.1 % varians tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan antar grup-grup. Penurunan angka *Wilks' Lambda* menunjukkan bahwa model persamaan diskriminan semakin signifikan karena varians yang tidak bisa dijelaskan juga semakin sedikit/kecil, seperti pada langkah ke hanya sekitar 22.1 %.

**Tabel 4.8** Eigenvalues yang mengukur keeratan hubungan skor diskriminan antar grup.

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	3,528 <sup>a</sup>	100,0	100,0	,883

a. First 1 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Pada tabel *Eigenvalues*, berfungsi untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara skor diskriminan dengan grup (dalam hal ini grup stabil dan tidak stabil). Angka 0.883 menunjukkan keeratan yang cukup tinggi, dengan skala asosiasi antara 0 sampai 1.

**Tabel 4.9** Angka terakhir *Wilks' Lambda* dan *Chi-square***Wilks' Lambda**

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1	,221	112,522	3	,000

Tabel ini menyatakan angka terakhir *Wilks' Lambda*, yang sebenarnya sama saja dengan angka terakhir dari langkah ke 3 (tiga) di pembuatan model diskriminan (Lihat tabel 4.12 *Wilks Lambda*). Angka *Chi-square* sebesar 112.522 dengan tingkat signifikansi yang tinggi menunjukkan perbedaan yang jelas antara dua grup stabil dan tidak stabil.

**Tabel 4.10** Struktur matrik yang menunjukkan korelasi variabel bebas dengan fungsi diskriminan**Structure Matrix**

	Function
	1
HYDR	,555
CURAHHJN	,153
TINGGP	,079
VEGETASI	,062
BNTKLHN	,057
LANDUSE <sup>a</sup>	,055

Pooled within-groups correlations between discriminating variables and standardized canonical discriminant functions  
Variables ordered by absolute size of correlation within function.

a. This variable not used in the analysis.

Tabel struktur matrik menjelaskan korelasi antara variabel bebas dengan fungsi diskriminan yang terbentuk. Terlihat variabel hidrologi paling erat hubungannya dengan fungsi diskriminan, diikuti oleh *Land Use*, cuaca, vegetasi dan ketinggian lereng.

**Tabel 4.11** Nilai-nilai yang dihasilkan dalam analisa diskriminan dalam bentuk fungsi diskriminan**Canonical Discriminant Function Coefficients**

	Function
	1
BNTKLHN	,331
HYDR	3,390
CURAHHJN	,542
(Constant)	-10,744

Unstandardized coefficients

Tabel diatas mempunyai fungsi yang hampir mirip dengan persamaan regresi multivarian, yang dalam analisis diskriminan disebut sebagai fungsi diskriminan :

$$Y = ( 0.331 X_1 + 3.390 X_2 + 0.542 X_3 ) - 10.744$$

Keterangan :

$X_1$  = Bentuk Lahan

$X_2$  = kejenuhan tanah

$X_3$  = Curah hujan

Kegunaan fungsi ini untuk mengetahui sebuah kasus kestabilan lereng (masuk kedalam grup stabil atau tidak stabil).

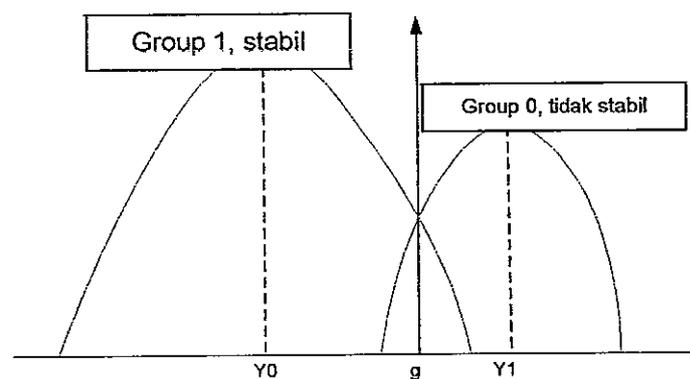
**Tabel 4.12** Nilai tengah dari masing-masing grup diskriminan stabil dan tidak stabil

**Functions at Group Centroids**

	Function
STABIL	1
tdk stabil	2,958
stabil	-1,162

Unstandardized canonical discriminant functions evaluated at group means

Oleh karena ada dua grup yaitu stabil dan tidak stabil (*Two-Group Discriminat*), dimana grup yang satu (stabil) mempunyai *centroid (group mean)* negatif dan grup yang satunya lagi mempunyai *centroid (group mean)* positif. Angka pada tabel menunjukkan besaran Y yang memisahkan kedua grup tersebut.



**Gambar 4.1** Dua kurva normal densiti yang dihasilkan

Nilai  $Y_0$  dalam hal ini nilai rata-rata skor diskriminan untuk grup stabil adalah

- 1.162, sedangkan  $Y_1$  yang dalam hal ini merupakan representasi dari nilai rata-rata skor diskriminan untuk grup tidak stabil adalah 2.958. Sedangkan nilai *cut-off* nya atau variabel  $g$  adalah :

$$(-1.162 + 2.958)/2 = 0.909$$

**Tabel 4.13** Komposisi data masing-masing grup stabil dan tidak stabil

**Prior Probabilities for Groups**

STABILI	Prior	Cases Used in Analysis	
		Unweighted	Weighted
tdk stabil	,500	22	22,000
stabil	,500	56	56,000
Total	1,000	78	78,000

Tabel diatas memperlihatkan komposisi ke 78 data kestabilan lereng, yang dengan model diskriminan menghasilkan 56 data ada di grup stabil sedangkan sisanya 22 data berada pada grup tidak stabil.

Tabel *casewise statistic* pada prinsipnya ingin menguji keseluruhan data, apakah model diskriminan yang sudah terdefiniskan diatas akan mengelompokan dengan tepat suatu data kestabilan lereng pada kategori stabil dan tidak stabil.

Dalam tabel ini juga akan selain menghasilkan skor diskriminan, ditentukan pula sejauh mana peluang masing-masing data termasuk kedalam kategori grup stabil dan tidak stabil.

