



PENELITIAN LONGSORAN JALAN SIMPANG WAIPIA-SALEMAN, PULAU SERAM, PROPINSI MALUKU

Benny Moestofa

RINGKASAN

Masalah longsor lereng jalan yang tersusun tanah residual pada ruas jalan Simpang Waipia-Saleman, Pulau Seram, Propinsi Maluku terutama disebabkan tidak layaknya desain, pembangunan dan pemeliharaan jalan, khususnya sistem drainase dan penempatan timbunan yang dijumpai di sepanjang jalur alinyemen yang sebagian besar melewati terrain yang sangat sulit serta tidak stabil. Oleh karena itu, harus dibuat korelasi antara faktor-faktor lingkungan geoteknik dengan kinerja lereng untuk memperoleh desain lereng jalan yang mantap. Korelasi tersebut dapat dibuat berdasarkan hasil inventarisasi longsor lereng jalan yang meliputi kinerja lereng, terrain, hidrologi serta variabilitas geologi yang dapat digunakan sebagai strategi pembuatan desain dan pemeliharaan lereng alam dan lereng buatan untuk diterapkan di seluruh jaringan jalan di Indonesia. Teknik inventarisasi ini akan menghasilkan suatu aturan desain lereng jalan yang sederhana di sepanjang Simpang Waipia-Saleman dan juga dapat diterapkan di daerah lainnya yang mempunyai kondisi geologi, terrain serta iklim yang sama.

SUMMARY

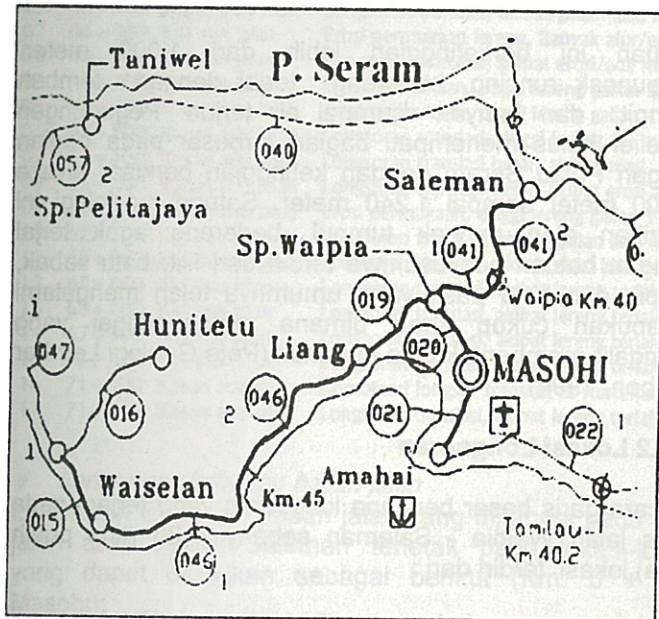
The instability problems associated with residual soil highway slopes along Simpang Waipia-Saleman road link, Seram island, Maluku province are mainly due to inadequate design, construction and maintenance, particularly as regards drainage and fill placement, for a route alignment that runs for a large part through very difficult and marginally stable terrain. Therefore, a link has to be made between geotechnical environment factors and slope performance for successful design of highway slopes. One such simple link can be made by undertaking an inventory of slope instability consisting of slope performance, terrain, hydrological and geological variables which can be used as the overall strategy for the design and maintenance of natural and man-made slopes that impinge upon the Indonesian highway network. Such a technique provides a simple design rule for highway slopes along Simpang Waipia-Saleman and also those in areas of similar geology, terrain and climate.

I. PENDAHULUAN

Ruas jalan Waipi-Saleman dengan panjang lebih kurang 48 kilometer merupakan sarana transportasi penting dalam meningkatkan kegiatan ekonomi dan interaksi daerah di P. Seram, Propinsi Maluku (lihat Gambar 1). Saat ini ruas jalan tersebut merupakan sarana transportasi darat satu-satunya yang menghubungkan jalur/pantai Selatan dengan pantai Utara pada lintas Seram bagian tengah. Ruas jalan tersebut ditinjau dari aspek ekonomi memegang peranan penting, karena memperlancar transportasi hasil-hasil komoditi non-migas, antara lain karet, coklat, beras dan tanaman pangan lainnya yang umumnya digarap oleh para transmigran yang bermukim di pantai Utara. Penggunaan ruas jalan ini sebagai sarana transportasi diperkirakan akan meningkat pada masa mendatang, mengingat akan dibukanya Wisata Taman Laut-Taman Nasional Manusela, PLTA, budidaya tripang (mutiara), pengolahan minyak bumi serta pabrik semen.

Sejak dibangunnya ruas jalan Waipia-Saleman pada tahun sembilan puluhan sering mengalami gangguan berupa bencana longsor yang menimbulkan kemacetan lalu-lintas, bahkan sewaktu-waktu dapat memutuskan arus lalu-lintas yang menghubungkan kedua tempat tersebut. Disamping kondisi geologi yang kurang menguntungkan, antara lain adanya patahan, kekar, lipatan dan tanah bersifat erosif, diperburuk dengan tingginya curah hujan lokal yang merupakan faktor penyebab utama terjadinya bencana longsor tersebut. Hasil identifikasi longsor ini diharapkan dapat memberikan bahan masukan untuk desain penanggulangan longsor ditinjau dari aspek-aspek geoteknik yang memegang peranan penting atas terjadinya bencana longsor pada ruas jalan Waipia-Saleman tersebut. Disadari bahwa pengenalan dan identifikasi masalah longsor merupakan cara yang paling efisien dan praktis dalam memilih metode penanggulangan yang efektif dan ekonomis.

GAMBAR 1.
LOKASI RUAS JALAN SIMPANG WAIPIA - SALEMAN,
KABUPATEN MALUKU TENGAH, PROPINSI MALUKU



II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Hipotesa

Metode identifikasi longsor ini akan menghasilkan aspek-aspek geoteknik yang dibutuhkan dalam pembuatan desain lereng efektif dan ekonomis untuk menanggulangi longsor jalan Simpang Waipia-Saleman, agar arus lalu-lintas barang dan penumpang dapat berjalan dengan lancar.

