

PEMILIHAN ALTERNATIF PERBAIKAN LERENG MELALUI PENDEKATAN “VALUE ENGINEERING”

Ari Sandyavitri, Hendra Taufik

Civil Engineering Department, Engineering Faculty, University of Riau
Bina Widya Campus, Km 12.5
Simpang Baru Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia
E-Mail : taufik27@yahoo.com and arisandhyavitri@gmail.com

Slope failures and rockfall present significant hazards, including damage to retaining walls, highway infrastructure, blocking of drainages, and loss of bridges infrastructures. There is a need decision support frameworks based on geotechnical asset management principles for effective slope remedy procedure.

This research objectives are to; (i) identification the steep slopes prone to rockfall/erosion along Lintas Tengah Sumatra from Pekanbaru (Riau Province) – Solok (West Suatra Province) via “Jalur Lintas Tengah Sumatra highway” encompassing 260 Km; and (ii) developing technical approach to remedy the slopes and (iii) establishing procedure in prioritizing slopes remedy based on value engineering technique.

This research identified 65 prone to erosion and rockfall events. Approximately, 15 slopes were identified as high-risk slopes with RHRS scores of >300 points. According to value engineering approach, technical and economical aspects shuld be put into consideration in order to address issues of highway safety in a systematic procedure as well as efficient in use of limited budgets. Value engineering approach may suggest to remedy slopes within this road section at the following order; KM 215.5, KM 609.3, KM 727, KM 227, KM 136, KM 698.1, and KM 225 respectively.

1. Latar Belakang

Berdasarkan informasi dari Dinas KIMPRASWIL Provinsi Riau tahun 2008, dan laporan dari mas media (Riau Pos, 2006-2008), ruas jalan lintas Tengah yang melewati ruas jalan jalan Pekanbaru – Taluk (KM 64 sampai KM 136), ruas jalan Taluk – Kiliran Jao (KM 175 sampai KM 216) serta ruas jaln Kiliran Jao hingga Solok (KM 221 sampai KM 260) total 260 km, merupakan daerah yang relative rawan longsor dan berkerawanan bagi pengguna jalan.

Umumnya sistem penanganan perbaikan lereng jalan dan aset geoteknik di ruas di seluruh Indonesia system perbaikan berdasarkan pendekatan kuratif. Sedangkan pendekatan preventif juga terbatas pada perhitungan dan analisa rencana anggaran biaya tanpa memasukkan komponen tingkat kerawanan suatu lereng, sehingga bagaimana prioritas penentuan tingkat urgensi dan kerawanan lereng untuk diperbaiki dengan mempertimbangkan keterbatasan biaya yang ada belum dengan melalui prosedur standar yang baku belum dilaksanakan.

Susunan prosedur pemilihan alternatif perbaikan lereng dan aset geoteknik untuk membantu pengambilan keputusan dalam menetapkan apa, kapan, dan bagaimana memperbaiki aset geoteknik sakan dibahas dalam tulisan ini.

2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan lereng yang rawan terhadap keruntuhan/longsoran berdasarkan Metode *Rockfall Hazard Rating System (CRHRS)*
2. Mengembangkan berbagai alternatif perbaikan aset geoteknik berdasarkan tingkat kerawanan dengan menggunakan metode *CRHRS*.
3. Menyusun estimasi biaya masing-masing alternatif perbaikan lereng.
4. Memberikan alternatif berdasarkan perbandingan biaya perbaikan dan tingkat kerawanan.

3. Risk Hazard Rating Systems (RHRS)

RHRS adalah suatu sistem investigasi lereng jalan terhadap tingkat kerawanan/kerawanan keruntuhan lereng/jatuhan batu kepada pengguna jalan. *RHRS* menggunakan sistem pemberian skor dengan tingkatan angka 3, 9, 27 dan 81. Semakin tinggi skor sebuah lereng maka akan semakin tinggi tingkat kerawanan lereng tersebut terhadap pengguna jalan (Pierson dan Vickle, 1993; russel, 2008).