**Tabel 4.14** Hasil pengklasifikasian dalam bentuk prosentase kegagalan dan keberhasilan

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

	STABILI	Predicted Group Membership		Total	
		tdk stabil	stabil		
Original	Count	tdk stabil	22	0	22
		stabil	0	56	56
	%	tdk stabil	100,0	,0	100,0
		stabil	,0	100,0	100,0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	tdk stabil	22	0	22
		stabil	0	56	56
	%	tdk stabil	100,0	,0	100,0
		stabil	,0	100,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100,0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100,0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Pada tabel ini dijelaskan mengenai hasil klasifikasi atau prosentase kekeliruan dan kebenaran klasifikasi yang dihasilkan. Seperti misalkan pada grup stabil data yang ada 56, ternyata hasil pengklasifikasian dari fungsi diskriminan yang dihasilkan tetap 56, itu berarti prosentase kebenaran pengklasifikasian grup stable

adalah 100 %. Sedangkan data yang dianalisis untuk grup tidak stabil ada 22 data, ternyata hasil pengklasifikasian tetap 22 data termasuk kategori grup tidak stabil atau kebenaran pengklasifikasian untuk grup tidak stabil 100 %.

Dari hasil ini berarti model fungsi diskriminan yang terbentuk sudah signifikan, karena kekeliruan pengklasifikasian tidak ada 0 %.

#### 4.2.3 Hasil Analisis Diskriminan

##### Lereng Alam Data Umum Vulkanik Jawa Barat

Formulasi persamaan diskriminan yang dihasilkan adalah :

$$Y = ( 0.331 X_1 + 3.390 X_2 + 0.542 X_3 ) - 10.744$$

Keterangan :

$X_1$  = Bentuk Lahan

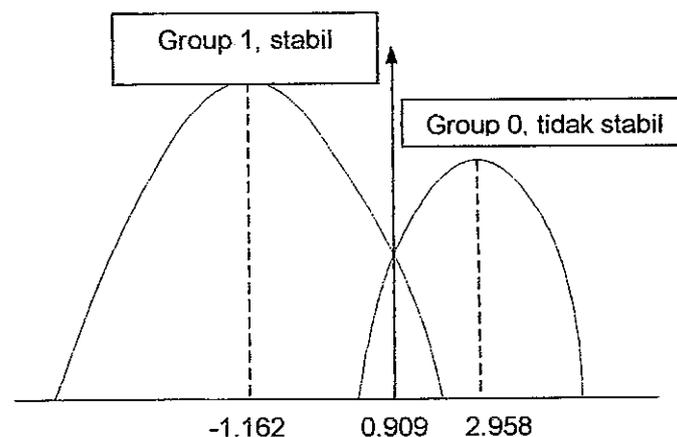
$X_2$  = kejenuhan tanah

$X_3$  = Curah hujan

Uji kestabilan berdasarkan skor diskriminan :

Jika nilai  $Y \leq 0.909$  maka lereng stabil

sebaliknya jika  $Y > 0.909$  maka lereng tidak stabil



**Gambar 4.2** Kurva normal densiti untuk lereng lokasi pengamatan

Untuk formulasi lereng alam daerah kajian penelitian yaitu ruas jalan Tanjungsari – Sumedang ini, variabel bentuk lahan dan curah hujan masuk dalam persamaan diskriminan walaupun dengan faktor pengali yang kecil.

### 4.3 Evaluasi hasil uji Metode Statistik

Parameter yang sangat berpengaruh dalam kinerja lereng adalah struktur batuan dan curah hujan, berdasarkan hasil analisis perbandingan untuk mencari rumusan hubungan tinggi dan sudut lereng untuk vulkanik di satu lokasi yaitu wilayah Jawa Barat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan bentuk lahan tersebut mempengaruhi terhadap rumusan sebesar 0.331 terhadap variabel bentuk lahan yang terdiri dari tingkat pelapukan, kondisi tanah permukaan, sudut lereng dan bentuk lereng, sedangkan pengaruh terhadap variabel kondisi hidrologi permukaan merupakan paling mempengaruhi kinerja lereng sebesar 3.390, sedangkan untuk variabel tinggi curah hujan sebagai pengaruh eksternal untuk kemungkinan lereng terjadi gerakan tanah sebesar 0.542 . Disamping faktor pemicu terjadi gerakan tanah namun secara teoritis juga adanya faktor penahan yaitu sebesar konstanta – 10.744, bahwa pengontrol stabilitas lereng adalah linier terhadap potensi gerakan tanah (Deddie Sutedi – Pusat Litbang Jalan ,2001 ).

Dengan demikian analisis yang menggunakan metode statistik menghasilkan formula dimana pengaruh lingkungan sebenarnya saling terkait terlihat pada parameter karena pengaruh lingkungan memberikan pengaruh terhadap kinerja lereng yaitu curah hujan dan jenis material batuanya, maka hipotesa  $H_1$  pun dapat diterima.

### 4.4 Pembobotan Nilai

Berdasarkan hasil uji statistik yang telah dilakukan dengan menggunakan metode diskriminan yang telah dihasilkan formula untuk mendapatkan tingkat kestabilan lereng sebagai berikut :

$$Y = ( 0.331 X_1 + 3.390 X_2 + 0.542 X_3 ) - 10.744$$

Keterangan :

$X_1$  = Bentuk Lahan

$X_2$  = kejenuhan tanah

$X_3$  = Curah hujan

Uji kestabilan berdasarkan skor diskriminan :

Jika nilai  $Y \leq 0.909$  maka lereng stabil

sebaliknya jika  $Y > 0.909$  maka lereng tidak stabil

Sedangkan untuk pembagian nilai potensi gerakan tanah di bagi menjadi 3 ( tiga ) nilai potensi tingkat resiko terjadi gerakan tanah oleh peneliti terdahulu yaitu pembagian secara kuartil nilai potensi terjadi gerakan tanah ( Lawrence dan Cook RRDP, 1995).

Maka berdasarkan kriteria tersebut dapat di gambarkan pada tabel sebagai berikut ini, yaitu :

**Tabel 4.15** Pembagian tingkat potensi gerakan tanah

<b>Tingkat resiko Gerakan Tanah</b>	<b>Nilai Resiko terjadi gerakan</b>
Potensi gerakan tanah tinggi	0.22 s.d. 0.909
Potensi gerakan tanah sedang	- 0.472 s.d. 0.22
Potensi gerakan tanah sangat rendah	< - 0.472

Untuk melakukan pembobotan nilai setiap variabel maka diperlukan pembuatan klasifikasi penilaian masing-masing variabel dengan batasan-batasan dalam menentukan nilai setiap variabel tersebut.