2.2. Pendekatan Metodologi

Pendekatan metodologi yang digunakan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, antara lain: kondisi terrain, geologi dan hidrologi pada lokasi lereng jalan yang diteliti. Faktor lingkungan tersebut sangat mempengaruhi stabilitas lereng jalan, baik lereng alam, lereng galian dan lereng timbunan. Tipe gangguan stabilitas lereng jalan atau longsor yang diidentifikasi dan dikaji dalam proyek penelitian ini dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Gangguan stabilitas lereng jalan dengan skala besar
- Longsor lereng alam akibat erosi atau degradasi
- Longsor lereng galian
- Longsor timbunan jalan
- Kombinasi longsor lereng alam dan atau lereng galian dan atau lereng timbunan.

Dalam kegiatan penelitian ini digunakan formulir isian lapangan standar dilengkapi dengan petunjuk cara pengisiannya yang merupakan inti metodologi

inventarisasi stabilitas lereng jalan. Formulir lapangan tersebut terdiri dari :

- Tapak Umum (General Site)
- Lereng Alam (Natural Slope)
- Lereng Buatan/Galian dan Timbunan (Artificial Slope/ Cut & Fill Slope)
- Rincian Lereng Longsor (Detail Slope Failure)

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau cara pengumpulan data dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Tahap persiapan merupakan kegiatan pengumpulan data sekunder, antara lain: pengumpulan peta topografi, peta geologi, peta sistim lahan, peta ruas jalan serta program perencanaan dan pelaksanaan pembangunan serta pemeliharaan jaringan jalan
- 2) Tahap survei pendahuluan merupakan kegiatan pengumpulan data awal kondisi lereng jalan pada beberapa ruas jalan terpilih dengan menggunakan formulir survei pendahuluan stabilitas lereng jalan
- 3) Tahap pekerjaan lapangan merupakan kegiatan inventarisasi stabilitas lereng jalan dengan menggunakan formulir isian lapangan standar yang dilengkapi dengan petunjuk cara pengisiannya yang telah dirancang secara sistematis dan praktis.

III. HASIL - HASIL INVENTARISASI LERENG JALAN

3.1. Deskripsi Umum

Pengembangan metodologi inventarisasi stabilitas lereng jalan sesuai dengan kondisi Indonesia merupakan suatu langkah penting dalam menunjang keberhasilan sistem perencanaan dan program pelaksanaan pembangunan serta pemeliharaan jaringan jalan di Indonesia. Dari hasil penelitian ini diperoleh gambaran yang lebih jelas tentang korelasi antara kondisi geologi dan klasifikasi terrain dengan kinerja lereng yang dapat dijadikan salah satu tolak ukur dalam identifikasi stabilitas lereng jalan. Hasil-hasil inventarisasi yang dikumpulkan dievaluasi serta dikaji untuk mengetahui sampai sejauh mana efektivitas metodologi tersebut pada ruas-ruas jalan dengan kondisi geoteknik yang beragam, baik kondisi geologi, hidrologi maupun terrainnya.

3.2. Survei Pendahuluan

Hasil survei pendahuluan sangat membantu dalam identifikasi awal tentang karakteristik lereng jalan serta faktor-faktor lingkungan geoteknik yang menimbulkan bencana longsor suatu lereng jalan. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam survei pendahuluan ini adalah:

- a) Inventarisasi kondisi lingkungan geologi teknik serta penerapan sistem informasi geografi di sepanjang koridor ruas jalan Waipia - Saleman

lokasi yang dapat diuraikan sebagai berikut (Km. 0 + 000 Masohi):

No	Kilometer	Letak	Penjelasan/Keterangan Longsoran
01	33+200	Kanan atas jalan	Longsoran translasi, akibat galian kaki lereng
02	46+400	Kiri atas jalan	Erosi permukaan lereng. Banyak alur/erosi
03	48+250	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat erosi/ada mata air
04	48+300	Kiri atas jalan	Erosi permukaan, tinggi lereng galian 37 m
05	51+300	Kanan atas jalan	Erosi permukaan, tinggi lereng galian 16 m
06	54+200	Kanan atas jalan	Longsoran translasi, tinggi lereng 20 m
07	54+700	Kanan atas jalan	Longsoran translasi besar, akibat erosi
08	55+200	Kanan atas jalan	Longsoran translasi besar, akibat erosi
09	60+100	Kanan atas jalan	Erosi permukaan, tinggi lereng galian 9 m
10	62+100	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat galian kaki lereng
11	62+800	Kanan atas jalan	Longsoran translasi, akibat erosi kaki lereng
12	64+600	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat lereng terlalu tegak
13	65+200	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat lereng terlalu tegak
14	67+400	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat lereng terlalu tegak
15	68+000	Kiri atas jalan	Longsoran translasi, akibat lereng terlalu tegak
16	71+400	Kanan atas jalan	Kombinasi longsor translasi & runtuhnya tanah
17	71+800	Kanan atas jalan	Longsoran translasi, akibat lereng terlalu tegak

♦ Longsoran timbunan badan jalan

Longsoran timbunan badan jalan yang dijumpai pada ruas jalan arah Waipia-Saleman terletak pada lokasi-lokasi yang dapat diuraikan sebagai berikut (Km. 0 + 000 Masohi):

No	Kilometer	Letak	Penjelasan/Keterangan Longsoran
01	31+800	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, akibat konstruksi timbunan jelek
02	36+100	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, akibat erosi lereng
03	36+300	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, akibat erosi lereng
04	36+800	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, konstruksi timbunan & drainase jelek
05	38+900	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, konstruksi timbunan & drainase jelek
06	43+700	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, konstruksi timbunan & drainase jelek
07	48+350	Kanan bawah	Badan jalan longsor, konstruksi timbunan & drainase jelek
08	50+400	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor, ada kons. bronjong cukup efektif
09	54+500	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor/kritis, akibat erosi/ada mata air
10	55+100	Kiri bawah jalan	Badan jalan longsor/kritis, akibat erosi kaki lereng
11	62+000	Kanan bawah	Badan jalan longsor, konstruksi timbunan & drainase jelek

♦ Longsoran lereng alam

Longsoran lereng alam umumnya diatas lereng galian dijumpai pada beberapa lokasi arah Waipia-Saleman yang dapat diuraikan sebagai berikut (Km. 0 + 000 Masohi):

