

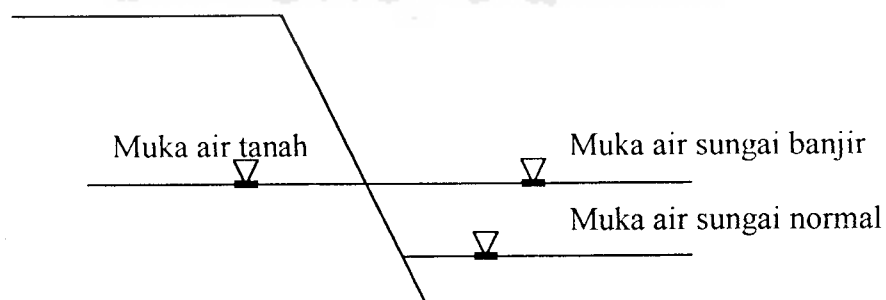
BAB VI

ANALISIS DATA

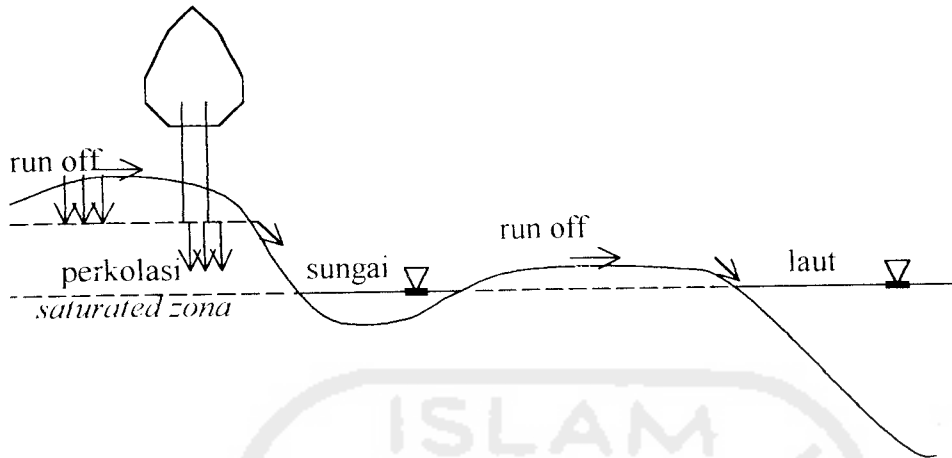
6.1 Analisis Kondisi Daerah Pengaliran Sungai Manna yang Kritis

Daerah pengaliran sungai adalah daerah disekitar sungai yang berfungsi sebagai kawasan peresapan air. Perbedaan elevasi muka air sungai normal dan muka air sungai banjir yang cukup tinggi (variasi muka air) yaitu sekitar 2 meter dan akibat *range* debit sungai yang besar, merupakan suatu indikator bahwa kondisi daerah pengaliran Sungai Manna telah kritis. Bervariasinya muka air sungai tersebut menyebabkan cepat turunnya air sungai setelah terjadi banjir, hal ini membahayakan keseimbangan lereng karena air yang terdapat pada pori belum terdrainase keluar.

Pada saat hujan air tidak dapat masuk ke dalam tanah karena kurangnya pohon atau tumbuhan penutup tanah yang menahan laju aliran permukaan (*run off*) sehingga air langsung mengalir ke sungai.

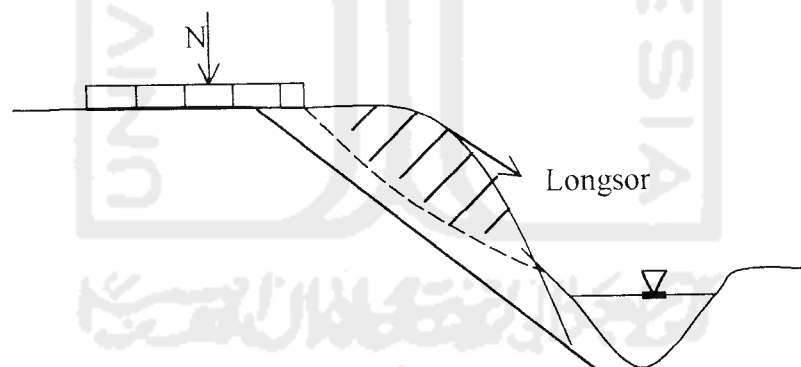


Gambar 6.1 Naiknya Muka Air Sungai



Gambar 6.2 Siklus Hidrologi

Hilangnya tanah pada satu sisi badan jalan dapat mengakibatkan penurunan yang besar disekitar batas sisinya karena terjadi tekanan tanah lateral (arah ke samping) di dalam badan jalan, ini berarti kerusakan pada perkerasan jalan.



Gambar 6.3 Longsor badan jalan

Bentuk kerusakan yang terjadi pada jalan Pagar Alam-Batas Bengkulu adalah :

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



Gambar 6.4 Muka jalan tertimbun oleh longsoran tebing

2. Jalan mengalami kelongsoran. Kelongsoran yang terjadi dapat seluruh badan jalan atau sebagian badan jalan. Tebing tidak mampu menahan berat tanah dan berat badan jalan. Hal ini akan terjadi akibat dari guncangan gempa atau meningkatnya kandungan air pada tanah lereng tebing.