Sedangkan pembobotan nilai berdasarkan hasil pengamatan dilapangan dengan membuat validasi berdasarkan hasil uji statistik terhadap semua variabel X, (Eddy Sunaryo, 1995) yaitu :

- a. Formula ini hanya dapat digunakan pada daerah lokasi penelitian yang merupakan endapan hasil endapan gunung api, atau secara bahasa geologinya adalah lingkungan endapan Vulkanik, dan tidak berlapis dengan batuan sedimen atau metamorf serta tidak dipengaruhi oleh struktur geologi yaitu patahan, lipatan maupun rekahan.
- b. Formula ini melakukan perlakuan yang sama antara parameter yang ada, serta saling berpengaruh dan tidak mempertimbangkan faktor-faktor mana yang mempunyai kecenderungan besar dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah atau longsoran.
- c. Penentuan angka pembobotan adalah berdasarkan hasil pengamatan lapangan serta perbandingan dengan variabel-variabel lainnya.

- d. Batasan penentuan nilai variabel tersebut hanya berdasarkan kondisi dilapangan serta kondisi – kondisi yang mempengaruhi terhadap terjadinya gerakan tanah tersebut.
- e. Khusus untuk parameter curah hujan, batasan data yang dapat digunakan adalah data harian curah hujan baik data lama, intensitas serta stabilitas curah hujannya.
- f. Penetapan angka –angka sangat tergantung dari masing-masing variabelnya , yaitu :

**1.X<sub>1</sub> : Karakteristik lereng**

Nilai angka semakin tinggi potensi terjadi gerakan tanah semakin besar, dengan kisaran nilai 1 - 4.

**2.X<sub>2</sub> Kondisi hidrologi permukaan**

Nilai angka semakin tinggi potensi terjadi gerakan tanah semakin besar, dengan nilai 1.

**3.X<sub>3</sub> Curah hujan**

Nilai angka semakin tinggi potensi terjadi gerakan tanah semakin besar, dengan kisaran nilai 1 – 10.

**a. Variabel X<sub>1</sub> ( Karakteristik lereng)**

Pendekatan variabel ini adalah berdasarkan parameter kondisi batuan / tanah berupa tingkat pelapukan, kondisi tanah serta sudut lereng permukaannya dan bentuk lereng.

Dengan dilakukan klasifikasi tersebut untuk memudahkan pada saat pengamatan dilapangan dalam melakukan observasi data lapangan agar mempunyai keseragaman dalam pengambilan data lapangan, serta berdasarkan kejadian-kejadian pada umumnya terjadi ketidakstabilan lereng dalam hal terjadi gerakan tanah.

Untuk klasifikasi tingkat pelapukan, di bagi berdasarkan standar yang telah baku yaitu ISMR, 1988 (*International Standard Mechanic Rock*) yaitu :

**1. Lapuk Sempurna (L.Spr)**

Definisi lapuk sempurna adalah batuan secara keseluruhan telah mengalami pelapukan, secara visual bahwa batuan telah berubah menjadi tanah.

**2. Lapuk sedang – lapuk tinggi ( L.Sdg-Tgi)**

Definisi lapuk sedang –tinggi adalah batuan telah mengalami perubahan warna antara 20 –70 % diseluruh permukaan batuanya, tertutup oleh alterasi mineral dan sebagian besar telah terjadi perubahan antara matriks sebagai penyusun dengan fragmen sebagai bagian yang terbungkus matriks. Namun fragmen sebagai material asli pada saat pembentukan masih terlihat.

**3. Agak lapuk (Ag.Lpk)**

Definisi agak adalah batuan telah mengalami perubahan warna antara 20 % diseluruh permukaan batuanya, tertutup oleh alterasi mineral dan sebagian kecil telah terjadi perubahan antara matriks sebagai penyusun dengan fragmen sebagai bagian yang terbungkus matriks. Namun baik matriks maupun fragmen batuan sebagai material asli pada saat pembentukan masih terlihat.

**4. Tidak lapuk**

Definisi batuan tidak lapuk adalah batuan segar dimana secara keseluruhan bentuk batuan hasil pembentukan masih terlihat jelas belum ada tanda perubahan dari batuan itu sendiri.

Sedangkan untuk tingkat kondisi tanah permukaan pembagian berdasarkan kondisi asli dilapangan yaitu :

**1. Kondisi gembur**

Definisi gembur pada tanah adalah kondisi dimana permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dalam kondisi yang sangat lepas-lepas.

**2. Kondisi tidak padat**

Definisi tidak padat pada tanah adalah kondisi dimana permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dalam kondisi sebagian lepas namun sebagian masih terikat satu sama lain perbedaan prosentase yang lepas lebih besar dari 50 % dari tanah yang saling terikat (lekat) pada permukaan tanah yang menjadi pengamatan.

### 3. Kondisi agak padat

Definisi agak padat pada tanah adalah kondisi dimana permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dalam kondisi sebagian lepas namun sebagian masih terikat satu sama lain perbedaan prosentase yang lepas lebih kecil dari 30 % dari tanah yang saling terikat (lekat) pada permukaan tanah yang menjadi daerah pengamatan.

### 4. Kondisi padat

Definisi padat pada tanah adalah kondisi dimana permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dalam kondisi sebagian lepas namun sebagian masih terikat satu sama lain perbedaan prosentase yang lepas lebih kecil dari 10 % dari tanah yang saling terikat (lekat) pada permukaan tanah yang menjadi pengamatan.

Dalam menentukan parameter bentuk lereng adalah dengan dilakukan dalam 4 (empat) kriteria yaitu :

#### 1. Curam

Definisi curam adalah tipe profil muka lereng yang sangat tegak atau hampir tegak, umumnya pada daerah gawir-gawir di perbukitan maupun pada sisi lereng-lereng akibat gerusan sungai

#### 2. Agak Curam

Definisi agak curam adalah tipe profil muka lereng yang mempunyai sudut antara  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ , umumnya pada daerah - daerah gawir-gawir di perbukitan maupun pada sisi lereng-lereng akibat gerusan sungai

#### 3. Agak landai

Definisi sedang adalah bentuk muka lereng yang mempunyai kemiringan dengan keseluruhan sudut antara  $20^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ , umumnya pada tegalan, persawahan maupun daerah - daerah perkebunan di perbukitan maupun pada sisi lereng-lereng.