No	Kilometer	Letak	Penjelasan/Keterangan Longsoran
01	34+000	Kanan atas jalan	Longsoran translasi, akibat galian kaki lereng & erosi
02	35+600	Kanan atas jalan	Kombinasi longsor translasi & runtuhnya tanah
03	47+600	Kiri atas jalan	Longsoran debris lapukan sekis menutupi jalan
04	61+600	Kanan atas jalan	Longsoran translasi di atas galian

♦ Longsoran dangkal dan gorong-gorong

Longsoran dangkal atau permukaan lereng dan gorong-gorong di bawah badan jalan, akibat erosi mata air yang berasal dari lereng galian di atas badan jalan dijumpai pada beberapa lokasi arah Waipia - Saleman yang dapat diuraikan sebagai berikut (Km. 0 + 000 Masohi):

No	Kilometer	Letak	Penjelasan/Keterangan Longsoran
01	32+150	Kiri bawah jalan	Longsoran gorong ² Armco, akibat erosi/ada mata air dan konstruksinya jelek, jalan hampir putus
02	33+600	Kanan atas+bawah	Tebing dan lereng dibawah jalan tergerus/longsor oleh luapan mata air, akibat tidak ada drainase
03	44+300	Kanan atas+bawah	Longsoran dangkal pada tebing jalan, akibat erosi air hujan, konstruksi jelek dan drainase tidak berfungsi

3.3.3 Faktor Penyebab Longsoran

Kerusakan jalan akibat adanya bencana longsoran akan dapat ditanggulangi secara efektif dan ekonomis, bila diketahui faktor-faktor penyebab longsoran. Secara garis besar faktor penyebab longsoran yang paling dominan pada ruas jalan Waipia-Saleman dapat dibagi dalam 2 (dua) bagian, yaitu faktor eksternal dan faktor internal yang dapat diuraikan sebagai berikut :

• Faktor eksternal

Faktor eksternal merupakan faktor dari luar yang dapat meningkatkan tegangan geser atau memperbesar momen/ gaya pendorong, meliputi antara lain :

- Lereng galian terlalu tegak: kasus longsoran jalan ini dijumpai pada km. 35+600, 62+800, 64+600, 65+200, 67+400, 68+000 dan 71+800
- Pemotongan kaki lereng: kasus longsoran jalan ini dijumpai pada km. 33+200, 34+000 dan 62+000
- Erosi permukaan lereng: kasus longsoran jalan ini dijumpai pada km. 33+600, 34+000, 36+800, 38+900, 44+300, 46+400, 47+600, 48+300, 48+350, 54+500 dan 55+100, 60+000, 62+000 dan 71+400
- Pembebanan (surcharge): kasus longsoran badan jalan ini dijumpai pada km 62+000, akibat tidak berfungsinya sistim drainase yang ada dapat menimbulkan genangan air di atas badan jalan.

• Faktor internal

Faktor internal merupakan faktor dari dalam yang dapat mengakibatkan turunnya kuat geser tanah atau mengecilnya momen/gaya penahan, meliputi antara lain:

- Faktor geologi: kasus longsoran jalan ini dijumpai pada km. 36+300, 50+400, 51+300, 54+200, 54+700, 55+200, 67+400, 71+400 dan 71+800, akibat adanya struktur kekar, retakan, perlapisan serta tanah bersifat erosif
- Masalah hidrologi: banyaknya mata air pada permukaan dan kaki lereng jalan dapat menurunkan kuat geser tanah. Kasus longsoran ini dijumpai pada km. 32+150, 33+600, 36+100, 36+300, 36+800, 38+900, 43+700, 47+600, 48+300, 48+350, 50+400, 51+300, 54+200, 54+500, 54+700, 55+100, 55+200, 60+000, 62+800, 64+600, 65+200 dan 68+000

Berdasarkan hasil identifikasi longsoran, maka dibuat rangkum-an tipe dan kondisi longsoran lereng galian serta timbunan di sepanjang ruas jalan Sp. Waipia-Saleman yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dalam tabel ini tampak banyak longsoran dengan potensi cukup besar yang dapat menimbulkan kerusakan badan jalan, bahkan setiap saat dapat memutuskan ruas jalan ini, khususnya pada musim hujan. Hal ini diakibatkan beberapa faktor penyebab utama, yaitu:

- 1) Pemotongan lereng terlalu tegak tanpa adanya bangunan pengamanan lereng
- 2) Jeleknya konstruksi timbunan badan jalan serta tidak digunakannya bahan urugan pilihan
- 3) Tidak layaknya sistem drainase yang ada, baik permukaan (saluran tepi) maupun bawah permukaan (gorong-gorong)

- 4) Bentuk geometri lereng galian dan timbunan yang dibuat tanpa mempertimbangkan kondisi morfologi serta struktur geologi yang mengontrol alinyemen jalan ini
- 5) Mudah terganggunya stabilitas lereng alam yang terletak di atas lereng galian
- 6) Lapisan tanah/batuan penyusun lereng yang bersifat erosif atau mudah terkikis air
- 7) Banyaknya tanah hasil longsor yang ditimbun di sepanjang tepi/sisi badan jalan
- 8) Daerah basah, banyaknya mata air yang dijumpai di sepanjang alinyemen jalan
- 9) Tidak adanya pemeliharaan jalan secara rutin

3.4 Evaluasi & Analisa Data

3.4.1 Tipe, Mekanisme & Penyebab Longsor

Keberhasilan suatu metodologi penelitian bidang jalan tidak terlepas dari hasil - hasil penerapannya untuk dapat

dimanfaatkan dalam sistim perencanaan dan program pelaksanaan pembangunan jalan. Oleh karena itu evaluasi dan analisis data lereng jalan merupakan faktor yang sangat penting, sehingga penyajian data hasil penerapan metodologi inventarisasi stabilitas lereng jalan dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin dalam program perencanaan dan pelaksanaan pembuatan lereng jalan yang mantap. Seluruh data lereng pada ruas jalan Sp. Waipia-Saleman dimasukkan ke dalam komputer, dimana pemasukan, pengecekan dan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program "spreadsheet". Hasil evaluasi dan analisa data longsor lereng galian serta timbunan pada ruas jalan Waipia-Saleman dapat dilihat pada Tabel 3.