Dalam penelitian ini metode investigasi yang dipakai yaitu *Rockfall Hazard Rating System (RHRS)* yang dikembangkan oleh *Colorado Department of Transportation (CDOT)* pada tahun 2008.

Adapun parameternya dibagi atas 2 peninjauan besar ; (a.) parameter untuk survey pendahuluan dan (b) parameter untuk survey detail.

a. Parameter survey pendahuluan

Terbagi atas 4 kategori yaitu: (i) ukuran materiraial yang jatuh (ii) kuantitas jatuhnya, (iii) jumlah jatuhnya dan (iv) frekuensi pembersihan. Parameter ini juga dikenal sebagai kriteria histori aktivitas kelongsoran dipergunakan dimensi yang relatif universal dimengerti banyak orang. Misalnya (i) ukuran material yang jatuh dianggap besar bila ukuran jatuhnya sebesar kepala orang dewasa atau lebih, (ii) sedangkan kuantitasnya dianggap banyak jika menghambat 2 jalur jalan dan kendaraan tidak bisa lewat dan lainnya.

Out put survey pendahuluan ini pada awalnya mengkategorikan lereng berdasarkan tingkat kerawanannya menjadi tiga bagian besar, yaitu kategori A, B dan C. Bagian A relatif rawan dan perlu untuk diperhatikan, sedangkan bahagian B dan C relatif kurang rawan dan akan diperhatikan jika tersedia dana untuk pemeliharaan (Sandyavitri, 2008).

b. Survey detail

Adapun tujuan dari survey detail ini adalah mengetahui rating tebing rawan longsor yang berbahaya bagi pemakai jalan berdasarkan *Rockfall Hazard Rating System*.

Menentukan mana tebing yang paling beresiko dan paling kecil risikonya terhadap pemakai jalan bila mengalami kelongsoran berdasarkan poin dari peratingan metode *Colorado Rockfall Hazard Rating System (CRHRS)*.

Ada 23 parameter *CRHRS* diantaranya *Slope Aspect (Slope Height, Rockfall Frequency, Average Slope Angle Score, Launching Feature, dan Ditch Catchment)*, *Climate (Annual Precipitation, and Seepage/water)*, *Geology (Degree of UnderCutting, Degree of Interbedding, Rock Character, Degree of Overhang, Weathering Grade, Block Size/volume, Number of Sets, Persistence and orientation, Aperture, Weathering Condition, Friction, Block Size, Block Shape dan Vegetation) and Traffic (Sight Distance and Average Vehicle Risk) dan accident rates.*

Detail survey dapat dibaca di Christopher P. Russell, Dr. Paul Santi, Dr. John D. Humphrey, 2008, and Ari Sandhyavitri , 2010.

3.1. Value Engineering

Menurut Pierson et al, 1990, dan Ari Sandhyavitri, 2010, A value engineering approach incorporates a risk-based framework and economies point of view. Value engineering suggests in reduction of hazard factors to an acceptable level while minimizing remedy of geologic costs. In order to balance remedy costs versus risk hazard.

.....tlg diterjemahkan.....

Value engineering technique (atau dalam hal ini disebut biaya resiko) yang dipakai dalam perbaikan lereng ini dihitung berdasarkan biaya perbaikan lereng dibagi dengan nilai RHRS.

Biaya resiko= biaya perbaikan/nlai RHRS

Terbatasnya alokasi biaya (*budget limitation*) mengakibatkan terbatasnya pula kemampuan untuk memelihara dan membangun struktur perkuatan lereng, maka value engineering dipakai untuk membantu pengambilan keputusan terhadap prioritas perbaikan lereng melalui pendekatan pembiayaan yang terbatas (*budget limitation*).