#### 4. Landai

Definisi berundak-undak adalah tipe profil muka lereng yang mempunyai kelandaian dengan keseluruhan sudut kurang dari  $20^{\circ}$ , umumnya pada tegalan, persawahan maupun daerah - daerah perkebunan di perbukitan maupun pada sisi lereng-lereng

Sedangkan Derajat sudut permukaan lereng dibagi berdasarkan pembagian interval sudut mulai  $0^\circ$  -  $60^\circ$  dengan pembagian interval setiap kelipatan  $20^\circ$  (Eddy Sunaryo dan Marzuki, 1995)

Sehingga pembobotan nilai variabel  $X_1$  adalah sebagai berikut :

1. Pembobotan tingkat pelapukan

Tingkat Pelapukan	Nilai
Sangat lapuk	5
Lapuk sedang	4
Agak lapuk	3
Tidak lapuk	2

2. Pembobotan tingkat kondisi tanah permukaan

Tingkat kondisi tanah permukaan	Nilai
Gembur	5
kurang padat	4
Agak padat	3
Padat	2

3. Sudut lereng permukaan

Sudut lereng permukaan dalam sudut	Nilai
> 60	5
40 - 60	4
20 - 40	3
0 - 20	2

4. Bentuk lereng permukaan

Sudut lereng permukaan dalam sudut	Nilai
Curam	5
Agak curam	4
Sedang	3
Landai	2

Mengingat bahwa perubahan nilai pembobotan dimana semakin besar nilai angka pembobotan maka menunjukkan akan semakin terjadi potensi gerakan tanah, dengan melakukan pemilihan sesuai kondisi lapangan dari ke empat parameter kemudian di bagi rata-rata oleh ketiga parameter tersebut yaitu :

$$(\text{Nilai 1}) + (\text{Nilai 2}) + (\text{Nilai 3}) + (\text{Nilai 4}) / 4 = \text{Nilai Parameter } X_1$$

(Eddy Sunaryo dan Marzuki, 1995)

**b. Variabel  $X_2$  ( kejenuhan tanah )**

Pendekatan variabel ini adalah berdasarkan nilai parameter hidrologi permukaan dengan batasan-batasan yang dapat menyebabkan gerakan tanah berupa alur alam dan rembesan air

Dengan dilakukan klasifikasi tersebut untuk memudahkan pada saat pengamatan dilapangan dalam melakukan observasi data lapangan agar mempunyai keseragaman dalam pengambilan data lapangan, serta berdasarkan kejadian-kejadian pada umumnya terjadi ketidakstabilan lereng dalam hal terjadi gerakan tanah ( Eddy Sunaryo dan Marzuki, 1995)

Sehingga pembobotan nilai variabel  $X_2$  adalah sebagai berikut :

1. Pembobotan kondisi hidrologi permukaan

Kondisi kejenuhan tanah	Nilai
Alur alam	1
Rembesan air	1

Umumnya kondisi hidrologi permukaan selalu terdapat alur alam dan mengingat bahwa perubahan nilai pembobotan dimana semakin besar nilai angka pembobotan maka menunjukkan akan semakin terjadi potensi gerakan tanah, dengan melakukan pemilihan sesuai kondisi lapangan dari ke tiga parameter kemudian di bagi rata-rata oleh parameter – parameter yang terdapat dilapangan tersebut yaitu :

$$( \text{Nilai 1} ) + ( \text{Nilai 2} ) = \text{Nilai Parameter } X_2$$

Parameter hydrologi permukaan ini adalah berdasarkan kondisi di arel permukaan tanah yang dilakukan pengamatan, parameter hydrologi permukaan di bagi menjadi 2( dua) bagian ( Eddy Sunaryo dan Marzuki, 1995), yaitu :

1. **Alur alam**

Definisi alur alam dalam parameter ini adalah alur alam yang terjadi akibat adanya aliran air akibat curah hujan pada daerah tersebut, alur alam akan membentuk pada permukaan tanah yang mudah digerus oleh air sehingga membentuk alur - alur ke arah yang lebih rendah.

## 2. Rembesan

Definisi rembesan adalah air yang keluar dari permukaan tanah baik hanya bersifat membasahi sampai ke permukaan maupun rembesan air yang mengalir, rembesan ini termasuk rembesan yang bersifat sementara ataupun yang permanen.

### c. Variabel $X_3$ ( Kondisi curah hujan yang terjadi )

Pendekatan variabel ini adalah berdasarkan nilai parameter curah hujan dengan batasan-batasan yang dapat menyebabkan gerakan tanah berupa intensitas curah hujan ( Berdasarkan klasifikasi Badan Meteorologi Dan Geofisika)

Dengan dilakukan klasifikasi tersebut untuk memudahkan pada saat pengamatan dilapangan dalam melakukan observasi data lapangan agar mempunyai keseragaman dalam pengambilan data lapangan, serta berdasarkan kejadian-kejadian pada umumnya terjadi ketidakstabilan lereng dalam hal terjadi gerakan tanah , ( Eddy Sunaryo dan Marzuki, 1995).

Sehingga pembobotan nilai variabel  $X_3$  adalah sebagai berikut :

#### 1. Pembobotan tingkat intensitas curah hujan

Tingkat intensitas curah hujan	Nilai
0 – 50 mm	1
50 – 100 mm	2
100 – 150 mm	3
150 – 200 mm	4
200 – 250 mm	5
> 250 mm	6

Mengingat bahwa perubahan nilai pembobotan dimana semakin kecil nilai angka pembobotan maka menunjukkan akan semakin terjadi potensi gerakan tanah, dengan melakukan pemilihan sesuai kondisi lapangan dari ketiga parameter kemudian di bagi rata-rata oleh ketiga parameter tersebut yaitu :

( Nilai 1 ) = Nilai Parameter  $X_3$

Dalam menentukan parameter curah hujan, yaitu :

### 1. Intensitas

Definisi intensitas curah hujan ini adalah berdasarkan volume curah hujan pada saat curah hujan terjadi yang terukur pada stasion pengamatan curah hujan terdekat pada areal daerah kajian

## 4.5 Studi Kasus kestabilan Lereng

### 4.5.1 Umum

Untuk melakukan validasi hasil formula analisis kuantitatif maka dilakukan studi kasus dengan daerah tertentu, dalam hal ini pemilihan lokasi yang akan diamati untuk melakukan validasi formula di pilih ruas jalan Tanjung Sari – Sumedang, Kecamatan Tanjung Sari – Sumedang – Kabupaten sumedang – Propinsi Jawa Barat.

### 4.5.2 Pembatasan Area

Pembatasan area yang dimaksud adalah melakukan pembatasan dari luasan yang akan dilakukan pengamatan serta pengumpulan data untuk input terhadap formula yang digunakan dalam melakukan analisis kestabilan lereng tersebut.

Luasan area ditetapkan pembagian melalui sumbu as jalan utama yaitu 500 meter kiri – kanan badan jalan dengan panjang segmental secara menerus 1 km, sedangkan total panjang yang dilakukan pengamatan berkisar 26 km, mula Km 25+000 s.d Km 51+000, dasar pemilihan panjang tersebut adalah berdasarkan model formula yang digunakan agar semua parameter dalam form isian sehingga untuk analisa kuantitatif dapat terpenuhi.