Ruas jalan Waipia-Saleman yang melewati daerah dengan terrain/morfologi/topografi yang sangat sulit, yaitu

Tabel 2
PEMBAGIAN ALINYEMEN JALAN WALPIA - SALEMAN
BERDASARKAN SATUAN GEOLOGI TEKNIK (KM. 0 + 000 MASOHI)

Satuan Jalan	Dari (Km)	Ke (Km)	Panjang (Km)	Deskripsi Alinyemen Jalan	Lingkungan Geologi	Bobot Relatif
A	27,8	30,8	3,0	Dataran dengan kemiringan landai	Batuan sedimen kuartar.	1
B	30,8	38,0	7,2	Tanjakan tajam dengan lereng alam terjal sebelah kanan jalan. Sering bawah lereng longsor pada kiri jalan.	Tanah sangat tipis menutupi lereng di atas batuan sekis dan filit lapuk.	4
C	38,0	46,0	8,0	Jalan lewat tanjakan agak terjal s/d terjal dengan lereng galian di kanan jalan. Kadang-kadang bagian bawah lereng longsor di sebelah kiri jalan	Tanah erosif di atas lapukan sekis dan filit, makin tebal keatas lereng. Ada koluvium di sisi lereng	4
D	46,0	49,8	3,8	Rute jalan melewati puncak lereng dengan galian di kiri jalan dan kadang-kadang bawah lereng longsor kanan jalan	Tanah erosif dia atas lapukan sekis dan filit, makin tebal ke atas lereng	4
E	49,8	50,8	1,0	jalan lewat punggung dengan lereng galian di sebelah kiri dan kanan jalan arah Waipia-Saleman.	Tanah erosif di atas lapukan sekis dan filit, makin menebal ke atas lereng .	3
F	50,8	55,0	4,2	Jalan menurun tajam dengan lereng galian di kiri jalan dan kadang-kadang ada longsor di kanan jalan	Tanah sangat erosif di atas lapukan batuan sekis dan filit	5
G	55,0	61,0	6,0	Jalan melewati daerah perbukitan sedang dan lembah lebar. Lereng galian tinggi terpecar di kiri dan kanan jalan	Tanah penutup bervariasi di atas batu pasir lapuk berlapis	3
H	61,0	63,1	2,1	Jalan menanjak melewati tepian punggung yang terjal dengan galian di kiri dan longsor di kanan jalan	Tanah penutup bervariasi diatas batu pasir lapuk ber lapis. Ada koluvium	4
I	63,1	65,0	1,9	Jalan melewati puncak punggung dengan lereng-lereng galian, terutama di sebelah kanan jalan	Tanah penutup bervariasi di atas batu pasir lapuk	4
J	65,0	68,8	3,8	Jalan menurun tajam dengan lereng galian di kiri jalan, sedangkan di kanan jalan bagian bawah lereng galian umumnya longsor	Tanah residu tipis (< 5m) dan koluvium di atas batu pasir lapuk selang seling batu lanau dan serpih	4
K	68,8	76,0	7,2	Jalan melewati daerah perbukitan agak melebar s/d melebar dengan lereng galian kecil-kecil dan terpisah.	Selang-seling batu pasir dengan batu lanau dan batu serpih	2

Keterangan:

- 1 Hampir tidak ada masalah pada lereng galian/timbunan
- 2 Sedikit masalah pada lereng galian/timbunan
- 3 Ada masalah pada lereng galian/timbunan
- 4 Banyak masalah longsor cukup serius yang memerlukan masukan beberapa aspek geoteknik
- 5 Banyak masalah longsor yang cukup kritis yang memerlukan banyak masukan aspek geoteknik untuk desain rinci
- 6 Kondisi longsor sangat kritis yang memerlukan sangat banyak masukan aspek geoteknik yang kompleks dan rumit

berupa daerah perbukitan terjal dan pegunungan yang mudah terganggu stabilitasnya atau tidak pernah terhindar dari bencana longsor, khususnya pada musim penghujan.

Hal ini berkaitan erat dengan kondisi geologi yang merugikan serta kurang layaknya disain yang diterapkan, termasuk pula realisasi pembangunan yang tidak berwawasan geoteknik dan tidak adanya pemeliharaan jalan yang memadai. Masalah pokok yang mempunyai andil cukup besar atas terjadinya bencana longsor pada ruas jalan ini adalah tidak adanya sistem drainase serta jeleknya konstruksi timbunan badan jalan. Berdasarkan hasil identifikasi longsor yang dilakukan pada ruas jalan tersebut, maka secara garis besar dapat diuraikan kondisi dan mekanisme longsor yang terjadi di sepanjang alinye-men jalan Waipia-Saleman sebagai berikut:

1. **Longsor akibat erosi;** tipe longsor ini diawali dengan makin banyaknya alur-alur bekas erosi pada permukaan lereng, dimana makin lama makin membesar serta saling berhubungan satu sama lainnya yang mengakibatkan seluruh lereng mengalami degradasi atau longsor.