3.2. Alternative Perbaikan Lereng dan Pertimbangan Teknis

Berikut ini akan dibahas macam-macam metode perbaikan lereng dengan cara :

1. Mengubah geometri lereng.
2. Mengontrol drainase dan rembesan.
3. Perkuatan struktur dan stabilisasi.
4. Pembongkaran dan pemindahan.
5. Perlindungan permukaan lereng.

3.3. Analisa Biaya Perbaikan Lereng

Estimasi biaya perbaikan lereng adalah komponen penting dalam suatu *data base* keruntuhan lereng. Informasi biaya perbaikan ini yang akan menjadi rujukan penyusunan prioritas lereng yang akan diperbaiki (Pierson & Vickle, 1993).

Menurut Peurfoy dan Oberlender (1989) ada 3 metode perkiraan biaya proyek yaitu:

a. *Approximate estimates*

Approximate estimates adalah metode perkiraan biaya yang dilakukan pada proyek yang masih pada tahap pendahuluan atau konseptual yang dapat memberikan gambaran kepada pemilik proyek tentang pendekatan biaya proyek apakah tidak melebihi anggaran yang akan dialokasikan.

b. *Detailed estimates*

Detailed estimates merupakan perkiraan biaya proyek yang lebih detail dengan perhitungan biaya bahan, tenaga kerja, alat, biaya subkontraktor dan biaya operasi yang lebih terperinci.