### 4.5.3 Data Lapangan Tanjung Sari – Sumedang

#### 4.5.3.1 Kondisi Geologi Regional Tanjung Sari – Sumedang

Berdasarkan hasil penelitian ( Silitonga, 1973 ) dalam, Lembar Bandung Peta Geologi Bersistem Skala 1 : 100.000 diterbitkan oleh Pusat penelitian dan pengembangan Geologi- Departemen Pertambangan dan Energi – Bandung , kondisi Geologi regional daerah Tanjung – Sari Sumedang dan sekitarnya terdapat 5 (lima) satuan batuan baik berdasarkan macam batuan maupun berdasarkan Formasi batuan, yaitu :

- a. Satuan Hasil endapan api Gunung api muda

Terdiri dari hasil gunung api muda tidak teruraikan terdiri dari pasir tufaan, breksi lava dan aglomerat

b. Satuan Sedimen dalam

Terdiri dari lempung tufaan, batu pasir, konglomerat dan breksi

c. Satuan Sedimen Hasil Gunung Api Tua

Terdiri dari breksi gunung api dan aliran lahar

d. Formasi Kaliwungu

Terdiri dari batu pasir tufa, konglomerat dan batu lempung

e. Satuan batu apung

Terdiri dari pasir tufaan, lapilli dan andesit basal.

Satuan geomorfologi daerah Tanjung Sari – sumedang merupakan daerah merupakan morfologi perbukitan yang dibentuk oleh material volkanik. Secara umum kemiringan lereng berikisar antara  $15^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  tutupan lahan digunakan oleh penduduk kebun campuran, persawahan, tegalan, hutan dan hutan produksi dan wilayah permukiman

#### 4.5.3.2 Kondisi Geologi Lingkungan Tanjung Sari – Sumedang

Kondisi Geologi Tata Lingkungan daerah Tanjung sari – Sumedang merupakan daerah perbukitan yang tertutup sebagian besar oleh material volkanik lapuk tinggi hingga lanjut sedang kan pola aliran sungai utama yaitu sungai Cipeles dengan anak-anak sungai bermuara di sungai Cipeles sebagai sungai utamanya. Sebagian daerah terdapat rembesan air, mata air dan alur-alur alam.

#### 4.5.3.3 Parameter – parameter kestabilan Lereng

Parameter – parameter kestabilan lereng di ruas jalan Tanjung sari – Sumedang ini cukup respentatif untuk dijadikan model mengingat hampir seluruh parameter untuk analisa kestabilan lereng terdapa pada daerah ini yaitu :

- a. Bentuk lahan
- b. Kejenuhan tanah
- c. Tingkat curah hujan

Khusus parameter curah hujan ini diasumsikan berdasarkan sering dan tidaknya kejadian-kejadian gerakan tanah yang terjadi di lokasi penelitian.

#### 4.5.3.4 Tata cara pengambilan data dan analisa data lapangan

Dalam pengambilan data dilapangan adalah dengan melakukan pengecekan berdasarkan form isian yang telah disusun (form isian pada lampiran), pengisian form tersebut meliputi semua parameter – parameter yang ada dilapangan, yaitu :

- a. Bentuk lahan
- b. Kejenuhan tanah
- c. Tingkat curah hujan

Data-data lapangan dimasukkan sesuai dengan ketentuan – ketentuan mengenai masing-masing parameter yang telah dijelaskan pada sub. Bab sebelumnya, untuk pengisian form parameter dipilih teknisi dipandang cakap dan cukup pengalaman sebagai petugas survei data lapangan.

Untuk data curah hujan dikumpulkan berdasarkan data curah hujan tahunan.

Form isian kemudian divalidasi kembali dengan melakukan cek ulang sesuai ketentuan pengisian parameter-parameter yang telah ditentukan, sedangkan dalam melakukan pengecekan data juga ditunjang interpretasi data – data sekunder berasal dari peta – peta yang telah diterbitkan antara lain :

- a. Peta Tata Guna Lahan Lembar Jawa Barat – Baksurtanal, Skala 1 : 250.000
- b. Peta Indeks Vegetasi Lembar Jawa Barat – Bakosurtanal, Skala 1 : 250.000
- c. Peta Kerapatan Vegetasi Lembar Jawa Barat – Bakosurtanal, Skala 1 : 250.000
- d. Peta Data Curah Hujan Tahunan Lembar Jawa Barat – Bakosurtanal, Skala 1 : 250.000
- e. Peta Rupa Bumi Tanjung sari – Sumedang – Bakosurtanal, Skala 1 : 25.000
- f. Peta Geohidrologi Lembar Sumedang – Geologi Tata Lingkungan, Skala 1 : 100.000
- g. Peta Geologi Lembar Bandung - Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Skala 1 : 100.000

#### 4.5.3.5 Perhitungan parameter berdasarkan analisa Kuantitatif

Berdasarkan hasil perhitungan analisis dengan menggunakan formula kestabilan lereng dapat dijelaskan pada tabel berikut ini :

**Tabel. 4.16.** Hasil Pengujian berdasarkan formula kestabilan Lereng

Nomor Stasiun Pengamatan	Nilai resiko gerakan tanah	Kriteria Potensi Gerakan tanah	
		Kriteria	Skor
1	- 3.19	Rendah	1
2	-3.44	Rendah	1
3	-0.261	Rendah	1
4	0.282	Sedang	2
5	0.612	Tinggi	3
6	0.612	Tinggi	3
7	0.116	Tinggi	3
8	-0.261	Sedang	2
9	-0.096	Sedang	2
10	0.116	Sedang	2
11	0.281	sedang	2
12	0.776	Tinggi	3
13	0.116	Tinggi	3
14	- 0.05	Sedang	2
15	-0.427	Sedang	2
16	-0.427	Sedang	2
17	-0.592	Sedang	2
18	-0.344	Rendah	1
19	-2.944	Rendah	1
20	0.07	Sedang	2
21	-0.096	Sedang	2
22	-0.803	Sedang	2
23	0.401	Tinggi	3
24	-0.307	sedang	2
25	-0.05	Sedang	2

Secara detail hasil perhitungan dan form isian terdapat pada lampiran

#### 4.5.3.6 Analisis Spasial dengan Metode *Arc View*

Data sekunder yang telah disebutkan pada sub bab sebelumnya kemudian dilakukan lakukan digitasi peta-peta tersebut menjadi peta – peta tematik sebagai berikut :

- a. Peta Kelerengan
- b. Peta Kekompakan batuan
- c. Peta kelulusan air
- d. Peta distribusi curah hujan

Dalam penelitian ini, proses digitasi dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu merubah *file raster* menjadi *vector* dengan menggunakan menggunakan piranti

lunak *Autocad 2000* dan digitasi dengan menggunakan piranti lunak *Arc view* versi 3.1.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses digitasi ini adalah sebagai berikut :

- Peta peta - tematik di *-scan* menjadi file gambar dalam format *JPEG* (berbentuk *raster*).
- Mengimpor *file* ke dalam *Autocad*.
- Meniru dengan menggunakan fungsi garis dalam *Autocad*. Setiap area yang berbeda diberinama layer yang berbeda pula
- Menyimpan *file* tersebut ke dalam format *\*.dxf* (*digital exchange file*).