Tabel 3
RANGKUMAN EVALUASI LONGSORAN JALAN
WAIPIA-SALEMAN

Lokasi Km Letak	Uraian longsor	Tipe longsor	Luas longsor	Kondisi longsor	Faktor penyebab	Jenis material	Kerusakan saat ini	Potensi
31,80 Kr B	Timbunan jalan	II	2	3	8 0 0	I	2	5
32,15 Kr B	Gorong Armco	II	2	1	6 8 0	I	3	5
33,20 Kn A	Lereng galian	I, IV	2	3	2 0 0	II	4	5
33,60 Kn A B	Aliran air di jalan, tidak ada gorong	II	1	1	3 6 0	II	2	4
34,00 Kn A	Lereng alam di atas lereng galian	III, V	4	1	2 7 0	II	3	6
35,60 Kn A	Puncak lereng	III, IV	3	3	1 2 0	II	4	6
36,10 Kr B	Timbunan jalan	II	5	4	6 0 0	II	4	5
36,30 Kr B	Timbunan jalan	II	4	4	5 6 0	II	5	6
36,80 Kr B	Timbunan jalan	II	6	4	3 6 8	II	5	6
38,90 Kr B	Timbunan jalan	II	6	4	3 6 8	II	6	7
43,70 Kr B	Timbunan jalan	II	5	1	8 6 0	II	5	7
44,30 Kn AB	Rayapan, gorong rusak	II, V	4	1	4 3 0	II	3	7
46,40 Kr A	Lereng galian	I	5	4	7 0 0	II	3	4
47,60 Kr A	Lereng alam dan debris ke jalan	V	5	1	4 6 7	II	3	6
48,25 Kr A	Lereng galian	I, III	4	2	4 0 0	II	3	5
48,30 Kr A	Lereng galian	I, III	4	4	6 7 0	II	3	5
48,35 Kn B	Timbunan jalan	II	4	3	6 7 8	II	3	7
50,40 Kr B	Timbunan jalan	II	4	2	1 5 6	II	5	6
51,30 Kn A	Lereng galian	I, III	4	4	5 6 7	II	5	6
54,20 Kn A	Lereng galian	I, III	5	4	5 6 0	II	4	5
54,50 Kr B	Lereng timbunan	I, II	6	4	3 6 0	II	7	8
54,70 Kn A	Lereng galian	I, III	6	4	5 6 0	II	5	7
55,10 Kr B	Timbunan jalan	I, II	4	4	3 6 0	IV	6	7
55,20 Kn A	Lereng galian	I, III	5	4	5 6 0	IV	5	7
60,00 Kn A	Lereng galian	III	3	4	6 7 0	IV	3	5
61,60 Kn A	Lereng alam	III	3	4	4 0 0	IV	3	5
62,00 Kr A	Lereng galian	I, III	4	4	2 7 0	IV	4	5
62,00 Kn B	Timbunan jalan	II	4	4	7 8 0	I	5	6
62,80 Kn A	Lereng galian	I, II, III	5	1	1 6 8	III	5	6
64,60 Kr A	Lereng galian	III	3	4	1 6 0	III	4	5
65,20 Kr A	Lereng galian	III	5	4	1 6 0	III	5	6
67,40 Kr A	Lereng galian	III	4	2	1 5 0	I	3	2
68,00 Kr A	Degradasi lereng, galian relokasi	I, III	4	1	1 6 0	IV	3	5
71,40 Kn A	Lereng galian	I, III, IV	4	4	7 5 6	IV	3	4
71,80 Kn A	Lereng galian	III	2	2	1 5 0	IV	2	3

2. **Longsor di bawah badan jalan;** tipe longsor ini bervariasi ukurannya mulai dari bagian luar atau pinggir bahu jalan sampai seluruh badan jalan pada daerah galian dan timbunan. Bentuk longsor ini dengan skala besar banyak dijumpai pada badan jalan yang sebagian terletak di atas tanah timbunan dengan mutu konstruksi yang buruk serta jeleknya bahan urugan yang digunakan (tanah humus). Hal ini diperburuk dengan tidak adanya sistem drainase yang memadai, baik drainase permukaan (saluran tepi) maupun drainase bawah permukaan (gorong-gorong). Tidak jarang pula dijumpai adanya longsor lereng alam pada bagian atas lereng galian di atas badan jalan, akibat erosi permukaan. Longsor lereng alam ini menimbulkan kerusakan pada badan jalan serta berfungsi sebagai alat pemicu terjadinya longsor di bawah badan jalan, akibat meluncurnya tanah longsor serta timbulnya genangan air yang berasal dari mata air di atas badan jalan.

3. **Longsor translasi pada lereng galian;** merupakan tipe longsor dangkal, dimana sebagian besar mekanismenya diawali dari bagian atas lereng galian yang cenderung mengalami tingkat pelapukan batuan dasar penyusun lereng lebih tinggi. Faktor penyebab terjadinya longsor tipe ini adalah terlalu tegaknya lereng galian, tanah penyusun lereng bersifat erodif serta dipicu oleh tingginya intensitas curah hujan lokal. Tipe longsor ini mempunyai potensi cukup besar untuk menutupi jalan, tetapi potensi serta risikonya tidak sebesar tipe longsor II di atas. Ditinjau dari segi penanggulangan, maka tipe longsor II lebih sulit dan biayanya cukup mahal bila dibandingkan dengan tipe III.

4. **Runtuhan tanah pada lereng galian;** tipe longsor ini terjadi akibat adanya struktur geologi yang merugikan pada lereng galian dengan tanah penutup tipis di atas batuan sekis dan filit lapuk (lihat satuan B pada Tabel 3).

5. **Longsor lereng alam;** sebagian besar lereng alam di sepanjang alinyemen jalan ini rawan longsor, akibat material penyusun lereng bersifat erodif, adanya struktur geologi yang merugikan serta masalah hidrologi. Pengaruh luar, antara lain pemotongan kaki lereng, penggundulan tanaman/vegetasi lereng, pembuangan tanah galian/longsor serta curah hujan tinggi merupakan faktor penyebab timbulnya longsor lereng alam yang menimpa alinyemen jalan ini, walaupun saat ini kerusakan yang ditimbulkan relatif kecil, tetapi tidak menutup kemungkinan akan timbulnya kerusakan yang lebih parah pada masa mendatang.

Kondisi dan mekanisme longsor yang sebenarnya terjadi di lapangan umumnya kombinasi dua tipe longsor atau lebih seperti yang diuraikan di atas. Misalkan erosi permukaan dapat mengakibatkan longsor translasi dangkal, atau longsor di bawah badan jalan dapat menimbulkan longsor lereng galian atau lereng alam yang terletak di atasnya.

3.4. 2 Penanggulangan Longsor

Desain penanggulangan longsor yang efektif dan ekonomis harus didasarkan data teknik yang berkaitan erat

- 1) Identifikasi penyebab longsor
- 2) Kemungkinan penerapan tipe penanggulangan yang memenuhi persyaratan teknis
- 3) Kemudahan pelaksanaan
- 4) Ketersediaan bahan bangunan untuk penanggulangan longsor
- 5) Memilih salah satu tipe penanggulangan dengan mempertimbangkan faktor ekonomi.