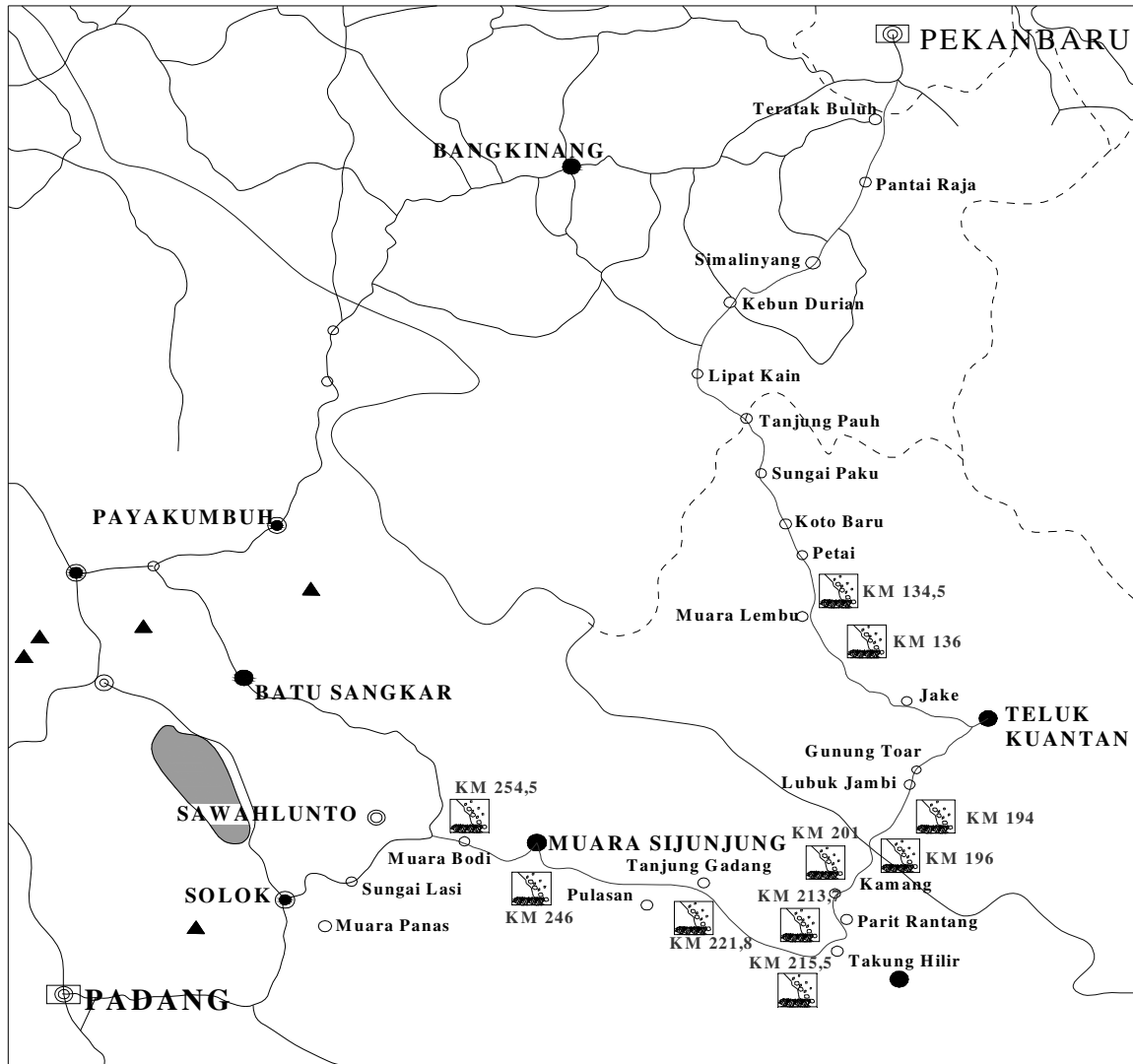
c. *Organisasion estimates*

Organisasion estimates adalah metode perkiraan biaya yang setiap item pekerjaan dibagi oleh beberapa divisi utama. Masing-masing divisi utama dibagi menjadi item lebih kecil.

4. Pembahasan

Sepanjang ruas jalan yang ditinjau 260 km, ditemukan 65 lokasi tebing yang relarif signifikan dan berpotensi untuk longsor atau berkontribusi untuk jatuhnya batuan. Diambil 10 tebing yang paling rawan (Nilai survei pendahuluannya lebih dari 15 poin).

Berikut lokasi dari 10 lereng hasil survey awal dan selanjutnya dilakukan survey detail pada titik-titik tersebut.



Gambar 1. Lokasi 10 lereng rawan bagi pengguna jalan.

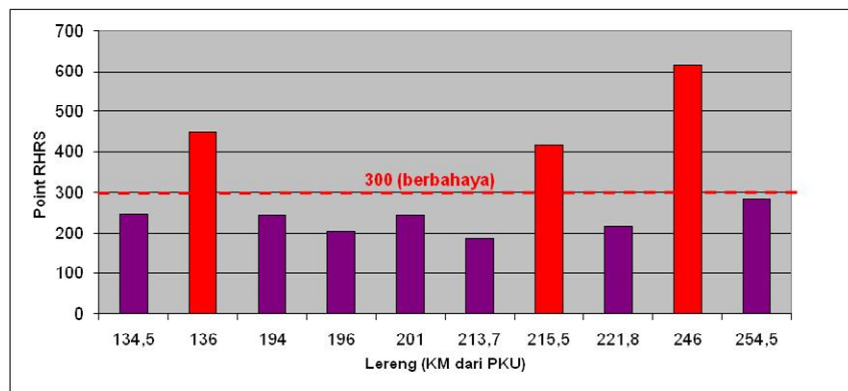
Adapun lokasinya dari posisi global ada di dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Posisi 10 lereng rawan longsor/jatuhan batuan.

No	KM dari PKU	posisi GLOBAL	daerah
1	134.5	00 22 15.1 S; 101 20 42.2 E	Muara Lembu. Kec Singingi
2	136	00 22 51.9 S; 101 20 53.7 E	Muara Lembu. Kec Singingi
3	194	00 40 2 S; 101 26 59 E	batang kering (batas sumbar-riau)
4	196	00 42 14.1 S; 101 26 28.7 E	batang kering (batas sumbar-riau)
5	201	00 47 25.1 S; 101 23 33.6 E	kiliran jao (sumbar)
6	213.7	00 52 39 S; 101 21 36 E	kiliran jao (sumbar)
7	215.5	00 47 57.5 S; 101 23 41.7 E	kiliran jao (sumbar)
8	221.8	00 54 31.9 S; 101 24 24.9 E	mura takung (sumbar)
9	246	00 50 47 S; 101 24 58 E	pulau punjung(sumbar)
10	254.5	00 48 54.6 S; 101 25 19.5 E	pulau punjung(sumbar)