Sedangkan tahapan-tahapan digitasi dengan menggunakan piranti lunak *Arc View* versi 3.1 ini adalah sebagai berikut :

- Peta-peta tematik di *- scan* menjadi *file* gambar dalam format *jpg* (berbentuk *raster*).
- Mengimpor *file jpg* kedalam *theme*.
- Meniru dengan menggunakan fungsi poligon dengan indentifikasi yang berbeda.
- Menyimpan file tersebut kedalam format *\*.shp* (*shape file*).

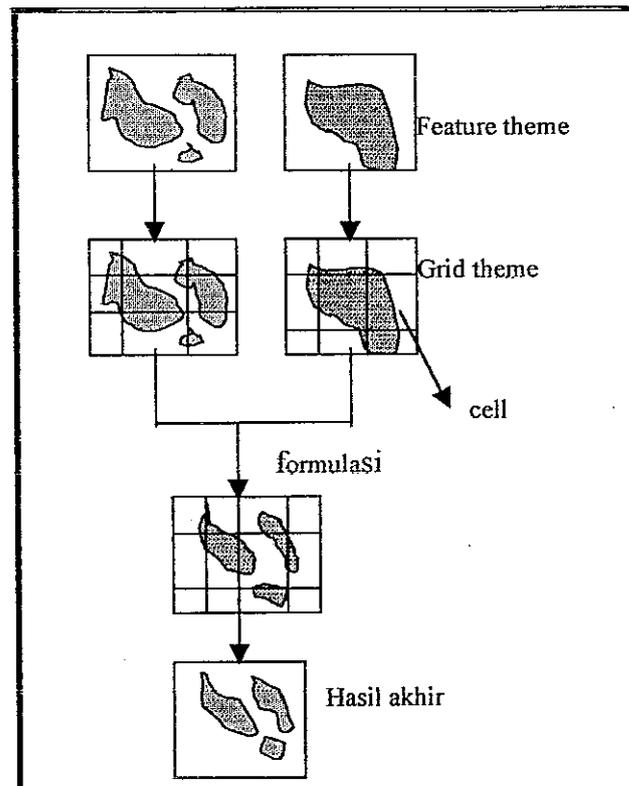
Setelah melakukan proses digitasi tersebut kemudian proses berikutnya adalah memasukkan parameter-parameter yang telah dibuat seperti pada sub bab sebelumnya dan beserta batasan-batasan yang telah ditentukan.

Peta tematik yang telah digitasi dengan menggunakan piranti lunak *Arc View* disebut *theme*, setiap *theme* terdiri dari beberapa poligon yang telah dilakukan pembobotan sesuai dengan parameter-parameternya.

Poligon yang memiliki bobot yang sama disebut satu *feature*, *feature-feature* yang mempunyai bobot yang sama diberi tanda dengan warna yang sama dan keseluruhan peta disebut *featured theme*.

Kemudian dalam analisis ini adalah memberi *grid* pada *featured theme* menjadi *grid theme*, dengan menjadi *grid theme*, poligon di bagi menjadi beberapa *cell* atau area yang lebih kecil.

Formula yang telah dibuat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *cell – cell* tersebut dalam setiap *theme*, langka kerja proses analisis spasial dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar. 4.3. Skema Format Data Spasial

#### 4.5.3.7 Nilai Tingkat resiko Kestabilan lereng

Berdasarkan hasil model analisis spasial yang telah dilakukan pada daerah kajian penelitian, hasil analisa tersebut hampir sama dengan kondisi dilapangan berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan pada daerah-daerah yang memiliki potensi terjadi gerakan tanah atau gerakan tanah yang telah terjadi.

Untuk daerah yang telah terjadi gerakan tanah maka pengamatan yang dilakukan adalah melihat kondisi daerah tersebut, kemudian dimasukkan kedalam form isian yang telah dibuat untuk menjadi nilai kalibrasi terhadap daerah – daerah yang belum mengalami longsoran sesuai dengan formula yang telah dibuat.

Sesuai hasil analisis dan pengamatan lapangan sebagai kontrol kalibrasi data dan validasi data yang telah diisi sesuai daerah kajian, maka klasifikasi kestabilan lereng dapat dilakukan berdasarkan nilai tingkat resiko kestabilan Lereng di daerah Tanjung Sari – Sumedang terdapat 3 (tiga) tingkat resiko kestabilan lereng baik dari tingkatan rendah hingga tingkat resiko tinggi yaitu :

**a. Tingkat resiko gerakan tanah rendah**

Wilayah yang mempunyai tingkat resiko gerakan tanah tingkat rendah terletak relatif pada sebelah utara daerah kajian, menempati hampir 15 % dari luas keseluruhan

**b. Tingkat Resiko gerakan tanah sedang**

Wilayah yang mempunyai tingkat resiko gerakan tanah tingkat sedang terletak relatif menyebar pada sebelah Barat Daya sampai Selatan Tenggara daerah kajian, menempati hampir 75 % dari luas keseluruhan

**c. Tingkat resiko gerakan tanah tinggi**

Wilayah yang mempunyai tingkat resiko gerakan tanah tingkat tinggi terletak relatif pada sebelah Timur - Barat serta setempat-setempat daerah kajian, menempati hampir 10 % dari luas keseluruhan.

Hasil tingkat resiko berdasarkan hasil *overlay* yang dilakukan dengan menggunakan piranti lunak *Arc View* yaitu dengan membuat klasifikasi karakteristik lahan serta hidrologi sesuai dengan kondisi lapangan kemudian dengan memasukkan formula yang telah dibuat, *overlay* tersebut ditambahkan variabel curah hujan sebagai suatu variabel eksternal kedalam kondisi lingkungan didaerah kajian.