Penanggulangan darurat merupakan cara penanggulangan yang bersifat sementara, biasanya dilakukan sebelum penanggulang-an permanen dilaksanakan. Penanggulungan darurat ini perlu dilakukan untuk menghindari terjadinya kemacetan lalu-lintas pada ruas jalan Waipia-Saleman yang makin lama frekuensi lalu-lintasnya cenderung makin tinggi. Cara-cara penanggulangan darurat yang dapat diterapkan pada ruas jalan tersebut, antara lain :

- 1) Pembersihan material longsor yang menutupi saluran tepi atau menutupi sebagian atau seluruh jalan
- 2) Pelebaran badan jalan yang longsor ke arah tebing jalan, yaitu pada km. 31+800, 36+100, 36+300, 36+800, 38+900, 43+700, 48+350, 50+400, 54+500, 55+100 dan 62+000 dengan tahapan pelaksanaan seperti tampak dalam Gambar 3.
- 3) Mencegah masuknya air permukaan (mata air dan air hujan) masuk ke dalam daerah longsor dengan mengfungsikan saluran tepi dan gorong-gorong yang ada serta membuat saluran pencegat (lihat Gambar 4)
- 4) Membuat pasangan bronjong pada bagian kaki lereng yang longsor dengan cara meletakkan dasar bronjong pada lapisan keras, agar tidak guling (lihat Gambar 5).

Secara garis besar cara penanggulangan longsor yang bersifat permanen dapat dibagi dalam 3 kelompok, yaitu :

- ◊ Pembuatan sistem drainase permukaan
- ◊ Pengurangan berat dengan pemotongan lereng

- ◊ Pembuatan sistem drainase bawah permukaan
- ◊ Bronjong atau pasangan batu
- ◊ Beban kontra (counter weight)
- ◊ Pembuatan bangunan penahan longsoran (dinding penahan, tiang pancang, turap baja, cerucuk beton, tiang bor dan sebagainya)
- ◊ Tanah bertulang (reinforced earth) dan lain-lain.

Jika kedua kelompok penanggulangan tersebut di atas tidak dapat mengatasi longsor yang terjadi, maka dilakukan relokasi atau pemindahan/pergeseran alinyemen atau trase jalan yang lebih mantap.

Diagram illustrating the cross-section of a road drainage system with various components labeled:

- 1. BUKIT BONGKONG BEA BIPERULAN
- 2. BUKIT BONGKONG BEA BIPERULAN
- 3. BUKIT LANTAJ BEGA
- 4. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 5. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 6. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 7. BUKIT BONGKONG BEA BIPERULAN
- 8. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 9. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 10. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 11. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 12. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 13. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 14. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 15. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 16. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 17. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 18. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 19. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 20. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 21. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 22. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 23. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 24. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 25. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 26. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 27. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 28. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 29. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 30. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 31. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 32. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 33. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 34. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 35. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 36. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 37. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 38. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 39. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 40. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 41. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 42. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 43. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 44. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 45. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 46. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 47. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 48. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 49. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 50. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 51. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 52. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 53. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 54. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 55. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 56. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 57. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 58. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 59. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 60. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 61. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 62. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 63. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 64. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 65. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 66. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 67. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 68. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 69. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 70. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 71. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 72. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 73. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 74. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 75. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 76. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 77. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 78. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 79. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 80. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 81. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 82. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 83. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 84. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 85. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 86. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 87. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 88. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 89. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 90. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 91. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 92. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 93. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 94. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 95. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 96. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 97. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 98. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 99. BUKIT PERBESAHAN BEAN
- 100. BUKIT PERBESAHAN BEAN

Figure 1 shows two cross-sectional diagrams of gabion retaining walls, labeled Profile 1 and Profile 2. Both walls are constructed from gabions (wire mesh boxes) filled with material. The gabions are arranged in a stepped fashion. Profile 1 has a crest width of 0.5m and a base width of 3m. Profile 2 has a crest width of 0.5m and a base width of 1.5m. A free draining layer (A.L.) is shown at the base of the wall. A filter fabric is shown at the base of the gabions, labeled 'Filter fabric to be directed by the engineer'. The gabions are made of 0.5m x 0.5m x 1.0m wire mesh.

Profile 1

Profile 2

Gabion retaining walls

0.5m x 0.5m x 1.0m
1m x 1m x 1.5m
1m x 1m x 2m

0.5m x 0.5m x 1.0m
1m x 1m x 1.5m
1m x 1m x 2m

KEY TO GABION SIZES

GABIONING AND TYPICAL GROUND PRESSURES

Wall Height (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
W1	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
W2	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
W3	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
W4	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
W5	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
W6	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
W7	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
W8	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
W9	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
W10	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
W11	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
W12	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
W13	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
W14	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
W15	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
W16	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
W17	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
W18	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
W19	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155
W20	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
W21	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
W22	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
W23	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
W24	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
W25	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
W26	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
W27	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
W28	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
W29	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205
W30	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
W31	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215
W32	170	175	180	185	190	195	200	205			

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- 1) Ruas jalan Sp. Waipia-Saleman mempunyai peranan penting ditinjau dari aspek ekonomi, karena merupakan satu-satunya sarana transportasi hasil-hasil komoditi non-migas (karet, coklat, beras dll.) dari kawasan transmigrasi di pantai Utara pulau Seram. Penggunaan ruas jalan ini diperkirakan akan meningkat pada masa mendatang, mengingat akan dibukanya Wisata Taman Laut-Taman Nasional Manusela, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), budidaya tripang (mutiara), pengolahan minyak bumi serta pembangunan pabrik semen.
- 2) Ruas jalan ini sering mengalami gangguan berupa bencana longsor yang menimbulkan kemacetan lalu-lintas, bahkan sewaktu-waktu dapat memutuskan arus lalu-lintas satu-satunya yang menghubungkan pantai Selatan dengan pantai Utara.
- 3) Beberapa faktor utama yang menimbulkan longsor jalan Sp. Waipia-Saleman adalah sebagai berikut:
 - a) Pemotongan lereng terlalu tegak tanpa adanya bangunan pengaman lereng
 - b) Jeleknya konstruksi timbunan badan jalan serta tidak digunakannya bahan urugan pilihan
 - c) Tidak layaknya sistem drainase yang ada, baik saluran tepi maupun gorong-gorong
 - d) Bentuk geometri lereng galian dan timbunan yang dibuat tanpa mempertimbangkan kondisi morfologi serta struktur geologi yang mengontrol alinyemen jalan ini
 - e) Mudah terganggunya stabilitas lereng alam yang terletak di atas lereng galian
 - f) Lapisan tanah/batuan penyusun lereng yang bersifat erosif atau mudah terkikis air
 - g) Banyaknya tanah hasil longsor yang ditimbun di sepanjang tepi/sisi badan jalan
 - h) Daerah basah, banyaknya mata air yang dijumpai di sepanjang alinyemen jalan
 - i) Tidak adanya pemeliharaan jalan secara rutin.
- 4) Mekanisme dan tipe longsor yang terjadi pada ruas jalan tersebut adalah :
 - a) Longsor akibat erosi permukaan berupa alur-alur besar dan dalam (gullies, rills, channel dsb.)
 - b) Longsor di bawah badan jalan, akibat adanya limpasan mata air ke permukaan jalan yang menimbulkan erosi vertikal
 - c) Longsor translasi pada lereng galian, akibat adanya pelapukan batuan dasar yang mengalami erosi permukaan oleh air hujan atau air rembesan (seepage water)
 - d) Runtuhan tanah pada lereng galian, akibat adanya struktur geologi (patahan, kekar, lipatan dsb.)
 - e) Longsor lereng alam, akibat tanah penyusun lereng bersifat erosif serta tingginya curah hujan lokal.