Sumber ; Analisa Data

Pada Ruas Jalan Pekanbaru-Taluk Kuantan terdapat 2 lereng dalam kategori relatif rawan berdasarkan survey awal yaitu KM 134,5 dan KM 136. Sedangkan pada Ruas Jalan Taluk Kuantan-Kiliran Jao jumlah lereng relatif rawan adalah 5 titik. Ruas Jalan kiliran Jao-Solok, 3 lereng dikategorikan relatif rawan.



(Sumber; Analisa Data)

Berdasarkan *CRHRS* lereng di kelompokkan sesuai poin formulir *CRHRS* yaitu: point > 300 dikategorikan pada tebing rawan (KM 246, KM 136, dan KM 215,5) dan poin 150-300 dikategorikan lereng cukup rawan (Sandyavetri, 2009).

Berikut ini diberikan 3 contoh prosedur yang dilakukan untuk perbaikan Lereng untuk kategori lereng rawan (KM 246, KM 136, dan KM 215,5) sebagai berikut:

1. Tinjauan terhadap Lereng di KM 246

Panjang lereng = 100 m, jelas terlihat ada retakan (*Aperture*) dan batuan-batuan lepas di permukaan lereng. Arah (Orientasi) jatuhnya batu adalah ke jalan, dengan jarak kaki lereng dan permukaan jalan (*Ditch*) ± 3 m dan kedalaman (tidak ada drainase). Perbaikan yang diusulkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Pengembangan alternatif perbaikan lereng KM 246.

No	Kombinasi	Sub Total (Rp.)	Total (Rp.)	Keterangan
1	Slope Screening	146,250,000.00	174,250,000.00	Slope Screening = 30 m x 15 m
	Parit di Bawah Tebing	28,000,000.00		Parit di Bawah Tebing = 100 m
2	Catch fence	78,700,000.00	167,400,000.00	Cath Fence = 100 m
	Tembok Penahan Tanah Tipe 2 Parit di Bawah Tebing	60,700,000.00 28,000,000.00		Tembok Penahan Tanah = 100 m Parit di Bawah Tebing = 100 m
3	Shortcrete	120,079,743.30	198,779,743.30	Shortcrete = 30 m x 12 m
	Parit di Bawah Tebing	78,700,000.00		Parit di Bawah Tebing = 100 m

Terlihat untuk sementara bahwa kombinasi catchfence, penahan tanah tipe 2 dan pemabuatan parit relatif lebih murah dari tipe perbaikan lainnya, namun masih perlu dianalisa tingkat resikonya sebelum memberikan usulan yang relatif komprehensif untuk perbaikan lereng ini.

2. KM 136

Panjang lereng 100 m, merupakan lereng dengan struktur geologi tanah, tidak ada *ditch*, longsor tanah menutupi semua badan jalan dengan volume yang besar.

Tabel 3. Pengembangan alternatif perbaikan lereng KM 136.

No	Kombinasi	Sub Total (Rp.)	Total (Rp.)	Keterangan
2	Scalling	17,100,000.00	103,400,000.00	Volume Scalling = 100 m ³
	Bronjong	58,300,000.00		Bronjong = 100 m
	Parit di Bawah Tebing	28,000,000.00		Parit di Bawah Tebing = 100 m
3	Scalling	11,970,000.00	115,670,000.00	Volume Scalling = 70 m ³
	Tembok Penahan Tanah Parit di Bawah Tebing	75,700,000.00 28,000,000.00		Tembok Penahan Tanah = 100 m Parit di Bawah Tebing = 100 m

Untuk sementara kombinasi scalling dan beronjong relatif lebih murah dari tipe perbaikan lainnya

3. KM 215,5

Panjang lereng 150 m, struktur geologi lereng adalah campuran batu dan tanah yang berupa blok-blok batuan (*Block in Mat*), ada aliran air pada lereng. Lereng relatif tinggi.