Mengenai kondisi tingkat resiko tinggi untuk lokasi penelitian dikorelasikan berdasarkan analisis kestabilan lereng di Cadas Pangeran ( Eddy Sunaryo dan Marzuki Pusat Litbang Jalan,1995) didapat hasil sebagai berikut :

STA	Sifat teknik tanah		NILAI FAKTOR KEAMANAN		
	Sudut geser dalam (°)	Kekuatan geser $c'$ ( $t/m^2$ )	Lereng alam	Pemotongan tebing	Setelah longsor
32+500 (Cadas Pangeran)	23	1.5	1.000	0.878	1.815

Dengan faktor keamanan batasan  $1 < \text{nilai stabil} < 1.5$

Sedangkan berdasarkan menggunakan metode kestabilan lereng dengan menggunakan formula analisis statistik untuk daerah Cadas Pangeran didapat potensi terjadi gerakan tanah tinggi yaitu 0.776 nilai tersebut merupakan nilai resiko tinggi terjadinya gerakan tanah.

Sehingga analisis statistik dengan menggunakan analisis kestabilan lereng mempunyai korelasi yang sama, namun tingkat resiko dari hasil analisis staistik

merupakan prediksional bukan angka mutlak seperti analisis kestabilan lereng dengan menggunakan parameter sifat fisik tanah.

Untuk secara rinci dan jelas penyebaran potensi gerakan tanah dapat dilihat Peta Kestabilan Gerakan Tanah

## **4.6 Pengelolaan Lingkungan**

### **4.6.1 Dasar Pemikiran**

Analisis stabilitas lereng terhadap potensi gerakan tanah pendekatan parameter lebih tertuju pada parameter lingkungan, hal ini didasari oleh :

#### **a. Pendekatan permasalahan**

Pendekatan permasalahan yaitu seperti yang telah disampaikan pada awal penulisan dalam latar belakang permasalahan, bahwa dinyatakan selalu kondisi lingkungan yang dijadikan penyebab terjadinya bencana gerakan tanah, baik berupa longsor atau aliran tanah/ batuan bercampur dengan air akibat rusaknya kondisi lingkungan disekitar gerakan tanah tersebut

#### **b. Pada dasarnya terjadinya suatu gerakan tanah adalah hilangnya suatu nilai kesetimbangan didaerah tersebut, melihat konsep tersebut bahwa kesetimbangan tersebut termasuk kesetimbangan parameter-parameter lingkungan yang menjadi bagian dari kondisi daerah berpotensi terjadi gerakan tanah**

#### **c. Formulasi-formulasi yang selama ini di buat untuk membuat zona kerentanan tanah belum begitu banyak yang memasukkan parameter lingkungan dalam analisa stabilitas lereng tersebut, sehingga hasilnya masih jauh yang diharapkan**

#### **d. Peneliti-peneliti terdahulu telah membuat suatu landasan dalam melakukan pembuatan *Geo Hazard*, atau di artikan sebagai pendeteksian secara dini akan bahaya gerakan tanah menyatakan parameter – parameter lingkungan mempunyai bobot yang sama dengan masalah kegeoteknikan dalam menyumbang terjadinya gerakan tanah .**

### **4.6.2 Kondisi Lingkungan**

Berdasarkan hasil kajian pada daerah yang menjadi model untuk dilakukan analisa kestabilan lereng yaitu pada Ruas Jalan Tanjung sari – Sumedang , terdapat 3 (tiga) kategori daerah yang berpotensi terjadi gerakan tanah , dengan signifikansi

terbesar masih merupakan kondisi daerah berpotensi gerakan longsor rendah yaitu 60 % sedangkan yang berpotensi tinggi hanya 10 % total seluruh daerah kajian.

Namun walaupun potensi terjadi gerakan longsor yang rendah tidak menutup kemungkinan dapat berubah menjadi potensi sangat tinggi bila tidak tepat dalam pengelolaan lingkungannya, hal ini dapat terlihat dari hasil kajian berupa form isian bahwa setiap perubahan yang saling berkaitan antara faktor lingkungan dengan faktor lingkungan lainnya ataupun faktor lain diluar faktor lingkungan dapat terjadi potensi gerakan tanah menjadi besar.

Untuk menghindari kemungkinan terjadinya bahaya gerakan tanah tersebut maka parameter-parameter yang terdapat dalam analisis ini dapat membantu untuk menghindari kemungkinan tersebut terjadi.

#### **4.6.3 Kebijakan Pemerintah dan Valuasi Ekonomi**

Dengan adanya parameter-parameter lingkungan dalam analisa kestabilan lereng secara kuantitatif dapat membuat suatu kebijakan – kebijakan pemerintah dalam hal pengelolaan lingkungan , penulis memilih 5 ( lima ) kebijakan yang dapat dimabil manfaatnya dengan metode analisa kestabilan lereng ini, yaitu :

- a. Konsep penataan ruang yang lebih terinci, maksud dengan terinci adalah dapat melihat akibat dari perubahan lingkungan bila terjadi penataan ruang tanpa mempertimbangkan konsep analisa kestabilan lereng ini.
- b. Dengan mempunyai nilai kuantitatif dari parameter-parameter lingkungan akan memberikan arah yang lebih efektif dalam perencanaan reboisasi maupun pembukaan lahan untuk lahan pertanian. Maksud dengan efisien disini adalah dengan adanya nilai kuantitatif faktor lingkungan para perencana di daerah akan dapat mengukur secara pasti mengenai dana yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan reboisasi , atau analisa ini menjadi barometer seberapa besar penataan ulang suatu daerah yang memiliki potensi gerakan tanah tinggi menjadi daerah yang berpotensi gerakan tanah rendah.
- c. Analisis ini dapat digunakan untuk pembukaan suatu daerah untuk digunakan sebagai lahan produksi misalnya kondisi asal suatu merupakan daerah semak belukar dengan berbagai komposisi tanaman pepohonan lainnya, kemudian akan digunakan sebagai lahan produktif atau sebagai daerah pemukiman

perubahan rona lingkungan dengan menggunakan metode analisis ini dapat memprediksi kondisi yang mungkin terjadi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

1. Dengan menggunakan metode analisis statistik diskriminan berdasarkan variabel-variabel dari *database Slope Stability Inventory* (SSI) didapat persamaan linier yang menggambarkan hubungan antara bentuk lahan, kejenuhan air dan curah hujan sebagai berikut :

$$Y = ( 0.331 X_1 + 3.390 X_2 + 0.542 X_3 ) - 10.744$$

Keterangan :

$X_1$  = Bentuk Lahan

$X_2$  = Kejenuhan tanah

$X_3$  = Curah hujan

Uji kestabilan berdasarkan skor diskriminan :

**Jika nilai  $Y \leq 0.909$  maka lereng stabil**

**sebaliknya jika  $Y > 0.909$  maka lereng tidak stabil**

2. Klasifikasi kestabilan lereng juga dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu ;Hasil evaluasi data SSI masih ada kekurangannya baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya . Perlunya penambahan data terutama untuk lokasi-lokasi longsor yang depositnya di lokasi material vulkanis. Dengan kelemahan dari pembuatan peta ini mempunyai sifatnya masih terlalu umum,hanya dapat digunakan untuk studi pendahuluan bila akan melakukan suatu pengembangan wilayah,pengisian form lapangan masih perlu dilakukan pembaruan untuk memperbaiki nilai kualitas form lapangan dan nilai angka kestabilan merupakan nilai prediksi bukan merupakan suatu angka yang pasti. Sedangkan pendekatan analisis stabilitas lereng yang berdasarkan data empirik hasil formulasinya bersifat lokal, sehingga tidak bisa dipergunakan oleh daerah lain yang walaupun kondisi lingkungannya sama berupa batuan vulkanis. Pembobotan nilai dalam parameter – parameter masih perlu dilakukan pengkajian lebih dalam serta selalu dilakukan validasi di lapangan, pengisian form isian menjadi titik awal dalam analisa lebih lanjut agar tingkat kesalahan dalam pengisian form harus benar tepat sesuai dengan kondisi di lapangan. Analisa ini dapat digunakan untuk gambaran awal dalam memprediksi

suatu daerah sebagai *Hazzard Mapping* pencegahan dini terjadinya potensi gerakan tanah Kestabilan lereng berdasarkan parameter karakteristik geologi didaerah penelitian sangat dipengaruhi oleh ; Kondisi pelapukan batuan, kondisi pelapukan dilokasi penelitian merupakan material vulkanis yang telah mengalami pelapukan yang cukup tinggi yaitu tingkat pelapukan sangat lapuk hingga lapuk sempurna. Bentang alam (*terrain*), bentang alam pada lokasi penelitian merupakan bentang alam secara geomorfologi adalah bentang alam perbukitan sedang hingga terjal, dengan sudut lereng bervariasi mulai  $20^\circ$  hingga  $> 60^\circ$ . Pola aliran yang terbanyak didaerah penelitian adalah alur alam dan rembesan air, hal tersebut sangat umum terjadi didaerah dengan batuan endapan vulkanis disebabkan porositas batuan yang tinggi serta merupakan zona saturasi air permukaan. Tingkat curah hujan yang tinggi pada lokasi penelitian memberikan kontribusi tambahan terhadap kejenuhan pada zona saturasi tersebut sehingga tekanan air pori tanah akan meningkat, hal tersebut sesuai dengan model kestabilan lereng serta hasil formulasi yang dilakukan pada lokasi penelitian.

- 3 Pembagian zona kerentanan terhadap gerakan tanah yaitu potensi gerakan tanah rendah meliputi daerah Pangkalan hingga Ciayunan, daerah potensi gerakan tanah sedang yaitu daerah Ciayunan hingga Cigendel sedangkan daerah potensi gerakan tanah tinggi yaitu daerah Cigendel hingga Ciseda satu

## 5.2 SARAN

Dengan membuat zonasi Peta Gerakan Tanah dapat digunakan perencanaan pengelolaan lingkungan yang dapat membantu dalam hal :

- a. Dalam melakukan perencanaan pembangunan didaerah Tanjungsari – Sumedang perlu melakukan penataan aliran air permukaan dengan baik sehingga tidak menjenuhkan tanah akibat aliran yang tidak tertata dengan baik.
- b. Dalam melakukan pemotongan tebing untuk perencanaan pelebaran jalan agar nilai faktor kestabilan lereng perlu dianalisis dengan data penyelidikan tanah pada daerah yang akan dilakukan pemotongan tebing
- c. Analisa ini dapat digunakan untuk memonitor setiap perubahan kondisi lingkungan baik oleh kegiatan manusia maupun gejala-gejala alam sehingga dengan melakukan monitoring secara berkelanjutan agar kemungkinan terjadinya bencana gerakan tanah dapat ditekan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anderson, M.G. & S. Howes, (1985). '*Development and Application of a Combined Soil Water-Slope Stability Model*', Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol 18.
2. Suhirman A, dkk, Penyelidikan Geologi Lingkungan Daerah Sumedang dan Sekitarnya, Kab. Sumedang, Propinsi Jawa Barat, Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung 1989
3. Bhandary, K (1997), '*On Validation of Landslide Piarc G-2, Group, Seminar On Natural Disaster Reduction For Road*', New Delhi, India. 1997
4. Blight G.E. (1997), '*Mechanic of Residual Soils*', Balkema Rotterdam.
5. Cook, J.R. (1992), '*Report Workshop The Investigation of Residual Soils*', Transport and Road Research Laboratory United Kindom.
6. Cook, J.R. (1997), '*The Indonesian Slope Information System (ISIS)*', Paper for Seminar on Geotechnical Engineering at IRE Indonesia.
7. Deddie Sutedi (2001), Analisa Spasial Kestabilan Lereng Dengan GIS untuk Daerah terpencil, Pusat Litbang Jalan - Bandung
8. Eddy S, Marzuki (1995), Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis untuk menangani masalah Geoteknik; Pengembangan Evaluasi Terrain dan Sistem Geografis, Pusat Litbang Jalan - Bandung
9. Fookes. P.G. (1997), '*Tropical Residual Soils*', *Geological Society Professional Handbooks*'.
10. J.V. Hamel, Chowdhury, (1978)., '*Slope Analysis*' Elsevier Scientific Publishing Company, New York, hal 319-320
11. Lawrance .C.J., Byard.R.J & Beaven (1993), '*Terrain Evaluation Manual*' Transport and Road Research Laboratory United Kindom.
12. Othman.M.A (1989), '*Highway Cut Slope Stability Problem in West Malaysia*', Thesis for the Degree of Ph.D at the Universitas Bristol.
13. Overseas Road Note 16 (1997)', '*Principle of Low Cost Road Engineering in Mountainous Regions*', TRL Project Environment Impact of Road Construction in Nepal.

14. Petrus Paryono ( 1984), Sistem Informasi Geografis, Andi Offset Yogyakarta
15. Sampurno (1983), Penelitian Gerakan tanah di Jawa Barat, Institut Teknologi Bandung
16. TRL Report No.RRDP 04 (1998), '*Principle of Highway Slope Design In Indonesia*' Road Research Development Project at IRE.