- 5) Berdasarkan hasil evaluasi beberapa longsor timbunan badan jalan, maka faktor-faktor penyebabnya yaitu :
 - a) Tidak memadainya sistim drainase pada lereng yang banyak dijumpai air rembesan
 - b) Masih adanya bahan-bahan organik, cangkang tanaman dan humus pada lereng yang ditimbun
 - c) Adanya mata air yang meluap ke permukaan jalan, sehingga menimbulkan erosi tegak pada kaki lereng di bawah jalan yang mengakibatkan terjadinya longsor yang dapat merusak atau memutuskan badan jalan
 - d) Tidak dibuatnya penanggaan (terasering) pada lereng asli sebelum dilakukan penimbunan
 - e) Tidak diterapkannya cara pemadatan berlapis, yaitu dipadatkan setiap 30 cm dengan alat mekanis untuk dapat mencapai kepadatan standard sesuai dengan spesifikasi yang berlaku
 - f) Tidak adanya sistem drainase yang memadai, baik drainase permukaan (saluran tepi, kaskade) maupun drainase bawah permukaan (saluran pencegat dan gorong-gorong).
- 6) Pada daerah perbukitan, seperti ruas jalan Waipia-Saleman, dimana tanahnya dominan berbutir, maka kemiringan timbunan dapat dibuat 1:1,5 (33°).

4.2 Saran-Saran

- 1) Mengingat material penyusun lereng jalan Sp. Waipia-Saleman didominasi oleh batuan metamorf (sekis dan filit) serta batuan sedimen (selang-seling batu pasir dengan batu serpih dan batu lanau) yang lapuk dan bersifat erosif, maka disain lereng galian harus dibuat bertanggung dengan memperhatikan kemampuan tinggi dan besarnya sudut lereng galian tanah.
- 2) Dalam pelaksanaan penggalian lereng harus memperhatikan beberapa ikhwal teknik sebagai berikut:
 - a) Semua bahan bekas galian harus dapat dimanfaatkan untuk pekerjaan timbunan. Oleh karena itu waktu pelaksanaan pekerjaan galian lereng sebaiknya bersamaan dengan pekerjaan penimbunan
 - b) Bahan bekas galian berlebihan dapat dimanfaatkan untuk membuat lereng timbunan lebih datar, bukan membuat lereng lebih curam yang dapat menimbulkan longsor
 - c) Tanah penutup lereng yang mengandung lempengan rumput yang masih dalam kondisi baik, sebaiknya dimanfaatkan sebagai penutup lereng timbunan untuk mencegah terjadinya erosi permukaan
 - d) Selama pelaksanaan galian, badan jalan dan saluran tepi harus dalam keadaan terpelihara, sehingga kelancaran pengaliran air (drainase) akan tetap terjamin setiap saat. Untuk mencegah timbulnya genangan air di sekitar badan jalan, maka saluran drainase yang ada (gorong-gorong dll.) harus bersih atau tidak tersumbat dari runtuhan atau endapan tanah, rumput, alang-alang, ranting pohon dll.