Tabel 4. Alternatif perbaikan lereng KM 215,5

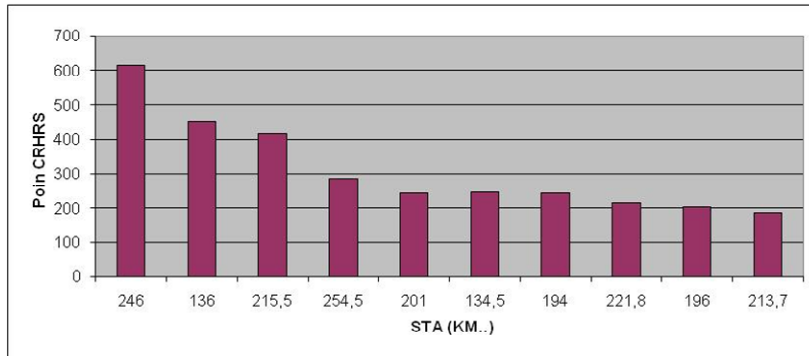
No	Kombinasi	Total (Rp.)	Sub Total (Rp.)	Keterangan
2	Scalling	25,650,000.00	111,950,000.00	Volume Scalling = 150 m ³
	Bronjong	58,300,000.00		Bronjong = 100 m
	Parit di Bawah Tebing	28,000,000.00		Parit di Bawah Tebing = 100 m
3	Scalling	17,100,000.00	120,800,000.00	Volume Scalling = 100 m ³
	Tembok Penahan Tanah Parit di Bawah Tebing	75,700,000.00 28,000,000.00		Tembok Penahan Tanah = 100 m Parit di Bawah Tebing = 100 m

Berdasarkan *value engineering technique* dengan memasukkan pertimbangan teknis dan ekonomi, maka dapat dikembangkan beberapa alaternatif perbaikan lereng untuk 10 lereng maka ditabulasikan hasilnya sebagai berikut.

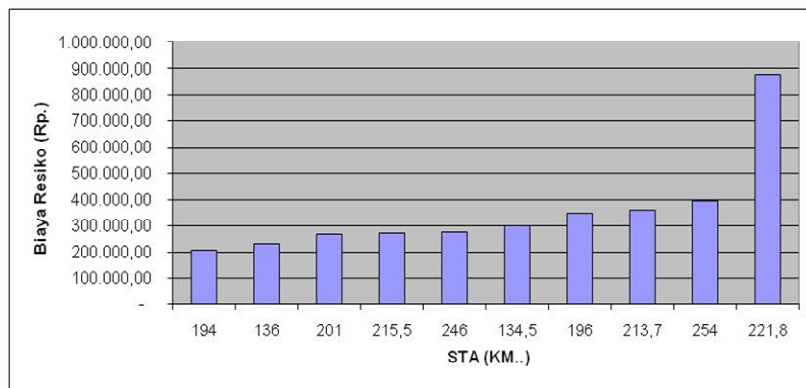
Table 6. Prioritas Aletrnatif Perbaikan Berdasarkan value engineering (Biaya Resiko)

STA	Kombinasi	Biaya Perbaikan (Rp.)	Poin CRHRS	Biaya Resiko (Rp.)
194	2	49.990.000,00	243	205.720,16
136	2	103.400.000,00	450	229.777,78
201	2	64.725.000,00	243	266.358,02
215,5	2	111.950.000,00	417	268.465,23
246	2	167.400.000,00	615	272.195,12
134,5	2	73.275.000,00	246	297.865,85
196	2	70.750.000,00	204	346.813,73
213,7	2	66.850.000,00	186	359.408,60
254	2	111.950.000,00	285	392.807,02
221,8	2	189.700.000,00	216	878.240,74

Sumber : Analisa data



Gambar 2. Poin CRHRS

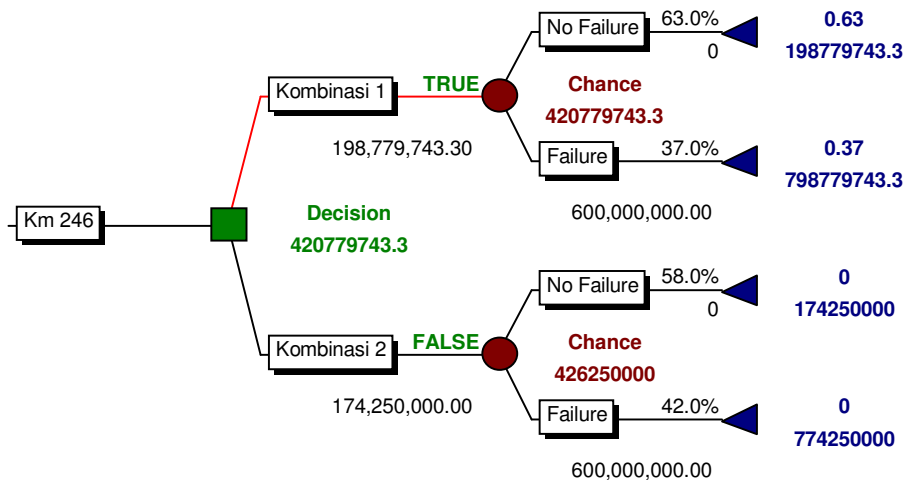


Gambar 3. Vlue engineering (Biaya Resiko) perbaikan lereng

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa berbeda prioritas perbaikan berdasarkan Biaya Resiko dan tingkat kerawanan (poin *CRHS*). Pada prioritas berdasarkan TINGKAT KERAWANAN yang paling kecil untuk 3 lereng rawan (KM 246, KM 136, dan KM 215.5). dan berdasarkan value engineering (biaya resiko) diambil nilai paling kecil untuk 3 lereng rawan adalah KM 136, KM 215.5, dan KM 246.

1.4. Pemodelan Decision Tree

Gambar 3 berikut ini adalah pemodelan untuk memilih alternatif perbaikan lereng dengan metode *Instant In Time* (IIT). Model IIT digunakan untuk memodelkan beberapa alternatif perbaikan dengan membandingkan 2 alternatif perbaikan.



Gambar 3. Model Instant In Time untuk kombinasi 1 dan 2

Dari 2 cabang model di atas, dihitung masing-masing nilai total konsekuensi biaya atau *Expected Value* (EV) untuk masing-masing cabang. Perhitungan manual nilai EV untuk masing-masing cabang pada model di atas adalah sebagai berikut:

$$EV_{K1} = 0,63 (198.779.743,3 + 0) + 0,37 (198.779.743,3 + 600.000.000)$$

$$EV_{K1} = 420.779.743,3$$

$$EV_{K2} = 0,58 (174.250.000 + 0) + 0,42 (174.250.000 + 600.000.000)$$

$$EV_{K2} = 426.250.000$$

Berdasarkan simulasi pada cabang kombinasi 1 atas jika *initial cost* kombinasi 1 adalah Rp.198.779.743,3 biaya perawatan adalah Rp.0,- dan *24 hours cost delay* adalah Rp. 600.000.000 dan probabilitas keruntuhan Pf adalah 37%, maka total biaya di cabang paling atas (total biaya perbaikan ini) atau disebut *Expected Value* (EV) adalah Rp. 420,7 juta.

Pada cabang kombinasi 2, *initial cost* kombinasi 2 adalah sebesar Rp.174.250.000 biaya perawatan adalah Rp.0,- dan *24 hours cost delay* adalah Rp.600.000.000 dan

probabilitas keruntuhan Pf adalah 42%, maka total biaya di cabang paling atas (total biaya perbaikan ini) atau disebut *Expected Value* (EV) adalah 426,25 juta. EV kombinasi 1 lebih rendah dibandingkan dengan EV kombinasi 2. Ini berarti kombinasi 1 *preferable* untuk disarankan bagi pengambilan keputusan penanganan perbaikan lereng.

Berdasarkan pemodelan dengan model *Instant In Time* dan *Specific Time Horizon* didapat bahwa metode perbaikan dengan total konsekuensi biaya yang paling kecil adalah metode perbaikan kombinasi 1 yaitu kombinasi perbaikan parit dan *shortcrete*.

1. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pemodelan dengan metode *Instant In Time* dan *Specific Time Horizon* diketahui bahwa dari 3 alternatif perbaikan dengan biaya konstruksi dan tingkat ketahanan (*durability*) yang berbeda metode perbaikan dengan total konsekuensi biaya paling kecil yang kemudian diusulkan untuk dipilih pada lereng KM 24 adalah metode perbaikan kombinasi parit dan *shortcrete* dengan biaya konstruksi Rp. 174.250.000 dan tingkat ketahanan 63%.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu mempertimbangkan untuk menghitung tingkat ketahanan yang berbeda untuk tiap tahun pemodelan,
2. Perlu perhitungan lebih lanjut biaya yang diakibatkan apabila suatu lereng runtuh (biaya *24 hours cost delay*)

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2009. Pendapatan Nasional. Available at: <URL: http://id.wikipedia.org/wiki/Pendapatan_nasional> [accessed 12 January 2010]
2. Anonim, 2005. Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual Dan Batuan. Badan Litbang PU Pekerjaan Umum
3. Burhanudin. 2008. Prose Pengambilan Keputusan Dalam Memanajemen Keruntuhan Lereng dengan Metode *Specific Time Horizon*. Pekanbaru: Universitas Riau
4. Hardiyatmo, Hary Christiadi. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, Yogyakarta: Gadjah mada University Press
5. Huaco, Daniel R. 2008. Decision Support for Slope Construction and Repair Activities: An Asset Management Building Block. Missouri: University of Missouri, Columbia
6. Loehr, Erik J, et al. 2004. Decision Support for Slope Construction and Repair Activities: An Asset Management Building Block. Missouri: University of Missouri, Columbia
7. Muhunthan, Balasingam, 2005 Analysis and Design of Wire Mesh/Cable Net Slope Protection. Washington: Washington State University.

8. Muhunthan, Balasingam, 2005 Analysis and Design of Wire Mesh/Cable Net Slope Protection. Washington: Washington State University.
9. Pierson, Lawrence A, Vickle Robert Van 1993. Rockfall Hazard Rating System. . USA: Federal Highway Administration
10. Pierson, Lawrence A. 2005. Rockfall Hazard Classification and Mitigation System. Montana: Montana Department of Transportation.
11. Russel, Choursistopher P. 2008. Modification and Statistical Analysis of The Colorado Rockfall Hazard Rating System. Colorado: Colorado Department of Transportation.
12. Sugiyono, 2000. Metode Penelitian Administrasi. Bandung: Alfabeta
13. Subakti, Irfan. 2002. Sistem Pendukung Keputusan, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
14. Satria, ibnu. 2010. Analisa Biaya dan tingkat Kerawanan pada Perbaikan Aset Geoteknik. Pekanbaru: Universitas Riau
15. Yudi, 2009. Prakiraan sifat dan curah hujan 2009. Available at: <URL: <http://yudi81.wordpress.com/2008/12/26/prakiraan-sifat-dan-curah-hujan-bulan-januari-2009/>> [accessed 12 Januaari 2010]