Gambar 6.5 Sebagian badan jalan mengalami longsor

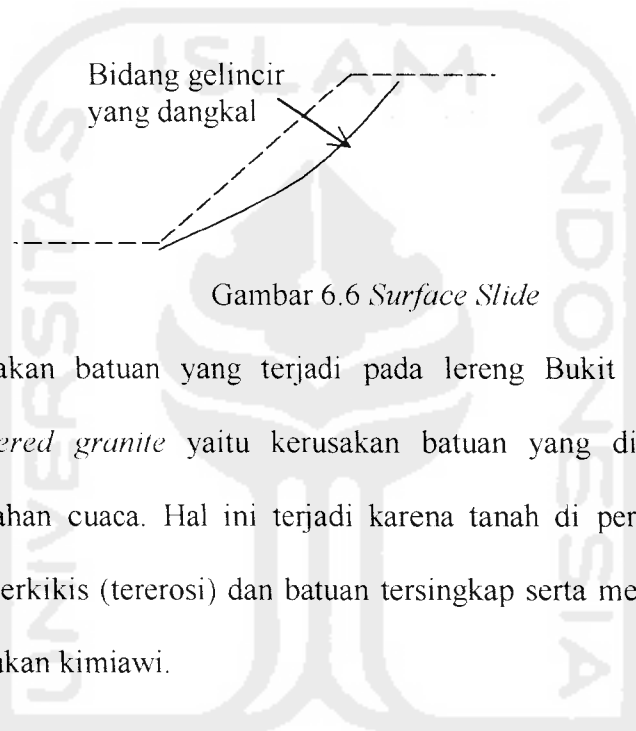
6.2 Analisis Jenis Kerusakan Lereng

6.2.1 Analisis Jenis Kerusakan Bukit Simpur

Jenis tanah pada lereng Bukit Simpur adalah pasir dan batuan pasir. Tanah pasir hanya terdapat di permukaan lereng yang mempunyai susunan butiran tanah yang tidak padat sehingga sangat peka terhadap longsor, getaran dan beban statis.

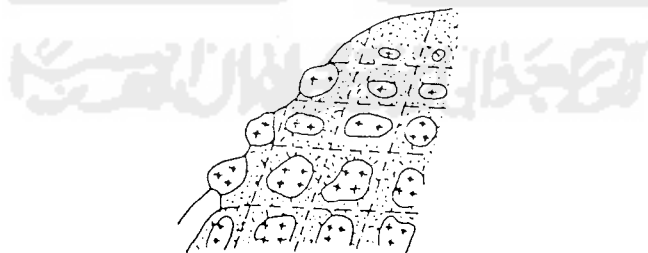
Adapun jenis kerusakan pada lereng Bukit Simpur adalah :

1. Erosi yang terjadi pada lereng Bukit Simpur adalah jenis *surface slide* yaitu kerusakan yang memiliki bidang gelincir atau bidang longsor (berupa lengkungan) yang dangkal. Erosi ini hanya terjadi pada tanah permukaan saja karena lapis dalamnya adalah berupa batuan granit pasir.



Gambar 6.6 *Surface Slide*

2. Kerusakan batuan yang terjadi pada lereng Bukit Simpur adalah *weathered granite* yaitu kerusakan batuan yang disebabkan oleh perubahan cuaca. Hal ini terjadi karena tanah di permukaan lereng telah terkikis (tererosi) dan batuan tersingkap serta mengalami proses pelapukan kimiawi.

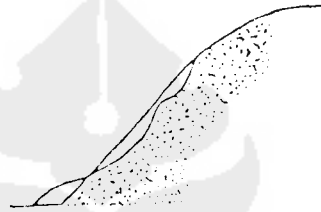


Gambar 6.7 *Weathered granite*

3. Kerusakan yang terjadi pada lereng Bukit Simpur termasuk *shallow surface failure* (kerusakan yang dangkal pada permukaan) yang diakibatkan oleh pemotongan tebing (*cut slope*). Adapun jenis kerusakannya ada dua yaitu :

a. *Surface Erosion due to dry wet weather, rainfall*

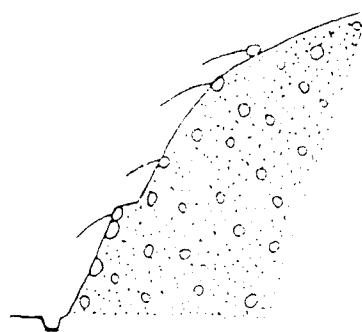
Adalah kerusakan erosi permukaan lereng yang terjadi karena perubahan cuaca panas dan dingin serta turunnya hujan. Tanah pasir lereng memiliki angka pori tinggi yang memudahkan air hujan masuk ke dalam pori-pori pasir dan menyebabkan hilangnya ikatan antar molekul pasir. Butiran-butiran pasir terbawa aliran air meluncurkan ke bawah dan terjadi longsor.



Gambar 6.8 *Surface Erosion due to dry wet weather, rainfall*

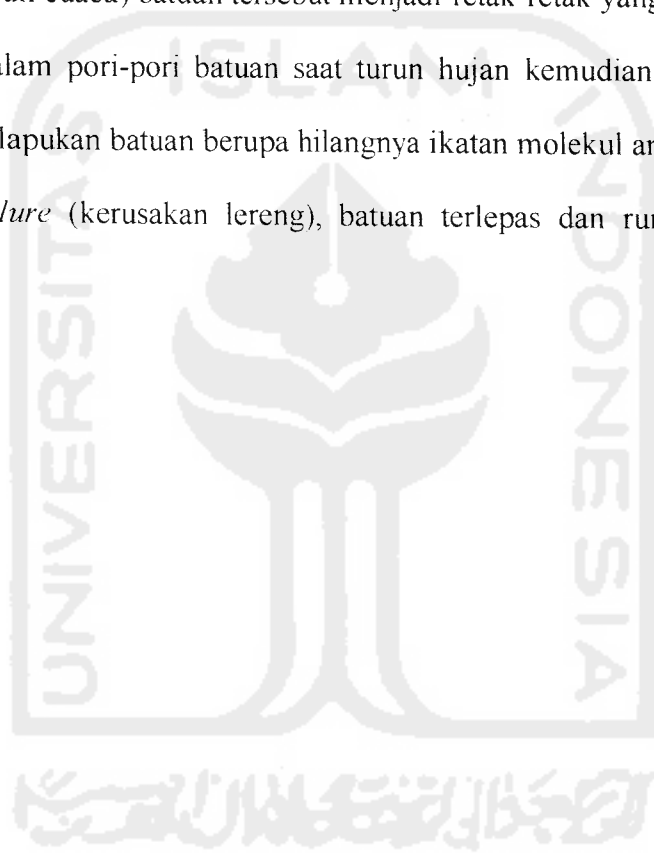
b. *Failure due to accelerated weathering caused by cutting*

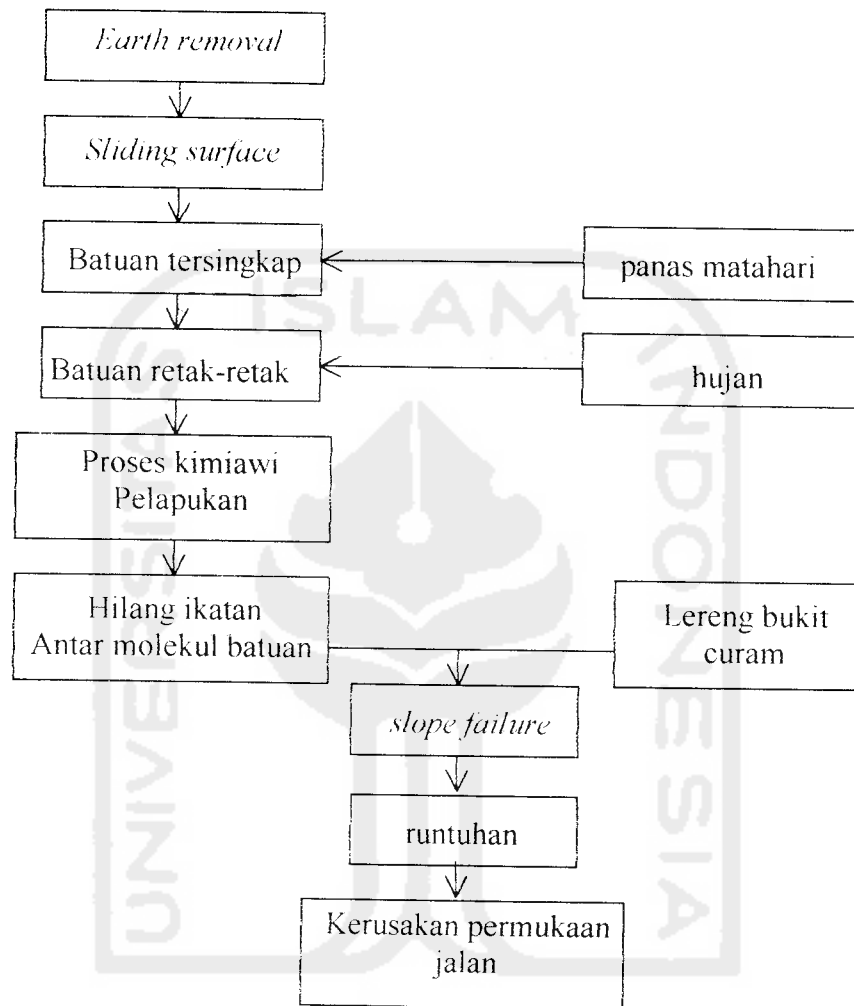
Adalah kerusakan karena adanya pemotongan tebing dari penanggulangan yang lalu dan dipercepat dengan turunnya hujan dan berhembusnya angin. Tanah tebing yang dipotong menjadi terusik dan ikatan antar molekul tanah terlepas bila terkena hujan.



Gambar 6.9 *Failure due to accelerated weathering caused by cutting*

Proses terjadinya kerusakan permukaan jalan diawali oleh erosi tanah yaitu *earth removal* (pengusikan tanah pada permukaan lereng) baik oleh kegiatan manusia yang disengaja (penebangan hutan secara liar) atau tidak sengaja (penggembalaan ternak di atas bukit) yang menyebabkan terjadinya *sliding surface* (erosi permukaan tanah). Batuan yang di dalamnya tersingkap, saat panas matahari (pengaruh cuaca) batuan tersebut menjadi retak-retak yang memudahkan air masuk ke dalam pori-pori batuan saat turun hujan kemudian terjadi proses kimiawi yaitu pelapukan batuan berupa hilangnya ikatan molekul antar batuan dan terjadi *slope failure* (kerusakan lereng), batuan terlepas dan runtuh menimpa permukaan jalan.





Gambar 6.10 Proses Kerusakan Permukaan Jalan

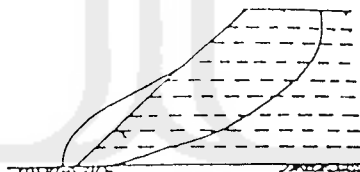
6.2.2 Analisis Jenis Kerusakan Tebing Sungai Manna

Jenis tanah pada tebing Sungai Manna adalah lempung yang mempunyai susunan butiran tanah padat dan berkekuatan sangat tinggi. Kandungan air pada lempung mempengaruhi tingkat plastisitas yaitu pada temperatur tinggi lempung mengalami dehidrasi (lapisan air hilang) yang menyebabkan berkurangnya sifat plastis.

Kerusakan yang terjadi pada lereng Sungai Manna merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh penimbunan lereng (*deep fill failure*). Adapun jenis kerusakannya termasuk kedalam jenis :

a. *Failure due to pore water pressure*

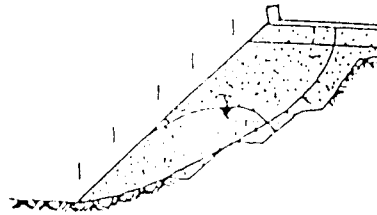
Adalah kerusakan tebing yang terjadi karena tekanan air pori besar dalam tanah dan mengalir keluar tebing bersamaan dengan partikel tanah.



Gambar 6.11 *Failure due to pore water pressure*

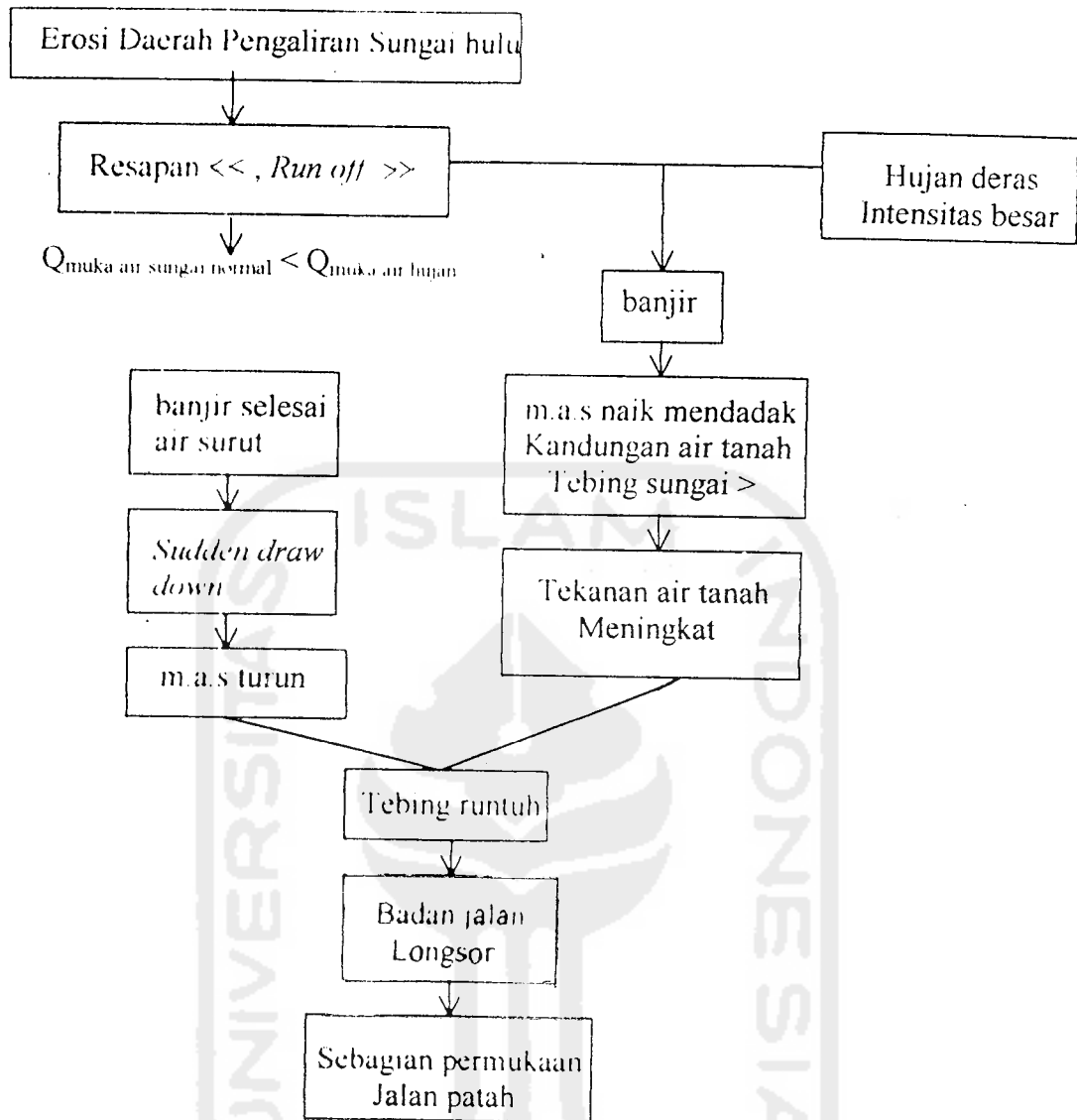
b. *Failure on step base layer*

Adalah kerusakan tebing yang terjadi karena lapisan bawah tebing mengalami gerusan oleh aliran Sungai Manna.



Gambar 6.12 *Failure on step base layer*

Proses terjadinya kerusakan badan jalan diawali dengan erosi daerah pengaliran sungai hulu yaitu resapan air tanah kecil dan *run off* besar ($Q_{\text{muka air sungai normal}} < Q_{\text{muka air hujan}}$). Pada saat hujan deras intensitas besar dan terjadi banjir kemudian muka air sungai naik dengan kandungan air tanah bertambah dan tekanan air tanah meningkat. Ketika banjir selesai air surut dengan cepat dan muka air sungai turun secara mendadak (*sudden draw-down*) yang menyebabkan tanah tebing runtuh, badan jalan longsor dan sebagian permukaan jalan patah.



Gambar 6.13 Proses Kerusakan Badan Jalan

6.3 Analisis Hitungan Stabilitas Lereng dengan metode irisan

Analisis hitungan stabilitas lereng untuk mengetahui letak bidang gelincir kelongsoran. Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \Sigma N \tan \phi}{\Sigma T}$$

Keterangan :

LAC = panjang busur AC (meter)

c = kohesi tanah (kg/cm²)

W = berat total irisan (gr/cm) = $\gamma \cdot b \cdot h$

γ = berat volume (gr/cm³)

b = lebar pias (meter)

h = tinggi permukaan lereng sampai bidang gelincir (meter)

N = gaya normal total pada dasar (gr/cm) = $W \cos \alpha$

T = gaya geser pada dasar (gr/cm) = $W \sin \alpha$

ϕ = sudut geser (°)

Tabel 6.1 Data tanah lereng Bukit Simpur

Lapisan	Kedalaman (m)	Berat volume basah γ_b (gr/cm ³)	Kohesi tanah c (kg/cm ²)	Sudut geser ($\phi = ^\circ$)
1	2.00 – 4.00	1.819	0.64	18.0
2	6.00 – 8.00	1.982	0.72	23.5

$$\bullet \gamma_b = \frac{1.819 + 1.982}{2} = 1.9005 \text{ gr/cm}^3$$

$$\bullet c = \frac{0.64 + 0.72}{2} = 0.68 \text{ kg/cm}^2$$

- $\phi = \frac{18.0 + 23.5}{2} = 20.785^{\circ}$
- $h = 20 \text{ m}$
- $\beta = \text{kemiringan lereng} = 60^{\circ}$

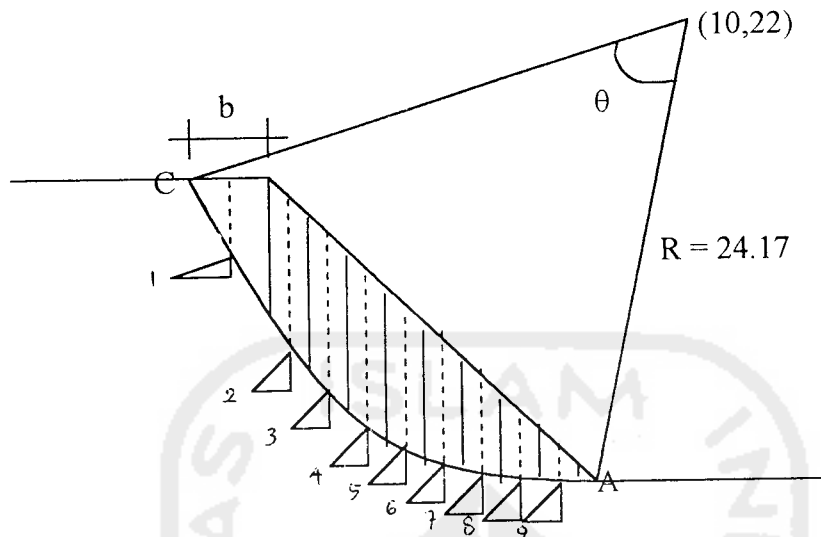
Tabel 6.2 Data tanah tebing Sungai Manna

Lapisan	Kedalaman (m)	Berat volume basah γ_b (gr/cm^3)	Kohesi tanah (kg/cm^2)	Sudut geser ($\phi = ^{\circ}$)
1	2.00 – 4.00	1.736	0.280	26
2	6.00 – 8.00	1.831	0.143	33

- $\gamma_b = \frac{1.736 + 1.831}{2} = 1.6335 \text{ gr}/\text{cm}^3$
- $c = \frac{0.280 + 0.143}{2} = 0.2115 \text{ kg}/\text{cm}^2$
- $\phi = \frac{26 + 33}{2} = 29.50^{\circ}$
- $h = 15 \text{ m}$
- $\beta = \text{kemiringan lereng} = 70^{\circ}$

6.3.1 Analisis Hitungan Stabilitas Lereng Bukit Simpur

Perhitungan kelongsoran dengan cara *trial error* didapat kelongsoran kritis seperti gambar 6.14.



Gambar 6.14 Kelongsoran Lereng Bukit Simpur

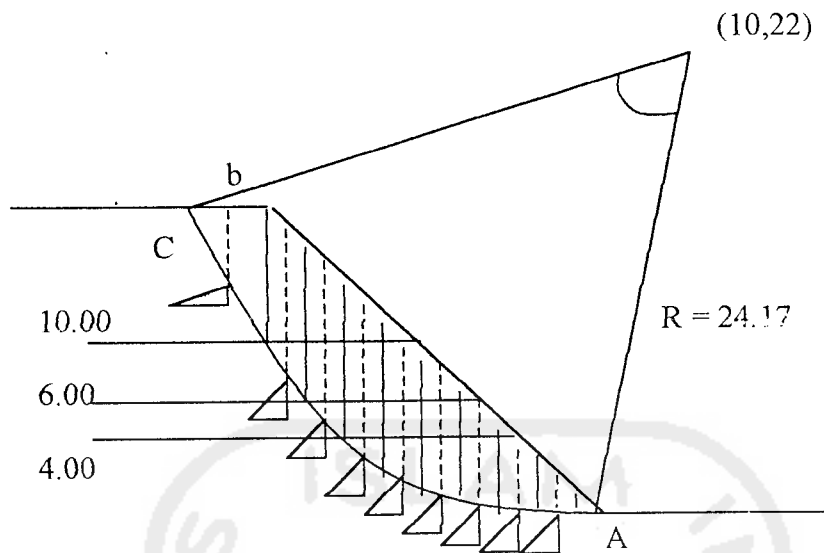
Panjang busur AC :

$$LAC = \frac{\theta}{360} \cdot 2\pi \cdot R = \frac{60}{360} \cdot 2\pi \cdot 24.17 = 25.317 \text{ m}$$

Tabel 6.1 Perhitungan kelongsoran lereng Bukit Simpur

Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	2.60	71.0	6.2	30.644	0.326	0.946	9.977	28.975
2	1.44	59.5	9.0	24.637	0.508	0.862	12.504	21.228
3	1.44	53.5	8.6	23.542	0.595	0.804	14.003	18.924
4	1.44	48.0	8.0	21.900	0.669	0.743	14.654	16.275
5	1.44	43.0	7.2	19.710	0.731	0.682	14.415	13.442
6	1.44	39.0	5.6	15.330	0.777	0.629	11.913	9.647
7	1.44	35.0	4.4	12.045	0.819	0.574	9.866	6.909
8	1.44	30.0	2.8	7.665	0.866	0.500	6.638	3.832
9	1.44	26.0	1.0	2.737	0.899	0.438	2.460	1.200
							96.431	120.432

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.447 < 1.5$$



$$X = 10 \quad Y = 22 \quad R = 24.17$$

$$B = 2.6 \quad \theta = 6 \quad LAC = 25.317$$

Gambar 6.15 Kelongsoran lereng Bukit Simpud dengan menaikkan muka air

Perhitungan kelongsoran dengan *trial error* muka air :

1. Muka air dinaikkan 4 m dari dasar tebing

Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	2.60	71.0	6.2	30.644	0.326	0.946	9.977	28.975
2	1.44	59.5	9.0	24.637	0.508	0.862	12.504	21.228
3	1.44	53.5	8.6	23.542	0.595	0.804	14.003	18.924
4	1.44	48.0	8.0	21.900	0.669	0.743	14.654	16.275
5	1.44	43.0	7.2	19.710	0.731	0.682	14.415	13.442
6	1.44	39.0	4.8	13.140	0.777	0.629	10.211	8.269
			0.8	2.503			1.945	1.575
7	1.44	35.0	2.4	6.570	0.819	0.574	5.382	3.768
			2.0	6.258			5.126	3.590
8	1.44	30.0	2.8	8.762	0.866	0.500	7.588	4.381
9	1.44	26.0	1.0	3.129	0.899	0.438	2.812	1.372
							98.618	121.798

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.449$$

2. Muka air dinaikkan 6 m dari dasar tebing

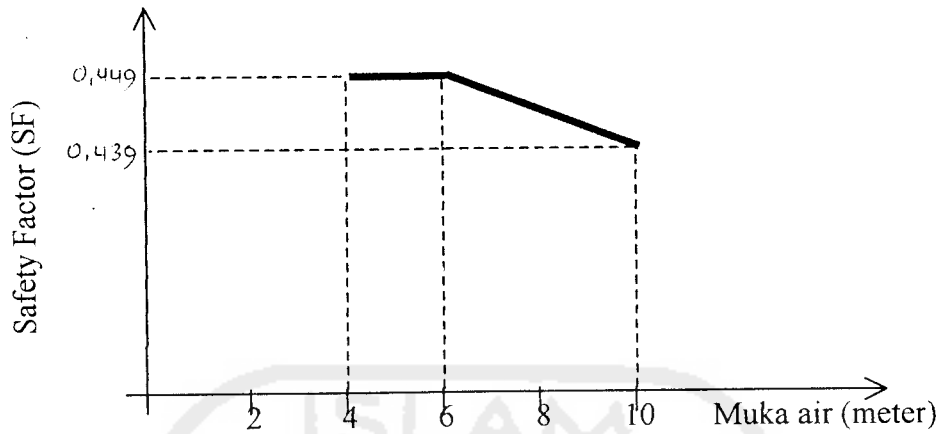
Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	2.60	71.0	6.2	30.644	0.326	0.946	9.977	28.975
2	1.44	59.5	9.0	24.637	0.508	0.862	12.504	21.228
3	1.44	53.5	8.6	23.542	0.595	0.804	14.003	18.924
4	1.44	48.0	7.4	20.257	0.669	0.743	13.555	15.054
			0.6	1.877			1.256	1.395
5	1.44	43.0	5.1	13.961	0.731	0.682	10.210	9.521
			2.1	6.571			4.806	4.482
6	1.44	39.0	2.6	7.117	0.777	0.629	5.531	4.479
			3.0	9.387			7.295	5.908
7	1.44	35.0	0.4	1.095	0.819	0.574	0.897	0.628
			4.0	12.516			10.253	7.179
8	1.44	30.0	2.8	8.762	0.866	0.500	7.588	4.381
9	1.44	26.0	1.0	3.129	0.899	0.438	2.812	1.372
							100.688	123.525

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.449$$

3. Muka air dinaikkan 10 m dari dasar tebing

Pias	B	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	2.60	71.0	6.2	30.644	0.326	0.946	9.977	28.975
2	1.44	59.5	8.6	23.542	0.508	0.862	11.948	20.284
			0.4	1.252			0.635	1.078
3	1.44	53.5	6.4	17.520	0.595	0.804	10.421	14.083
			2.2	6.884			4.095	5.534
4	1.44	48.0	4.0	10.950	0.669	0.743	7.327	8.137
			4.0	12.516			8.375	9.302
5	1.44	43.0	1.2	3.285	0.731	0.682	2.402	2.240
			6.0	18.775			13.731	12.804
6	1.44	39.0	2.6	8.136	0.777	0.629	6.323	5.120
7	1.44	35.0	0.3	0.939	0.819	0.574	0.769	0.538
8	1.44	30.0	2.8	8.762	0.866	0.500	7.588	4.381
9	1.44	26.0	1.0	3.129	0.899	0.438	2.812	1.372
							86.403	113.849

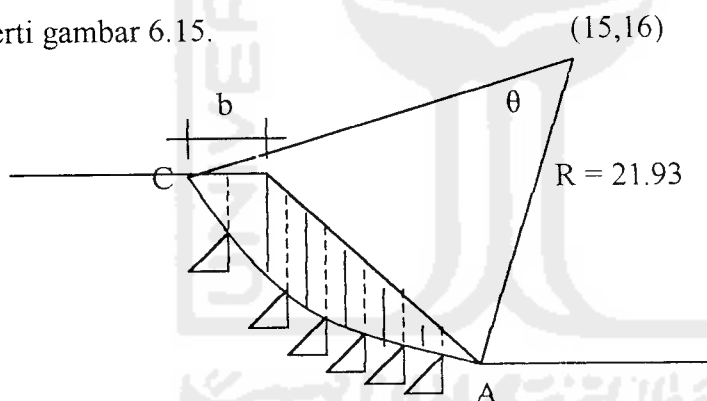
$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.439 \rightarrow \text{kritis}$$



Gambar 6.16 Grafik hubungan Safety Factor (SF) dengan muka air

6.3.2 Analisis Hitungan Stabilitas Tebing Sungai Manna

Perhitungan kelongsoran dengan cara coba-coba didapat kelongsoran kritis seperti gambar 6.15.



Gambar 6.17 Kelongsoran Tebing Sungai Manna

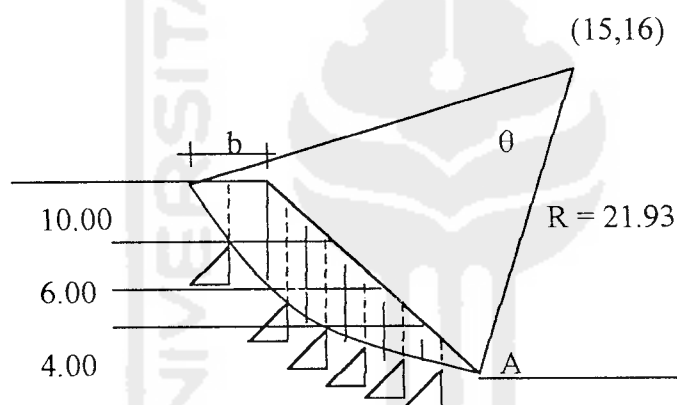
Panjang busur AC :

$$LAC = \frac{\theta}{360} \cdot 2\pi \cdot R = \frac{44.5}{360} \cdot 2\pi \cdot 21.93 = 17.041 \text{ m}$$

Tabel 6.2 Perhitungan kelongsoran tebing Sungai Manna

Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	1.5	75.0	4.7	11.516	0.259	0.966	2.981	11.124
2	1.1	65.5	6.7	12.039	0.415	0.910	4.992	10.955
3	1.1	59.5	5.5	9.883	0.508	0.862	5.016	8.515
4	1.1	54.0	4.4	7.906	0.588	0.809	4.647	6.396
5	1.1	50.0	2.7	4.851	0.643	0.766	3.118	3.716
6	1.1	45.5	0.9	1.617	0.701	0.713	1.133	1.153
							21.888	41.860

$$SF = \frac{(\text{LAC} \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.382 < 1.5$$



$$X = 10 \quad Y = 22 \quad R = 24.17$$

$$B = 2.6 \quad \theta = 6 \quad \text{LAC} = 25.317$$

Gambar 6.18 Kelongsoran tebing Sungai Manna dengan menaikkan muka air

Perhitungan kelongsoran dengan *trial error* muka air :

1. Muka air dinaikkan 4 m dari dasar tebing

Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	1.5	75.0	4.7	11.516	0.259	0.966	2.981	11.124
2	1.1	65.5	6.7	12.039	0.415	0.910	4.992	10.955
3	1.1	59.5	5.5	9.883	0.508	0.862	5.016	8.515
4.a	1.1	54.0	3.5	6.289	0.588	0.809	3.697	5.088
b			0.9	1.618			0.951	1.309
5.a	1.1	50.0	0.6	1.078	0.643	0.766	0.693	0.826
b			2.1	3.775			2.427	2.892
6.a	1.1	45.5	0.8	1.438	0.701	0.713	1.008	1.026
b			0.1	0.070			0.049	0.050
							21.813	41.784

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.382$$

2. Muka air dinaikkan 6 m dari dasar tebing

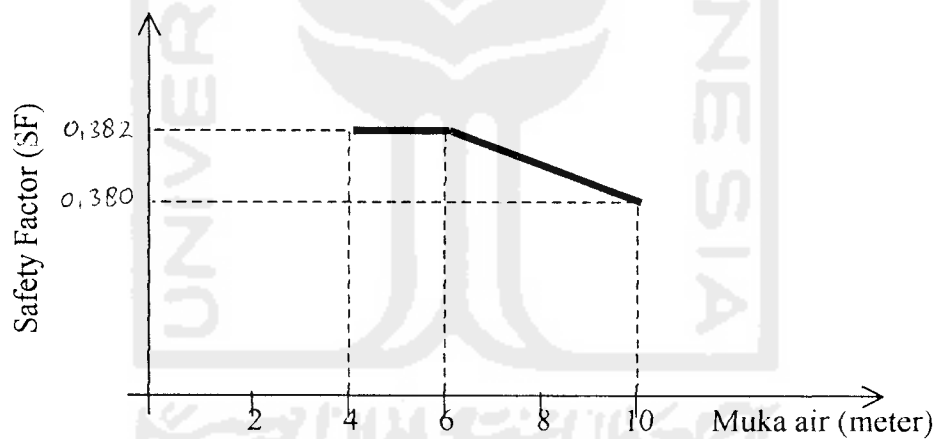
Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	1.5	75.0	4.7	11.516	0.259	0.966	2.981	11.124
2	1.1	65.5	6.7	12.039	0.415	0.910	4.992	10.955
3.a	1.1	59.5	4.4	7.906	0.508	0.862	4.013	6.812
b			1.1	1.978			1.004	1.704
4.a	1.1	54.0	1.5	2.695	0.588	0.809	1.584	2.181
b			2.9	5.213			3.064	4.218
5	1.1	50.0	2.7	4.854	0.643	0.766	3.120	3.718
6	1.1	45.5	0.8	1.438	0.701	0.713	1.008	1.026
			0.1	0.070			0.049	0.050
							21.766	41.737

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.382$$

3. Muka air dinaikkan 10 m dari dasar tebing

Pias	b	α	H	W	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	N	T
1	1.5	75.0	4.7	11.516	0.259	0.966	2.981	11.124
2.a	1.1	65.5	3.5	6.289	0.415	0.910	2.608	5.723
b			3.2	5.753			2.386	5.235
3.a	1.1	59.5	0.4	0.719	0.508	0.862	0.365	0.619
b			5.1	9.168			4.653	7.900
4	1.1	54.0	4.4	7.910	0.588	0.809	4.649	6.399
5	1.1	50.0	2.7	4.854	0.643	0.766	3.120	3.718
6.a	1.1	45.5	0.8	1.438	0.701	0.713	1.008	1.026
b			0.1	0.070			0.049	0.050
							21.819	41.793

$$SF = \frac{(LAC \times c) + \sum N \tan \phi}{\sum T} = 0.380 \rightarrow \text{kritis}$$



Gambar 6.19 Grafik hubungan Safety Factor (SF) dengan muka air