- 3) Untuk lereng yang ada mata airnya, maka pada lereng galian bertangga harus dibuat sistim drainase terjunan (kaskade) berupa konstruksi bronjong dan bak penampung untuk dialirkan keluar dari daerah longsor, seperti contoh kasus pada Km. 33+600 dan 47+300
- 4) Apabila alinyemen jalan yang ada akan dipertahankan maka timbunan badan jalan yang longsor harus diperbaiki. Teknik penimbunan badan jalan yang longsor sebaiknya melalui tahapan sebagai berikut:
 - a) Bersihkan atau kupas semua tanah timbunan lama yang mengandung humus, tanaman, bekas ranting pohon dan bahan organik lainnya di bawah badan jalan yang longsor sampai dijumpai tanah asli atau batuan dasar
 - b) Buatlah penanggaan lereng pada tanah asli hingga mencapai kaki lereng di bawah badan jalan. Bila dijumpai air rembesan atau air tanah tinggi, maka buatlah saluran pencegat pada bagian kaki tebing jalan, dimana konstruksi yang menghadap jalan dibuat kedap, agar air rembesan/mata air dapat dicegat dan dialirkan ke gorong-gorong terdekat. Bila tidak ada gorong-gorong di sekitarnya, maka buatlah gorong-gorong baru untuk mengalirkan air tersebut keluar dari daerah longsor
 - c) Lakukan pemadatan timbunan secara berlapis, yaitu setiap lapis 30 cm dengan posisi mendatar (horisontal) setiap lapisnya. Hal ini akan memudahkan alat mekanis dalam penghamparan tanah timbunan pada permukaan terasering (trap/tangga) untuk memperoleh tingkat kepadatan maksimal. Lapisan timbunan yang paling atas setebal 30 cm harus mencapai kepadatan 100%, sedangkan ke bawahnya rata-rata adalah 95%
 - d) Setelah pekerjaan penimbunan selesai, maka sebaiknya permukaan lereng timbunan ditanami rumput bahia atau brachiaria untuk mencegah erosi permukaan.
- 6) Beberapa cara pencegahan longsor lereng galian atau timbunan badan jalan yang dapat diterapkan pada ruas jalan Waipia-Saleman, antara lain:
 - a) Hindarilah penimbunan material bekas galian atau tanah/debris longsor pada bahu jalan, karena dapat menimbulkan longsor baru pada lereng di bawah badan jalan
 - b) Cegahlah luapan air yang berasal dari mata air dan hujan ke permukaan jalan, karena dapat merusak badan jalan, akibat terjadinya penggerusan vertikal terhadap lereng yang terletak di bawah badan jalan
 - c) Peliharalah sistem drainase yang ada, agar tetap berfungsi serta buatlah drainase (saluran tepi dan gorong-gorong) untuk mengalirkan air permukaan (hujan dan mata air) keluar daerah rawan longsor
 - d) Keringkan semua bentuk genangan air (kolam, kubangan dsb.) pada bagian atas dan kaki lereng
 - e) Ratakan lekukan-lekukan pada permukaan tanah di sekitar jalan untuk menghindari kemungkinan terjadinya genangan air, tutuplah retakan-retakan yang terjadi pada permukaan jalan serta timbunlah dan padatkan badan jalan yang ambles/turun
- f) Lakukan penghijauan pada lereng galian dan timbunan yang gersang dan gundul dengan tanaman yang berakar kuat dengan struktur anyaman dan cepat menyatu satu sama lain (rumput bahia, brachiaria atau sejenisnya)
- 7) Penanggulangan darurat perlu dilakukan untuk menghindari terjadinya kemacetan lalu-lintas, yaitu:
 - a) Bersihkan material longsor yang menutupi saluran tepi dan badan jalan ke luar daerah rawan longsor.
 - b) Lakukan pelebaran badan jalan yang longsor ke arah tebing jalan, antara lain pada Km. 31+800, 36+100, 36+300, 36+800, 38+900, 43+700, 48+350, 50+400, 54+500, 55+100 dan 62+000.
 - c) Cegahlah air permukaan (hujan dan mata air) masuk ke dalam daerah longsor dengan membuat saluran tepi dan saluran pencegat
 - d) Keringkan kolam dan genangan air pada daerah longsor, termasuk pula mengalirkan air rembesan dan mata air yang tertimbun material longsor
 - e) Buatlah pasangan bronjong pada bagian kaki lereng yang longsor dengan cara meletakkan dasar bronjong pada lapisan keras atau batuan dasar penyusun lereng, agar tidak guling atau bergerak dari posisinya semula.
- 8) Semua lokasi longsor atau berpotensi longsor harus diberi saluran tepi untuk mencegah meluapnya air ke permukaan jalan yang dapat mengakibatkan penggerusan pada bagian kaki lereng galian dan timbunan badan jalan.
- 9) Mengingat volume endapan material cukup besar, maka gorong-gorong beton dengan diameter dan kemiringan yang besar sangatlah cocok untuk mencegah terjadinya penyumbatan yaitu gorong-gorong beton bentuk persegi dengan diameter minimal 3 m dan kemiringan maksimum 30°.
- 10) Buatlah saluran pencegat yang diletakkan pada bagian kaki tebing jalan pada Km. 31+800, 32+150, 33+600, 36+100, 36+300, 36+800, 38+900, 43+700, 44+300, 47+600, 48+350, 50+400, 51+300, 54+200, 54+500, 54+700, 55+100, 55+200, 60+000, 62+000, 62+800, 64+600, 65+200, 68+000 dan 71+400
- 11) Tanah bertulang merupakan alternatif konstruksi penahan tanah timbunan badan jalan yang longsor pada Km. 31+800, 36+100, 36+300, 36+800, 38+900, 43+700, 48+350, 50+400, 54+500, 55+100 dan 62+000.
- 12) Relokasi merupakan alternatif cara penanggulangan permanen lainnya, apabila cara-cara penanggulangan seperti di atas tidak mungkin diterapkan. Relokasi dapat dilakukan ke arah mendatar atau penggeseran alinyemen jalan yang bersifat lokal (Km. 68+000) atau parsial (jalan perkebunan Waipia-Sawai).

V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) IRE-TRL (1993). TARP II (Technical Assistance and Research Training Project Second Phase): The Formation of an Indonesian Slope Inventory. Bandung, Indonesia TRL (1997).
- 2) Moestofa, B. (1994). Laporan Identifikasi Kerusakan Jalan Balikpapan-Samarinda, Propinsi Kalimantan Timur, 21 94 148 - PT 34 013.
- 3) Moestofa, B. (1987). Laporan Penyelidikan Geoteknik Penanggulangan Longsoran Jalan Manggopoh-Simpang Empat, Propinsi Sumatera Barat.
- 4) Moestofa, B. (1985). Laporan Peninjauan Longsoran Jalan Cikembang- Pelabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi, Propinsi Jawa Barat.
- 5) Moestofa, B. (1985). Pemasangan dan Pemantauan Instrumen pada Daerah Longsoran Tomo, Kabupaten Sumedang, Propinsi Jawa Barat. Proseding Konferensi Nasional Geoteknik Indonesia Ke-3, Jakarta.
- 6) Moestofa, B. (1998). Laporan Identifikasi Bencana Longsoran Jalan Waipia-Saleman, P. Seram, Propinsi Maluku.
- 7) Principles of Low Cost Road Engineering in Mountainous Regions. Overseas Road Note 16 (1997). Transport Research Laboratory, Crowthorne, United Kingdom.
- 8) PIARC (1992). Working Group G-2, Country Reports II: Survey on Road Disasters. Paris, France.
- 9) TRL (1997). Hydrological Design Manual for Slope Stability in The Tropics. Overseas Road Note 14. Transport Research Laboratory, Crowthorne, United Kingdom.
- 10) Tjokrosapoetro, S., A. Achdan, E. Rusmana & H. Abidin (1993). Peta Geologi Lembar Samarinda. Skala 1:250.000.

Penulis:

Ir. Benny Moestofa, Ajun Peneliti Madya Bidang Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan.