

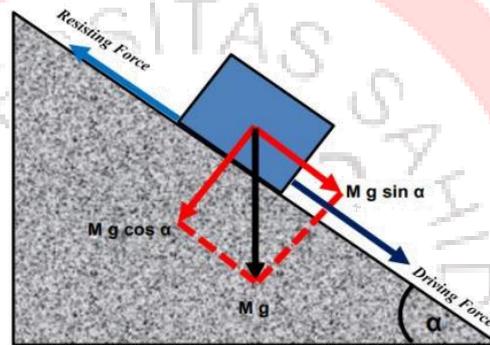
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

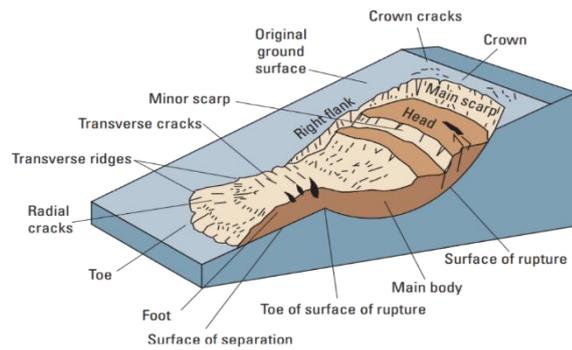
2.1.1 Tanah Longsor

Tanah longsor/ gerakan tanah adalah pergerakan material berupa massa tanah atau batuan keluar dari lereng akibat hujan, gempa atau akibat aktifitas manusia. Secara fisis longsor dapat dianalogikan seperti benda yang berada pada bidang miring. Komponen-komponen gaya yang bekerja pada bidang miring disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komponen gaya yang bekerja pada lereng (De Blasio, 2011)

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong (*driving force*) pada lereng lebih besar dari gaya penahan (*resisting force*). Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban serta berat jenis tanah/batuan. Sehingga proses terjadinya tanah longsor adalah saat air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.



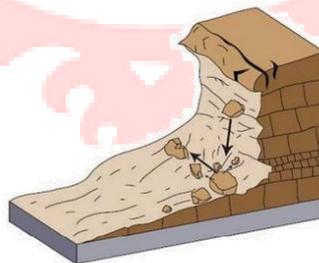
Gambar 2.2 Ilustrasi tanah Longsor (Varner, 1978)

2.1.2 Jenis-Jenis Tanah Longsor

Tanah longsor dapat diklasifikasikan ke dalam tipe yang berbeda berdasarkan tipe pergerakan dan tipe material yang terlibat. Jenis gerakan menggambarkan mekanisme tentang bagaimana massa tanah longsor dipindahkan: jatuh, roboh, meluncur, menyebar, atau mengalir. Jenis gerakan massa yang umum terjadi di alam dilihat dari tipe dan jenis materialnya antara lain yaitu:

1. Runtuhan (*falls*)

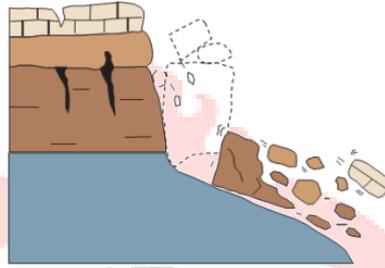
Runtuhan adalah gerakan secara tiba-tiba dimulai dari perlepasan tanah atau bongkahan batu yang jatuh dari lereng yang curam atau tebing. Pemisahan terjadi di sepanjang kekar dan pelapisan batuan. Gerakan ini dicirikan dengan terjun bebas, mental dan menggelinding. Sangat dipengaruhi oleh gravitasi, pelapukan mekanik, dan keberadaan air pada batuan.



Gambar 3.3 Rockfall (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.)

2. Robohan (*topples*)

Topples dicirikan dengan gerakan robohnya unit batuan dengan cara berputar kedepan pada satu titik sumbu (bagian dari unit batuan yang lebih rendah) yang disebabkan oleh gravitasi dan kandungan air pada rekahan batuan.



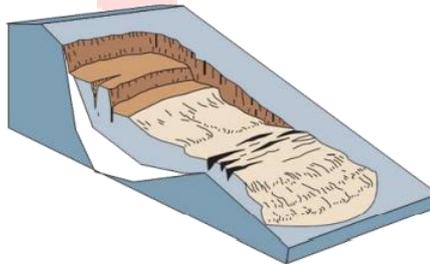
Gambar 2.4 Topples (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.) (Highland and Bobrowsky, 2008)

3. Gelincir (*slides*)

Slides adalah gerakan material pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya kegagalan geser, di sepanjang satu atau lebih bidang longsor. Massa tanah yang bergerak bisa menyatu atau terpecah-pecah.

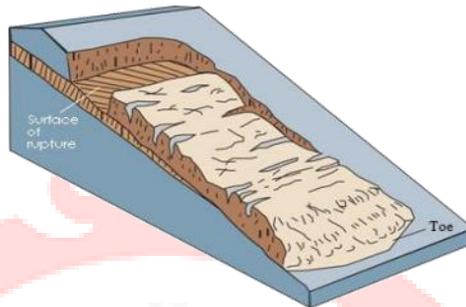
Berdasarkan geometri bidang gelincirnya, longsor dibedakan dalam dua jenis yaitu:

- a. *Rotational Slide* adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung ke atas, dan pergerakan longsornya secara umum berputar pada sumbu yang sejajar dengan permukaan tanah.



Gambar 2.5 Rotational Slides(The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.) (Highland and Bobrowsky, 2008)

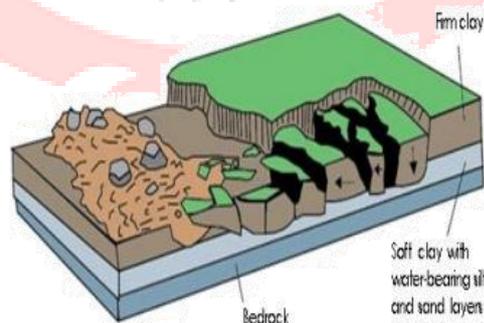
- b. *Translational Slide* adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata dengan sedikit rotasi atau miring ke belakang.



Gambar 2.6 Translational Slides (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.) (Highland and Bobrowsky, 2008)

- c. Menyebar Lateral (*lateral spreads*)

Penyebaran dapat terjadi karena pencairan atau aliran dari bahan dasar yang lebih lunak. Umumnya terjadi pada lereng yang landau atau medan datar. Gerakan utamanya adalah ekstensi lateral yang disertai dengan kekar geser atau kekar tarik. Penyebabnya adalah likuifaksi, atau suatu proses dimana tanah menjadi jenuh terhadap air, loose, kohesi sedimen (biasanya pasir dan lanau) perubahan dari padat ke keadaan cair.

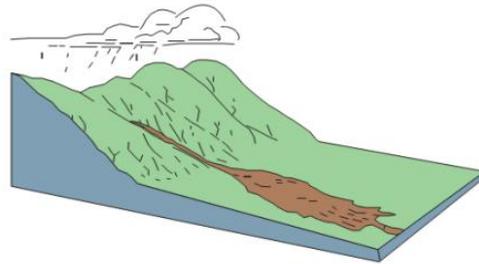


Gambar 2.7 Lateral Spreads (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.) (Highland and Bobrowsky, 2008)

d. Aliran (Flows)

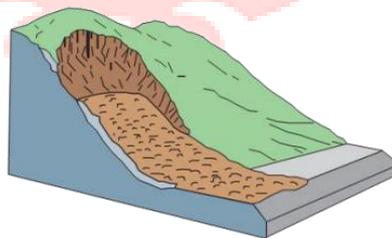
Aliran adalah perpindahan material berupa tanah atau lumpur yang biasanya disertai dengan kadar air yang tinggi sehingga mengalir dan bergerak ke bawah menuruni lereng. Adapun jenis-jenis aliran yaitu:

- 1) *Debris Flow* adalah bentuk gerakan massa yang cepat di mana campuran tanah yang gembur, batu, bahan organik, udara, dan air bergerak seperti bubur yang mengalir pada suatu lereng. Debris flow biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air yang intens, karena hujan lebat atau pencairan salju yang cepat, yang mengikis dan memobilisasi tanah gembur atau batuan pada lereng yang curam.



Gambar 2.8 Debris Flow (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.)(Highland and Bobrowsky, 2008)

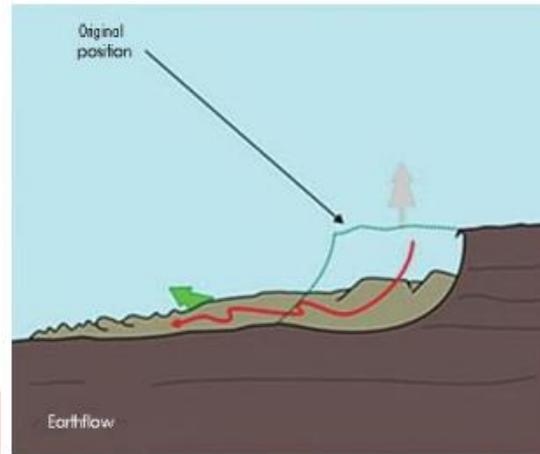
- 2) *Debris Avalanche* adalah longsoran aliran massa tanah dan batuan pada lereng yang terjal. Jenis ini adalah merupakan jenis aliran debris yang pergerakannya terjadi sangat cepat.



Gambar 2.9 Debris Avalanche(The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.) (Highland and Bobrowsky, 2008)

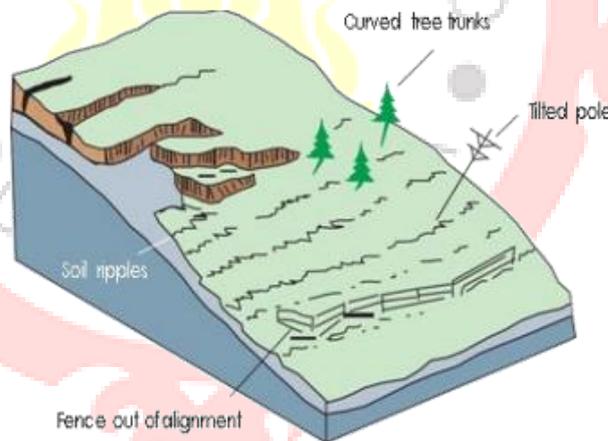
- 3) *Earth Flow* bergerak secara memanjang dari material halus atau batuan yang mengandung mineral lempung di lereng moderat dan

dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian atasnya.



Gambar 2.10 Earth Flow (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.)(Highland and Bobrowsky, 2008)

- 4) *Creep* adalah perpindahan tanah atau batuan pada suatu lereng secara lambat dan stabil.



Gambar 2.11 Creep (The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides n.d.)(Highland and Bobrowsky, 2008)

2.1.3 Faktor Penyebab Longsoran

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan yang dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya

sudut lereng, air beban serta kestabilan tanah. Proses pemicu longsor dapat berupa :

1. Peningkatan kandungan air dalam lereng, sehingga terjadi akumulasi air yang merenggangkan ikatan antar butir tanah dan akhirnya mendorong butir-butir tanah untuk longsor.
2. Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, penggalian, dan getaran lalu lintas kendaraan. Gempa bumi pada tanah pasir dengan kandungan air sering mengakibatkan *liquefaction* atau tanah kehilangan kekuatan geser dan daya dukung, yang diiringi dengan penggenangan tanah oleh air dari bawah tanah.
3. Peningkatan beban yang melampaui daya dukung tanah atau kuat geser tanah.

2.1.4 Korelasi Jenis Tanah

Dalam tema fenomena longsor ini penulis melakukan investigasi kondisi tanah dan historical proyek saat pembuatan pabrik yang bertujuan untuk memperoleh data-data tanah yang diperlukan untuk perencanaan sebuah konstruksi untuk menahan tekanan tanah/longsor. Tujuan lain dari penyelidikan tanah adalah untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah, menentukan tipe dan kedalaman konstruksi, mengetahui kedalaman muka air tanah, memprediksi besarnya penurunan yang terjadi, dan lain sebagainya. Tergantung pada konstruksi yang akan dibangun pada tanah tersebut. Terdapat beberapa korelasi jenis tanah dan batuan yang bersumber dari beberapa narasumber, sebagai berikut :

Tabel 2.1 Korelasi Macam Tanah dan Koefisien Rembesan (k)

Pasir Yang Mengandung Lempung	Koefisien Rembesan (k) (cm/detik)		
Pasir yang mengandung lempung atau lanau	10^{-2}	s/d	5×10^{-3}
Pasir halus	5×10^{-2}	s/d	10^{-3}
Pasir Kelanauan	2×10^{-3}	s/d	10^{-4}
Lanau	5×10^{-5}	s/d	10^{-5}
Lempung	10^{-6}	s/d	10^{-9}

Sumber : (Kasus et al. n.d.) Wesley, L.D., 1997 dalam Armansyah Rachim, 2012

Tabel 2.2 Korelasi Macam Tanah (Bahan) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Bahan	ϕ		
Kerikil Kepasiran	35°	s/d	40°
Isian Batu (Rock Fill)	35°	s/d	40°
Pasir Padat	35°	s/d	40°
Pasir Lepas		60°	
Lempung Kelanauan	25°	s/d	30°
Lempung Plastis Rendah		25°	
Lempung Plastis Tinggi		20°	
Nilai c' Sebaiknya Dianggap Nol			
Bahan		6°	
Beton		20°	
Tembok		20°	
Tiang Besi		15°	

Sumber : (Kasus et al. n.d.) Wesley, L.D., 1997 dalam Armansyah Rachim, 2012

2.1.5 Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat di bentuk secara alami dan juga dapat di bentuk oleh manusia. Dalam bidang teknik ada beberapa jenis lereng :

1. Lereng alam

Lereng alam yang telah stabil, beberapa tahun kemudian mungkin tiba-tiba longsor akibat perubahan topografi, aliran air tanah, gempa, kehilangan kuat geser, perubahan tegangan dan pelapukan. *Peck (1967)* menyatakan bahwa prediksi stabilitas lereng alam dapat dilakukan dengan baik, hanya jika area yang di teliti adalah zona longsor lama yang telah di pelajari sebelumnya, yang mungkin telah berubah kondisinya oleh kegiatan manusia, seperti penggalian di kaki lereng.

Dengan mengetahui keberadaan bidang longsor lama pada lereng alam, maka lereng akan lebih mudah dipahami dan diprediksi pergerakannya. Bidang longsor ini merupakan hasil dari peristiwa longsor terdahulu. Kuat geser di sepanjang bidang longsor sering sangat rendah, karena gerakan yang dulu pernah terjadi, telah menyebabkan tahanan geser puncak terlampaui, dan kemudian perlahan-lahan berkurang menuju ke nilai residunya. Bahkan hal yang mudah untuk memahami area longsor. Akan tetapi. Bila letak lapisan yang tergeser telah diketahui, evaluasi stabilitas lereng umumnya akan dapat dilakukan dengan baik.

2. Lereng Buatan

Lereng buatan manusia umumnya terdiri dari struktur timbunan atau urungan dan galian, yang banyak digunakan dalam bangunan-bangunan gedung, jalan raya, tanggul sungai, lereng bendungan dan lainnya.

a. Timbunan

Lereng timbunan berupa tanah-tanah dipadatkan, misalnya timbunan badan jalan raya, timbunan jalan rel, tanah urug, bendungan urungan dan tanggul. Sifat-sifat teknis material yang digunakan dalam bangunan-bangunan ini control oleh sifat-sifat material dari lokasi bahan pengambilan atau *borrow area* misalnya: distribusi butiran, kepadatan, kuat geser dan sebagainya). Umumnya, lereng dirancang dengan menggunakan parameter-parameter kuat geser yang diperoleh dari uji contoh tanah yang akan dipadatkan pada rencana kepadatan tertentu. Analisis lereng timbunan dan galian umumnya tidak menemui banyak kesulitan, seperti pada analisis stabilitasi lereng alam dan galian, karena material pengambilan bahan timbunan (*borrow area*) dipilih dan diproses. Karena tanah urug umumnya ditimbun lapis-berlapis, maka analisis-analisis umumnya dilakukan untuk seluruh tahap sesudahnya seperti, semua fase pelaksanaan pembangunan, akhir pembangunan, kondisi jangka panjang, gangguan alam (seperti banjir dan gempa bumi), dan penurunan air cepat (*rapid drawdown*).

Timbunan yang terdiri dari material *shale* (serpih) mengakibatkan masalah stabilitas lereng dan penurunan. Menurut Million dan Strohm (1981), penyebab kelongsoran lereng timbunan dari bahan serpih dan penurunannya, yaitu memburuknya atau pelunakan serpih sesudah pembangunan, pemadatan yang jelek dari urugan serpih, dan penjuhan dari urungan serpih.

b. Galian

Galian dangkal dan dalam, sering dilakukan dalam proyek-proyek teknik sipil. Maksud dari perancangan lereng adalah untuk menentukan tinggi dan kemiringan lereng yang ekonomis dan stabil selama masa layanan. Perancangan di pengaruhi oleh tujuan dilakukan penggalian, kondisi geologi, tekanan rembesan, metode pembangunan dan kondisi alam seperti banjir, erosi, pembekuan, gempa, getaran mesin

dan lain-lain. Galian dengan lereng terjal sering dilakukan, sebab ruang pembebasan tanah atau pemilikan terbatas. Perancangan harus mempertimbangkan ukuran-ukuran yang dapat mencegah keruntuhan yang sifatnya segera dan mendadak, ataupun perlindungan untuk kestabilan lereng untuk jangka panjang, kecuali kalau lereng hanya untuk bangunan sementara. Pada akhir pelaksanaan mungkin menjadi paling kritis dalam hitungan perancangan lereng galian, walaupun stabil dalam jangka pendek namun, dapat mengalami longsor pada tahun-tahun sesudahnya dengan tanpa adanya tanda-tanda yang mendahuluinya.

c. Urungan tanah

Urungan tanah adalah kasus khusus, dimana lereng mungkin terbentuk oleh galian dan urungan. Urungan tanah dapat mengandung bahan organik, limbah pohon-pohonnya, sampah dan lain-lain yang diratakan dengan *bulldozer* dan kemudian dipadatkan. Urungan tanah ini, hanya dipadatkan di bagian atasnya saja, sehingga menghasilkan material yang tidak padat dan banyak mengandung rongga.

Evaluasi stabilitas lereng tanah urug adalah sama seperti analisis stabilitas yang lain. Pemilihan parameter-parameter yang cocok untuk kuat geser material buangan sampah dan pondasinya, serta tahapan geser di sepanjang "*interface*" antara material pemisah yang kedap air (*liner*) dan pada sistem penutupnya, adalah paling kritis dalam kebanyakan studi analisis. Masalah terbesar adalah pada penentuan parameter kuat geser, tegangan-regangan dari material *system liner dan interface*, dan dari urungan sampah. Kekurangan data terutama adalah akibat dari sulitnya pengambilan contoh yang mewakili kondisi dilapangan dan pengujian sampah. Sampah mengalami pelapukan dengan bertambahnya waktu sehingga sifatnya selalu berubah dengan waktunya.

Pada semua jenis lereng ini kemungkinan terjadi longsor selalu ada, karena dalam kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen yang

tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat memiliki kecenderungan untuk menggerakkan gerakan massa tanah dari *elevasi* lebih tinggi ke *elevasi* yang lebih rendah. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kebawah. Di samping gaya pendorong ke bawah terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan atau melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya-gaya pendorong berupa gaya berat, gaya tiris atau muatan dan gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran, gaya-gaya penahan berupa gesekan atau geseran, lekatan (dari *kohesi*), kekuatan geser tanah. Jika gaya-gaya pendorong lebih besar dari gaya-gaya penahan, maka tanah akan mulai runtuh dan akhirnya terjadi keruntuhan tanah sepanjang bidang yang menerus dan massa tanah diatas bidang yang menerus ini akan longsor. Peristiwa ini disebut keruntuhan lereng dan bidang yang menerus disebut bidang gelincir.

2.1.6 Faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng

Keruntuhan pada lereng alami atau buatan disebabkan karena adanya perubahan antara lain yaitu *topografi*, *seismik*, aliran air tanah, perubahan tegangan dan musim/iklim/cuaca. Akibat adanya gaya-gaya luar yang bekerja pada material pembentuk lereng mempunyai kecenderungan untuk menggelincir, kecenderungan menggelincir ditahan oleh kekuatan geser material sendiri, meskipun suatu lereng telah stabil dalam jangka waktu yang lama, lereng tersebut dapat menjadi tidak stabil karena beberapa faktor seperti berikut ini:

1. Jenis dan keadaan lapisan tanah atau batuan pembentuk lereng.
2. Bentuk *geometris* pembentuk lereng misalnya tinggi dan kemiringan lereng.
3. Penambahan kadar air pada tanah misalnya terdapat rembasan air atau infiltrasi air hujan.
4. Berat, distribusi beban dan Getaran atau gempa.

5. *Soil properties (c, ϕ , γ)*

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dapat menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah dan suatu gerakan akan terjadi kecuali tahanan geser pada setiap permukaan runtuh yang mungkin terjadi lebih besar dari tegangan geser yang bekerja.

2.1.7 Cara-cara Menstabilkan Lereng

Penanggulangan longsor yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi diatas dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya.

Langkah yang umum dalam menangani longsor antara lain : pemetaan *geologi topografi* daerah yang longsor, pemboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah/batuan dan bidang gelincirnya, pemasangan *piezometer* untuk mengetahui muka air atau tekanan air porinya, dan pemasangan *slope indicator* untuk mencari bidang geser yang terjadi. Selain itu dilakukan pula pengambilan tanah tidak terganggu, terutama pada bidang geser untuk dipelajari besar kekuatan tahanan gesernya. Ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran. Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor.

Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara :

- a. Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan
- b. Memperkecil ketinggian lereng
- c. Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (*multi slope*)

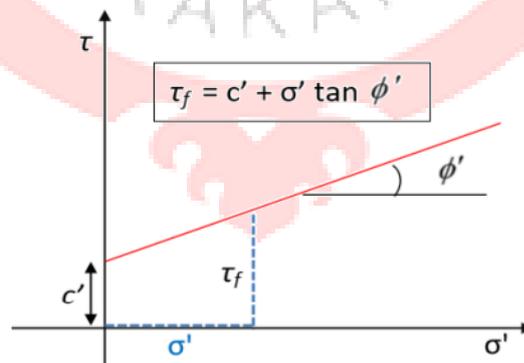
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor.

Gaya lawan atau momen penahan longsor dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu :

- a. Menggunakan *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat dikaki lereng untuk tanah timbunan tersebut.
- b. Dengan mengurangi air pori di dalam lereng.
- c. Dengan cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah.

2.1.8 Faktor Keamanan (*Factor of Safety*)

Dalam hal ini analisa longsor yang dimaksud adalah analisa terkait faktor keamanan ($FS = \text{Factor of Safety}$). FS adalah perbandingan antara gaya yang mendorong (*driving force*) terhadap gaya yang menahan (*resisting force*). Dimana *resisting force* dan *driving force* ini terkait dengan kuat geser tanah dan tekanan geser tanah. Mohr (1980) menjelaskan bahwa keruntuhan sebagai akibat dari kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum saja.



Gambar 2.12 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Persamaan FS (*Factor of Safety*) dinyatakan sebagai berikut:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dimana ;

FS : Faktor keamanan

τ_f : Kekuatan geser rata-rata pada tanah

τ_d : kekuatan geser rata-rata yang muncul akibat retak

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Dimana ;

c' : Kohesi

σ' : *Effective normal stress*

ϕ' : *Friction angle in effective stress*

$$\tau_d = c'_d + \sigma' \tan \phi'_d$$

Dimana ;

c'_d : Kohesi

ϕ'_d : Sudut gesek yang muncul di sepanjang permukaan
longsor/retak

Ketika nilai $FS \leq 1$, maka lereng dalam keadaan hampir longsor atau akan rawan longsor atau akan segera longsor jika ada faktor eksternal yang mempengaruhi. Suatu lereng dapat dinyatakan aman jika $FS \geq 1.5$. Guna menghitung besarnya faktor keamanan maka kita perlu memperoleh data parameter geser tanah.

Berdasarkan kaidah teknik penambangan yang baik pada Kepmen 1827 K nilai FK kestabilan lereng mengacu pada:

Tabel 2.3 Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/ CoF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF (FK≤1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Berdasarkan studi literatur diperoleh bahwa lereng stabil dengan nilai faktor keamanan $> 1,25$ (Ward R 1987, SNI 13-7124-2005, 2005). Analisis kestabilan lereng mengacu pada:

Tabel 2.4 Faktor keamanan lereng

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,2$	Tinggi : Gerakan Tanah Sering Terjadi
$1,2 < \text{Safety Factor} \leq 1,7$	Menengah : Gerakan Tanah Dapat Terjadi
$1,7 < \text{Safety Factor} \leq 2,0$	Rendah : Gerakan Tanah Jarang Terjadi
$> 2,0$	Sangat Rendah : Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

Sumber : Ward R 1987, SNI 13-7124-2005, 2005

2.1.9 Menghitung Faktor Keamanan Lereng

1. Metode penentuan factor keamanan dengan *Software Slide 6.0*

Untuk membantu menentukan faktor keamanan lereng pada penelitian ini digunakan program Slide 6.0. Perhitungan analisis kestabilan lereng dengan program ini memerlukan data-data yang diketahui lebih dahulu yaitu parameter geser tanah (kohesi, sudut geser dalam dan berat isi tanah) dan geometri lereng (tinggi dan sudut kemiringan lereng).

Adapun langkah-langkah atau cara menggunakan program Slide 6.0 sebagai berikut:

- a. Buka program Slide 6.0
- b. Klik analisis, pilih *project settings*, pilih metode yang digunakan.
- c. Klik *boundaries*, pilih *add external boundary*, masukan koordinat (x, y) untuk membuat lereng.
- d. Klik *properties*, pilih *define materials*, masukan nama materials, masukan jenis material yaitu berupa kohesi, sudut geser dalam dan berat isi tanah.
- e. Klik *surfaces*, pilih *auto grind*
- f. Klik *analysis*, pilih *compute*, klik yes, lalu save.
- g. Untuk melihat hasilnya klik *analysis*, pilih *interpret*.

2.2 Geometri Jalan Hauling

Fungsi utama jalan angkut adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Perancangan geometri jalan harus di rancang sedemikian rupa agar dapat menunjang alat berat yang melintas dengan baik.

Geometri jalan angkut yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Lebar Jalan Angkut

Jalan angkut yang lebar diharapkan akan membuat lalulintas pengangkutan lancar dan aman. Namun, karena keterbatasan dilapangan maka lebar jalan angkut harus diperhitungkan dengan cermat. Dimana lebar jalan angkut lurus dan jalan angkut tikungan.

2. Lebar pada jalan lurus

Lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan lajur ganda atau lebih, menurut AASHTO *Manual Rural High Way Design*, harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan (AASHTO, 2001). Rumus penentuan lebar jalan angkut lurus adalah sebagai berikut :

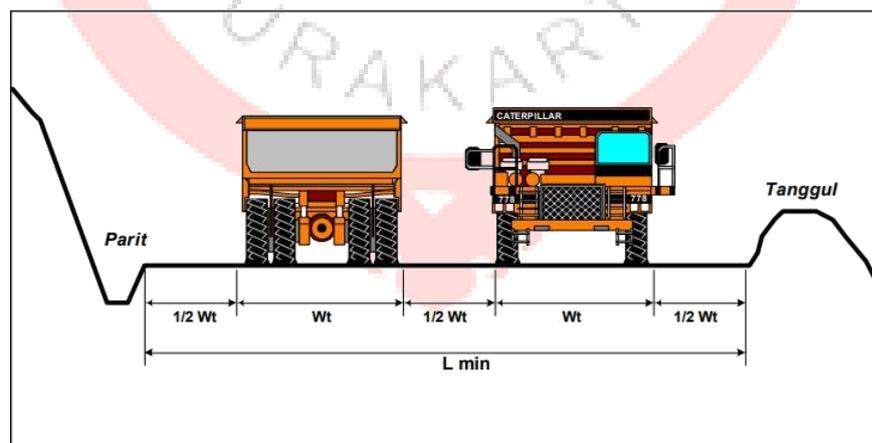
$$L_{min} = n \cdot W_t + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot W_t \right) \quad (2.1)$$

Dimana :

L_{min} = Lebar jalan angkut minimum, m

n = Jumlah lajur

W_t = Lebar alat angkut, m



Gambar 2.13 Lebar Jalan Lurus (Suwandhi n.d.)

(Suwandhi, 2004)

3. Lebar pada jalan tikungan

Lebar jalan angkut pada belokan atau tikungan selalu lebih besar dari pada jalan lurus. Untuk lajur ganda, maka lebar jalan minimum pada belokan didasarkan atas (Suwandhi, 2004):

- a. Lebar jejak ban;
- b. Lebar jantai atau overhang alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok;
- c. Jarak antar alat angkut atau kendaraan pada saat bersimpangan;
- d. Jarak dari kedua tepi jalan.

Lebar jalan pada tikungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{\min} = 2 (U + F_a + F_b + Z) + C \quad (2.2)$$

Nilai lebar bagian tepi jalan (Z) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.3)

$$Z = \frac{U + F_a + F_b}{2} \quad (2.3)$$

Dimana :

W_{\min} = Lebar jalan angkut minimum pada belokan, m

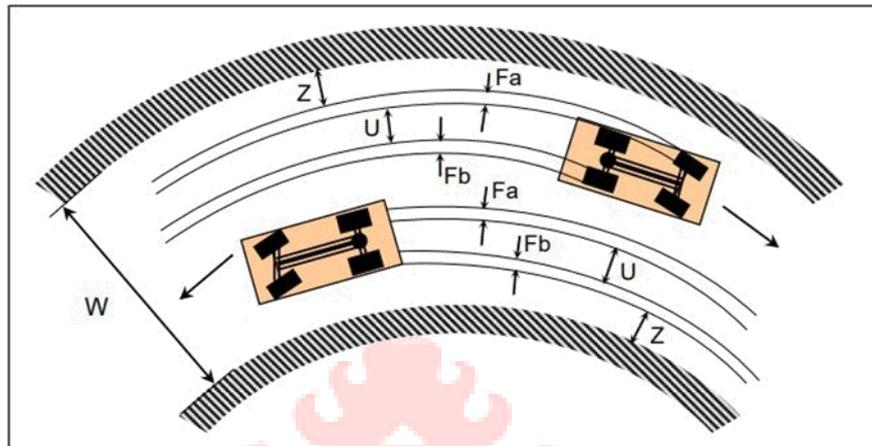
U = Lebar jejak roda (*center to center tires*), m

F_a = Lebar jantai (*overhang*) depan, m

F_b = Lebar jantai belakang, m

Z = Lebar bagian tepi jalan, m

C = Jarak antar kendaraan (*total lateral clearance*), m



Gambar 2.14 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Pada Tikungan (Suwandhi n.d.)

(Suwandhi, 2004)

4. Jari – jari Tikungan

Jari-jari tikungan berhubungan dengan konstruksi jalan yang akan digunakan oleh alat angkut yang memiliki jari-jari lintasan, dimana jari - jari lingkaran yang dimiliki oleh roda belakang dan roda depan berpotongan di pusat dengan sudut sama terhadap sudut penyimpangan roda depan. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya jari-jari lintasan :

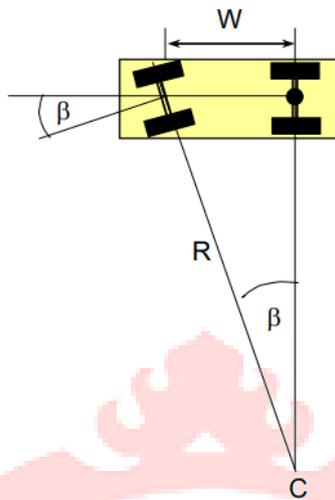
$$R = \frac{W}{\sin \beta} \quad (2.4)$$

Dimana :

R : Jari-jari tikungan (m)

W : Jarak antara poros depan dan belakang (m)

β : Sudut penyimpangan (derajat)



Gambar 2.15 Sudut Maksimum Penyimpangan Kendaraan
(Suwandhi, 2004)

5. Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan yang melintang pada tikungan jalan. Superelevasi berhubungan erat dengan jari-jari belokan, kecepatan kendaraan dan perubahan kecepatan (0.40 m/det^3). Untuk menghitung, Superelevasi dapat dilihat pada Persamaan (2. 5) (Maulana et al., 2019) :

$$e + f = \frac{v^2}{127 \cdot R} \quad (2. 5)$$

Dimana :

e = Superelevasi, mm/m

f = friction factor

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

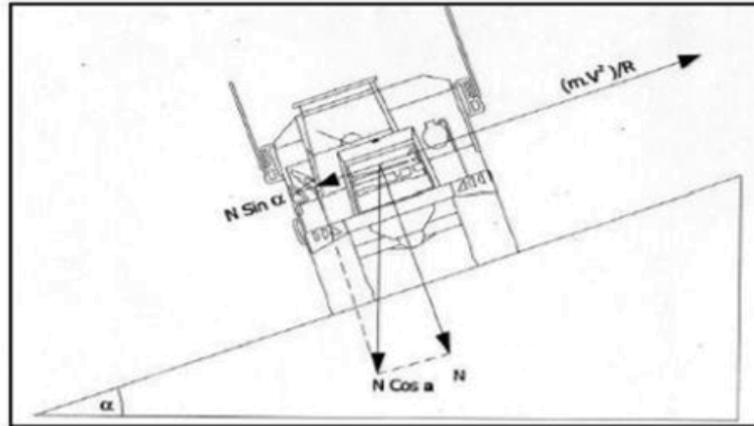
R = Jari – jari tikungan, (m)

Untuk kecepatan rencana $< 80 \text{ km/jam}$, maka :

$$f = 1 - 0,00065 v + 0,192$$

Untuk kecepatan rencana $> 80 \text{ km/jam}$, maka :

$$f = 1 - 0,00125 v + 0,24$$



Gambar 2.16 superelevasi (Suwandhi n.d.)

6. Kemiringan Jalan Angkut (Grade %)

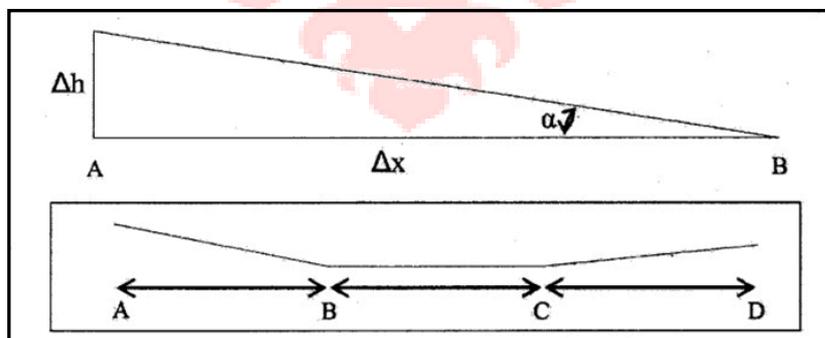
Kemiringan jalan atau grade berhubungan langsung dengan kemampuan hauler dalam mengatasi tanjakan maupun dalam pengereman. Biasanya dinyatakan dalam persen (%) (Suwandhi, 2004). Rumus yang digunakan untuk menghitung grade dapat dilihat pada Persamaan (2. 6).

$$\text{Grade } (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (2. 6)$$

Dimana :

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur.

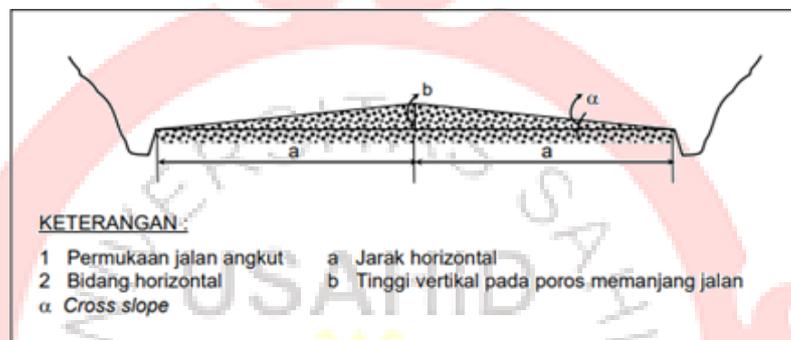
Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur.



Gambar 2.17 Kemiringan Jalan Angkut (Sulistiyana Waterman Bargawa, 2018)

7. Kemiringan Melintang (Cross Slope)

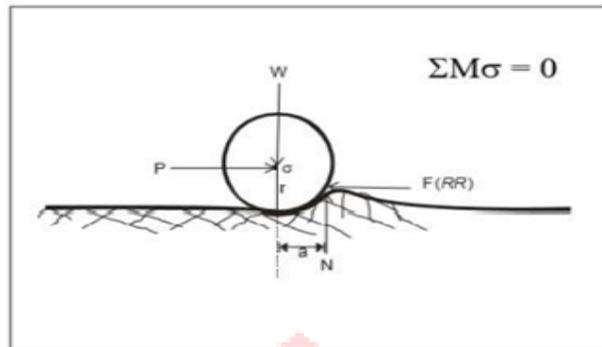
Cross Slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pembuatan *Cross Slope* ditujukan agar saat hujan air akan mengalir ke sisi kanan dan kiri jalan, sehingga air akan segera masuk kedalam parit dan mengurangi genangan pada badan jalan. Karena genangan yang berada pada badan jalan akan membuat kualitas jalan menurun (Suwandhi, 2004).



Gambar 2.18 *Cross slope* (Suwandhi n.d.)

8. *Rolling resistance*

Rolling resistance merupakan tahanan gelinding atau tahanan gulir yang terdapat pada roda yang sedang bergerak akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan tanah yang arahnya selalu berlawanan dengan arah gerak kendaraan. *Tire penetration* adalah amblasnya ban pada permukaan jalan lintas, dan ini bisa menambah besar angka "*rolling resistance*". Setiap amblas 1 inch diperkirakan akan memperbesar RR sebesar 30 lbs/ton. Kurangnya tekanan ban dapat diatasi dengan cara memelihara permukaan jalan lintas yang terbuat dari tanah.



Gambar 2.19 *Rolling Resistance*

Sumber : (Indonesianto, 2008)

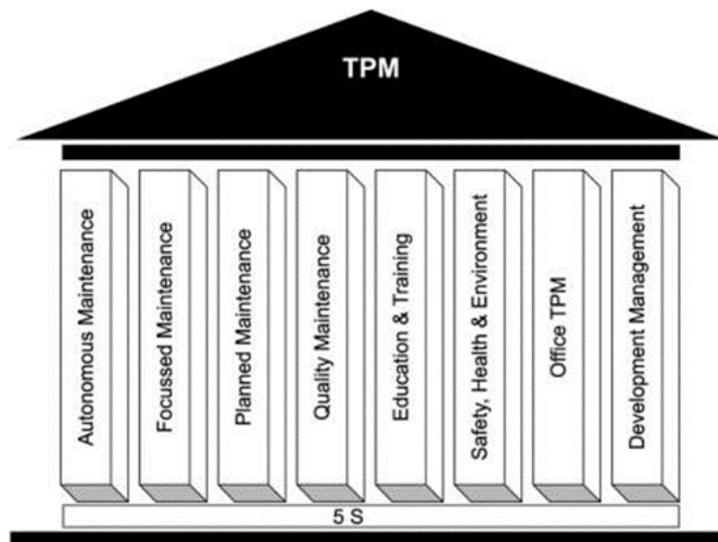
Tabel 2.5 *Rolling Resistance*

No	Kondisi Permukaan Jalan	Nilai Koefisien (%)
1	Jalan terpelihara, ban tidak terbenam	2
2	Jalan terpelihara, ban terbenam	3.5
3	Ban terbenam, sedikit basah	5
4	Keadaan jalan jelek	8
5	Jalan berpasir gembur, jalan Berkrikil	10
6	keadaan jalan sangat jelek	15 - 20

Sumber : (Tenriajeng, 2003)

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan sistem pemeliharaan yang melibatkan semua elemen, mulai dari manajemen puncak hingga karyawan di lini depan, termasuk operator produksi, pengembang, dan administrasi. Dalam implementasi TPM, operator tidak hanya bertanggung jawab menjalankan mesin, tetapi juga merawat mesin tersebut (Mishra et al., 2021).



Note: Approach suggested by the Japan Institute of Plant Maintenance

Gambar 2.2013 Pilar Total Productive Maintenance

Fokus utama *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah untuk memastikan semua perlengkapan dan peralatan produksi bisa beroperasi dalam kondisi terbaik dan optimal, sehingga mengurangi risiko terjadinya kerusakan ataupun keterlambatan dalam proses produksi. Tujuan dari *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah untuk mencapai *zero accident*, *zero breakdown*, *zero crisis*, dan *zero defect*.

2.3.1 Pilar dan Pondasi Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) memiliki 5 pondasi dan 8 pilar. 5 pondasi TPM adalah *Seiri* yang berarti pemilahan, *Seiton* yang berarti penataan, *Seiso* yang berarti pembersihan, *Seiketsu* yang berarti pemantapan, dan *Shitsuke* yang berarti pembiasaan. Pilar dari *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah sebagai berikut :

1. *Planned Maintenance*

Pilar yang berperan menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau Tingkat kerusakan yang diprediksikan.

2. *Focused Improvement*

Pilar yang berperan membentuk kelompok kerja secara proaktif mengidentifikasi mesin/peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan-usulan perbaikan.

3. *Early Equipment Management*

Pilar yang berperan untuk menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan perawatan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai kinerja yang optimal.

4. *Quality Maintenance*

Pilar yang berperan tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan atau mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung.

5. *Education & Training*

Pilar yang berperan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan *Total Productive Maintenance (TPM)*. Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut dan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya merugikan perusahaan.

6. *Safety, Health & Environment*

Pilar yang berperan dalam membangun perilaku aman pekerja, kondisi lingkungan kerja yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi bahaya.

7. *Office TPM*

Pilar yang berperan menyebarkan konsep TPM ke dalam fungsi administrasi agar semua pihak dalam organisasi TPM memiliki konsep dan persepsi yang sama terhadap implementasi pilar TPM.

8. *Autonomous Maintenance*

Pilar yang berperan memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi dan inspeksi mesin.

2.3.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur efektivitas dari mesin ataupun peralatan. OEE didefinisikan sebagai ukuran kinerja peralatan total, yaitu sejauh mana peralatan melakukan apa yang seharusnya dilakukan (Olivella dan Gregorio, 2015).

Rumus perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* :

$$OEE = Availability \times Performance Efficiency \times Rate of Quality$$

Berdasarkan penghargaan yang pernah diberikan oleh Japan Institute of Plant Maintenance, kondisi ideal OEE yaitu sebagai berikut (Nakajima, 1988) :

Tabel 2.6 Standart OEE

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	>90%
<i>Performance Rate</i>	>95%
<i>Quality Product</i>	>100%
OEE	>85%

Overall Equipment Effectiveness (OEE) terdiri dari tiga faktor yaitu *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate*.

1. *Availability Rate*

Availability Rate merupakan ketersediaan mesin/peralatan merupakan perbandingan antara waktu operasi (*operation time*) terhadap waktu

persiapan (*loading time*) dari suatu mesin/peralatan. Berikut merupakan rumus *availability rate*.

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

2. Performance Rate

Performance merupakan tolak ukur dari efisiensi suatu kinerja mesin menjalankan proses produksi. Berikut merupakan rumus *performance rate*.

$$\text{Performance Rate} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

3. Quality Rate

Quality rate merupakan perbandingan jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses. Berikut merupakan rumus *quality rate*.

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

2.4 Implementasi siklus PDCA (*Plan, Do, Check dan Action*)

Secara umum implementasi *PDCA (Plan-Do-Check-Action)* dilakukan dengan langkah-langkah perbaikan atau peningkatan kinerja dengan mengikuti siklus (*Plan-Do-Check-Action*) yaitu:

2.4.1 Perencanaan (*Plan*)

Menurut *Charkabrorty* tujuan dari fase ini adalah untuk menyelidiki situasi saat ini, memahami sepenuhnya sifat dari setiap masalah yang harus

dipecahkan, dan untuk mengembangkan solusi potensial untuk masalah yang akan diuji. Tahapan pertama adalah membuat perencanaan spesifikasi dari solusi yang akan di terapkan, menetapkan spesifikasi atau standar kualitas yang baik, memberi pengertian kepada bawahan akan pentingnya kualitas produk, pengendalian kualitas dilakukan secara terus-menerus dan berkesinambungan. Perencanaan mempunyai beberapa tahapan dalam pelaksanaannya, berikut adalah beberapa tahapan perencanaan :

1. Identifikasi dan prioritaskan peluang peningkat kualitas

Biasanya sebuah perusahaan akan menemukan bahwa ada beberapa masalah, atau peluang peningkatan kualitas, yang muncul ketika program atau proses diselidiki. Matriks prioritas dapat membantu dalam menentukan mana yang akan dipilih. Setelah peluang peningkatan kualitas telah diputuskan, buatlah pernyataan masalah. Tinjau kembali dan jika sesuai, revisi pernyataan masalah sebagai satu langkah melalui proses perencanaan.

2. Kembangkan pernyataan

Tujuan peningkatan yang terukur adalah komponen kunci dari keseluruhan proses peningkatan kualitas. Sangat penting untuk mengukur peningkatan yang ingin perusahaan capai. Selain itu, seluruh pernyataan tujuan juga perlu ditinjau kembali dan disempurnakan saat perusahaan bergerak melalui fase perencanaan.

3. Kumpulkan data pada proses yang dilakukan

Data dasar yang menggambarkan keadaan saat ini sangat penting untuk lebih memahami proses dan membangun landasan untuk mengukur perbaikan.

4. Identifikasi semua kemungkinan penyebab

Sementara banyak penyebab akan muncul ketika memeriksa peluang peningkatan kualitas, sangat penting untuk menyelidiki dan dengan hati-hati mengidentifikasi akar penyebab masalah, atau akar masalah, untuk memastikan bahwa perbaikan atau intervensi dengan peluang keberhasilan terbesar dipilih.

5. Identifikasi potensi perbaikan

Untuk mengatasi akar permasalahan, dan sepakati mana yang akan diuji. Setelah perbaikan telah ditentukan, pertimbangkan dengan hati-hati setiap konsekuensi yang tidak diinginkan yang mungkin muncul sebagai akibat dari penerapan perbaikan. Langkah ini memberikan kesempatan untuk mengubah perbaikan dan mengembangkan tindakan balasan yang diperlukan untuk mengatasi potensi konsekuensi yang tidak diinginkan. Meninjau kembali pernyataan tujuan dan merevisi tujuan perbaikan yang terukur adalah langkah penting pada saat ini.

6. Mengembangkan teori perbaikan

Teori perbaikan adalah pernyataan yang mengartikulasikan efek yang perusahaan harapkan dari perbaikan pada masalah. Menulis teori perbaikan mengkristalkan apa yang perusahaan harapkan untuk dicapai sebagai hasil dari intervensi perusahaan.

7. Kembangkan rencana tindakan

Menunjukkan apa yang perlu dilakukan, siapa yang bertanggung jawab, dan kapan harus diselesaikan. Rincian rencana ini harus mencakup semua aspek metode untuk menguji perbaikan data apa yang akan dikumpulkan, seberapa sering data dikumpulkan, siapa yang mengumpulkan data, bagaimana didokumentasikan, garis waktu, dan bagaimana hasil akan dianalisis.

Untuk membantu dalam penentuan penyebab dan mempertajam perencanaan solusi, alat bantu memperjelas bisa menggunakan beberapa diagram antara lain :

a. Diagram Pareto

Menurut Muhamad Saiful Arif diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian . Diagram pareto dikembangkan oleh Josepp M. Juran, diberi nama sesuai dengan nama Vilfredo Pareto ahli ekonomi Italia. Menggunakan diagram pareto kita dapat mengevaluasi hal-hal yang menyebabkan terjadinya permasalahan secara langsung dan spesifik berdasarkan dampak atau frekuensi terjadinya permasalahan. Tujuan dari diagram pareto ialah untuk menunjukan masalah utama yang dominan, menyatakan perbandingan masing-masing masalah terhadap permasalahan secara keseluruhan dan menunjukan perbandingan masalah sebelum dan sesudah perbaikan. Beberapa petunjuk yang dapat membantu dalam pembuatan analisis diagram pareto adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan hal yang akan kita kumpulkan.
- 2) Mengidentifikasi dengan pasti masing-masing jenis yang digunakan pada sumbu klasifikasi.
- 3) Mendesain formulir pengumpulan data.
- 4) Membuat masing-masing paretonya jika memiliki lebih dari satu jenis yang sama.
- 5) Klasifikasi pada sumbu harus benar-benar jelas jika tidak akan berakibat pada kesalah pahaman karena klasifikasi yang tidak sesuai.

b. Fishbone Diagram

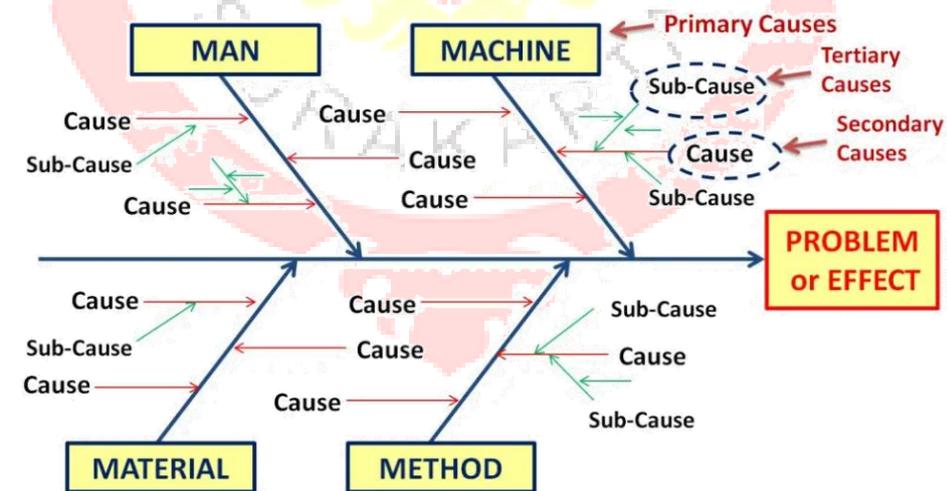
Diagram fishbone atau yang biasa disebut dengan diagram sebab akibat (*caese-effect diagram*) merupakan teknik grafis dan merupakan alat yang

baik untuk menemukan dan menganalisis secara signifikan faktor-faktor yang mempengaruhi dalam mengidentifikasi karakteristik kualitas suatu Kerja (Slameto, 2016). Menurut Gaspersz (1998) pada dasarnya diagram sebab-akibat dapat digunakan untuk kebutuhan berikut :

- 1) Membantu mengidentifikasi akar Penyebab suatu masalah
- 2) Membantu membangkitkan ide-ide untuk Solusi suatu masalah
- 3) Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut.

Beberapa faktor yang menjadi penyebab mempengaruhi karakteristik kualitas suatu Kerja dapat disebut 5M (*Man, Machine, Method, Material, Measurement*), Langkah-langkah dalam membuat diagram fishbone adalah sebagai berikut :

- 1) Menyepakati pernyataan masalah
- 2) Mengidentifikasi penyebab masalah
- 3) Identifikasi kategori penyebab
- 4) Menemukan sebab potensial
- 5) Mengkaji Kembali
- 6) Mencapai kesepakatan



Gambar 2.21 Diagram Fishbone

2.4.2 Pelaksanaan (Do)

Menurut Charkabrorty tujuan dari fase ini adalah untuk mengimplementasikan rencana aksi. Rencana yang telah disusun diimplementasikan secara bertahap, mulai dari skala kecil dan pembagian tugas secara merata sesuai dengan kapasitas dan kemampuan dari setiap personil. Selama dalam melaksanakan rencana harus dilakukan pengendalian, yaitu mengupayakan agar seluruh rencana dilaksanakan dengan sebaik mungkin agar sasaran dapat tercapai, Alat yang sering digunakan pada tahap ini adalah 5W + 1H. Konsep yang digunakan untuk menjabarkan detail aktivitas yang akan dilakukan beserta target yang akan dicapai dari perencanaan perbaikan. Perencanaan perbaikan dilakukan berdasarkan dari analisis sebab akibat yang ada, untuk melakukan perbaikan kualitas produk pada tahap ini menggunakan 5W + 1H dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2.7 5W + 2H

5W + 1H	Keterangan
What (apa)	Apa yang terjadi?
Why (mengapa)	Mengapa itu dapat terjadi?
Where (dimana)	Dimana terjadinya tersebut?
When (kapan)	Kapan kejadiannya terjadi?
Who (siapa)	Siapa yang menyebabkan?

2.4.3 Pemeriksaan (Check)

Fase ini melibatkan analisis efek intervensi. Bandingkan data baru dengan data dasar untuk menentukan apakah perbaikan telah dicapai, dan apakah langkahlangkah dalam pernyataan tujuan terpenuhi. Pilihannya meliputi:

1. Renungkan analisis, dan pertimbangkan juga informasi tambahan yang muncul. Bandingkan hasil tes Anda dengan tujuan terukur.

2. Dokumentasikan pelajaran yang didapat, pengetahuan yang diperoleh, dan hasil mengejutkan yang muncul.

2.4.4 Perbaikan (Action)

Fase ini menandai puncak dari perencanaan, pengujian, dan analisis mengenai apakah perbaikan yang diinginkan tercapai seperti yang diartikulasikan dalam pernyataan tujuan, dan tujuannya adalah untuk bertindak berdasarkan apa yang telah dipelajari. Pilihannya meliputi:

1. Menstandarkan

Perbaikan jika tujuan yang terukur dalam pernyataan tujuan telah terpenuhi. Ini melibatkan pembentukan mekanisme bagi mereka yang melakukan proses baru untuk mengukur dan memantau tolok ukur secara teratur untuk memastikan bahwa perbaikan dipertahankan.

2. Beradaptasi

Perusahaan dapat memutuskan untuk mengulang tes, mengumpulkan data yang berbeda, merevisi intervensi, atau menyesuaikan metodologi tes. Ini mungkin terjadi, misalnya, jika data yang memadai tidak dikumpulkan, keadaan telah berubah (misalnya, kepegawaian, sumber daya, kebijakan, lingkungan, dll.), atau jika hasil tes kurang dari tujuan peningkatan yang terukur. Dalam hal ini, sesuaikan rencana aksi sesuai kebutuhan dan ulangi fase 'Lakukan'.

3. Abaikan

Jika perubahan yang dilakukan pada proses tidak menghasilkan perbaikan, pertimbangkan pelajaran yang didapat dari tes awal, dan kembali ke fase Rencana. Pada titik ini tim mungkin meninjau kembali solusi potensial yang awalnya tidak dipilih, atau menyelidiki kembali analisis akar penyebab untuk melihat apakah penyebab dasar tambahan dapat ditemukan, atau bahkan mempertimbangkan kembali pernyataan tujuan untuk melihat

apakah itu realistis. Apapun titik awalnya, tim kemudian perlu terlibat dalam siklus Rencana untuk mengembangkan rencana aksi baru, dan bergerak melalui fase yang tersisa.

2.5 Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

(SMK3)

Menurut OHSAS 19001 sistem manajemen K3 terdiri dari dua unsur pokok yaitu proses manajemen dan elemen-elemen implementasinya. Proses SMK3 menjelaskan bagaimana sistem manajemen tersebut dijalankan atau digerakkan. Sedangkan elemen merupakan komponen-komponen kunci yang terintegrasi satu dengan yang lainnya membentuk satu kesatuan sistem manajemen. Elemen-elemen tersebut meliputi tanggung jawab, wewenang, hubungan antar fungsi, aktivitas, proses, praktis, prosedur dan sumber daya. Elemen ini dipakai untuk menetapkan kebijakan K3, perencanaan, objektif dan program K3 (Ramli, 2010).

Proses sistem manajemen K3 menggunakan pendekatan PDCA yaitu:

1. **Plan** : Meliputi kegiatan perencanaan pelaksanaan SMK3.
2. **Do** : Melakukan sistem manajemen K3 yang telah direncanakan.
3. **Check** : Mengontrol dan mengevaluasi pelaksanaan SMK3.
4. **Action** : Melakukan perbaikan pada SMK3 apabila ditemukan kekurangan pada tahap check

Dengan demikian sistem manajemen K3 akan terus menerus berlangsung secara berkelanjutan selama aktivitas organisasi masih berlangsung. Sistem manajemen K3 dimulai dari penetapan kebijakan K3 oleh manajemen puncak sebagai perwujudan komitmen manajemen dalam mendukung penerapan K3. Kebijakan K3 dilanjutkan dengan penerapan dan operasional melalui pengalokasian semua sumber daya yang ada serta melakukan berbagai program dan langkah pendukung untuk menunjang keberhasilan.

2.5.1 Pelaksanaan JHA (*Job Hazard Analysis*)

Job Hazard Analysis (JHA) atau dikenal juga dengan *Job Safety Analysis* (JSA) adalah suatu teknik untuk mengidentifikasi bahaya pada suatu pekerjaan sebelum kejadian itu terjadi. Teknik ini terfokus pada hubungan antara pekerja, tugas yang dilakukan, peralatan yang digunakan, dan lingkungan kerja (OSHA 3071, 2002). *Job Hazard Analysis* dapat membantu mencegah cedera dan penyakit yang disebabkan dari lingkungan kerja dengan melihat operasi pada tempat kerja, membuat prosedur kerja dengan tepat, dan memastikan para pekerja mendapat pelatihan secara tepat.

Dalam pelaksanaan JHA, terdapat 4 langkah dasar yang harus dilakukan yaitu (Fauzi, 2009):

1. Menentukan pekerjaan yang dianalisis

Diperlukan usaha untuk mengidentifikasi pekerjaan atau tugas kritis dengan cara mengklasifikasi tugas yang mempunyai dampak terhadap kecelakaan atau melihat dari daftar statistik kecelakaan, apakah itu kecelakaan yang menyebabkan kerusakan harta benda, cedera pada pekerja, kerugian kualitas dan kerugian produksi. Hasil dari identifikasi tersebut tergantung pada tingkat kekritisn dari kegiatan yang berlangsung.

Dalam menentukan pekerjaan/tugas kritis atau tidak didasarkan pada:

- a. Frekuensi kecelakaan
- b. Kecelakaan yang mengakibatkan luka
- c. Pekerjaan dengan potensi kerugian yang tinggi
- d. Pekerjaan baru

2. Menguraikan pekerjaan menjadi langkah-langkah dasar

Dari setiap pekerjaan diatas dapat dibagi menjadi beberapa bagian atau tahapan yang beruntun yang pada akhirnya dapat digunakan/dimanfaatkan menjadi suatu prosedur kerja. Tahap-tahap ini nantinya dinilai

keefektifannya dan potensi kerugian yang mencakup keselamatan, kualitas dan produksi.

3. Mengidentifikasi bahaya pada masing-masing pekerjaan

Identifikasi potensi bahaya merupakan alat manajemen untuk mengendalikan kerugian bersifat proaktif dalam upaya pengendalian bahaya di lapangan/tempat kerja. Dalam hal ini tidak ada seorang pun yang dapat meramalkan seberapa parah atau seberapa besar akibat kerugian yang terjadi jika suatu incident terjadi, namun identifikasi bahaya ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya incident dengan melakukan upaya-upaya tertentu.

4. Mengendalikan bahaya

Langkah selanjutnya ini menjadi salah satu reviu dalam penyusunan suatu prosedur kerja aman dan dapat mencegah terjadinya suatu kecelakaan. Solusi yang dapat dikembangkan antara lain:

- a. Mencari cara baru untuk melakukan pekerjaan tersebut
- b. Mengubah kondisi fisik yang dapat menimbulkan kecelakaan
- c. Menghilangkan bahaya yang ada dengan mengganti atau merubah prosedur kerja.
- d. Meninjau kembali rancangan pekerjaan yang ada

2.5.2 HIRARC (*Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control*)

Suatu persyaratan OHSAS 18001, organisasi harus menetapkan prosedur mengenai Identifikasi Bahaya (*Hazards Identification*), Penilaian risiko (*Risk Assessment*), dan menentukan Pengendaliannya (*Risk Control*), atau disingkat dengan HIRARC, keseluruhan program ini disebut juga manajemen risiko (*Risk Manajement*). HIRARC bertujuan untuk mengenali bahaya-bahaya yang potensial serta mengenali berbagai macam masalah kemampuan operasional pada setiap proses akibat adanya penyimpangan-penyimpangan terhadap tujuan perancangan proses-proses dalam pabrik.

Berikut ini merupakan langkah-langkah manajemen risiko dengan menggunakan HIRARC (Suma'mur, 1986):

1. *Hazard Identification*

Proses pemeriksaan tiap-tiap area kerja dengan tujuan untuk mengidentifikasi semua bahaya yang melekat pada suatu pekerjaan.

2. *Risk Assessment*

Suatu proses penilaian risiko terhadap adanya bahaya di tempat kerja.

3. *Risk Control*

Suatu proses yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan semua kemungkinan bahaya ditempat kerja serta melakukan peninjauan ulang secara terus menerus untuk memastikan bahwa pekerjaan yang akan di kerjakan aman.

Dalam upaya mempermudah mempertimbangkan sebuah pekerjaan perlu ditentukan kriteria penilaian atau yang sering di sebut dengan penilaian *likelihood* dan *severity*. Nilai ini berdasarkan skala yang telah di tetapkan di perusahaan, adapun skala yang di pakai adalah sebagai berikut :

a. *Likelihood* (Peluang)

Skala ini menunjukkan seberapa mungkin kecelakaan itu terjadi, berikut skala penilaian likelihood.

Tabel 2.8 Klasifikasi Likelihood

Score	Kriteria	Deskripsi
1	<i>Rare</i> (Jarang Terjadi)	Terdapat kejadian < 1 kali dalam setahun
2	<i>Unlikely</i> (Kecil kemungkinan)	Terdapat kejadian \geq 1 kali dalam setahun
3	<i>Moderate</i> (dapat/bisa terjadi)	Terdapat kejadian \geq 1 kali dalam sebulan

4	<i>Likely</i> (besar kemungkinan)	Terdapat kejadian ≥ 1 kali dalam seminggu
5	<i>Almost Certain</i> (hampir terjadi)	Terdapat kejadian ≥ 1 kali dalam sehari

Sumber : (Hart 2006) AS/NZS 4360

b. *Saverity/Consequences*

Severity menunjukkan seberapa parah dampak dari kecelakaan yang terjadi, berikut kriteria/skala penilaiannya.

Tabel 2.9 Skala Penilaian Saverity

Score	Kriteria	Deskripsi
1	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian
2	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis
3	Sedang	Cidera berat dan dirawat di rumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang
4	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap serta kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dunia dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya

Sumber : (Hart 2006) AS/NZS 4360

Tabel 2.10 Klasifikasi Tingkat Bahaya

<i>Likelihood</i>	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10

	1	1	2	3	4	5
Skala		1	2	3	4	5
		Severity				

Sumber : (Hart 2006) AS/NZS 4360

Keterangan:

	Low	Nilai ≤ 4	Risiko diterima dan dinyatakan aman
	Moderate	Nilai 5 - 12	Risiko diterima, namun perlu ada tambahan pengendalian
	High	Nilai 15 - 25	Risiko Tidak diterima, pekerjaan harus distop dulu, perlu segera diturunkan risikonya

2.6 Analisa Faktor *PQCDSME (Productivity, Quality, Cost, Delivery, Safety, Morale, Environment)*.

Sistem ini dirancang untuk menangani masalah yang berpotensi besar, dan memecahkannya menjadi banyak masalah yang lebih kecil. Isu-isu yang lebih kecil ini kemudian dapat diprioritaskan, dan upaya serta sumber daya yang diperlukan dapat ditetapkan untuk memastikan segala sesuatunya mulai berjalan sebagaimana mestinya. Manfaat lain dari menggunakan sistem ini adalah ketika ada masalah besar yang dihadapi perusahaan, tim tidak akan merasa kewalahan karena masalah telah dipecah menjadi langkah-langkah yang jauh lebih mudah dikelola yang dapat dicapai dengan lebih terperinci dan mudah dipahami.

Dengan metode analisa *PQCDSME (Productivity, Quality, Cost, Delivery, Safety, Morale, Environment)* masalah besar dipecah menjadi langkah-langkah yang jauh lebih kecil. Pemecahan persoalan lebih kecil ini berguna bagi perusahaan dalam menganggarkan mengatasi masalah pada setiap langkah.

2.7 Penelitian terdahulu

Sebagai tambahan landasan teori dan referensi dalam penelitian ini, maka dilakukan review literatur terhadap beberapa penelitian terdahulu agar mampu memperkuat atau mendukung adanya penelitian yang akan dilakukan dan dapat menggambarkan mengenai perbedaan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti dengan peneliti yang sebelumnya pernah ada agar terhindar dari plagiarism dan penelitian ini memiliki titik pembeda dari penelitian yang sudah dilakukan dilain tempat.

Edric Suryajaya dan Andryan Suhendra (2019) melakukan penelitian dengan judul “Analisa Mitigasi Bencana Tanah Longsor dan Metode Pengendaliannya (Studi Kasus Proyek Jalan di Jambi)”. Dari uraian atas analisis kestabilan lereng dibutuhkan untuk mengetahui faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial. Analisis kestabilan menggunakan metode elemen, sehingga pemodelan dapat dilakukan lebih kompleks mulai dari tahapan konstruksi hingga kenaikan muka air tanah. Dari hasil analisis yang dilakukan pada lereng di proyek jalan kerinci sangaran agung, Provinsi Jambi, didapatkan nilai faktor keamanan 0,8779, hal ini menunjukkan lereng tersebut tidak stabil sehingga membutuhkan perkuatan. Kemudian dilakukan perkuatan lereng menggunakan terasering, bronjong, dan soil nailing. Kemudian pada permukaan yang tidak diberi perkuatan, ditanami rumput *vetiver* untuk membantu pencegahan *erosi* pada tanah (Suryajaya and Suhendra 2019).

Sunimbar, Ignasius Suban Angin, dan Edwardus Iwantri Goma (2022) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Geologi Kejadian Longsor di Desa Wolotolo Kecamatan Detusoku Kabupaten Ende” dari proses analisis ini mendapatkan hasil bahwa sebagian besar jenis tanah di Desa Wolotolo adalah *ultisol* dan *inceptisol*. Hal tersebut dapat menyebabkan wilayah ini menjadi wilayah yang rentan terhadap terjadinya longsor. Faktor dominan kemungkinan penyebab longsor yaitu: kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah dan curah hujan sebagai faktor pemicu. Berdasarkan hasil analisis, kemiringan lereng pada Desa Wolotolo lebih didominasi pada kemiringan >45% yang merupakan

wilayah sangat curam. Penggunaan lahan pada lereng yang curam juga berpengaruh pada kestabilan lereng (Goma, Sunimbar, and Angin 2022).

Sri indriati, Sultan, dan Busthan Azikin (2023) melakukan kajian pada kasus tanah longsor dengan judul “Kajian Mitigasi pada Zona Rawan Tanah Longsor Berdasarkan Tipe Longsoran di Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara”. Dari kajian yang ditulis Penyebab longsor adalah lereng dengan sudut kemiringan $> 40^\circ$, aktivitas manusia seperti pengerukan di bawah lereng, pembangunan jalan poros menyebabkan ketidakstabilan lereng dan mengakibatkan bahaya berupa longsor dan getaran. Berdasarkan hasil penelitian pada 3 titik stasiun penelitian berpontesi terjadinya tanah longsor. Metode mitigasi yang digunakan adalah mitigasi struktural, pembuatan dinding perkuatan tebing, pengupasan tanah permukaan dan peningkatan stabilitas lereng yaitu mengubah geometri lereng (Indriati, Sultan, and Azikin 2023).

Muchamad Ali Nidhom, Sri Prabandiyani R.W, Suharyanto (2023) kajian yang dibuat ini berjudul “Evaluasi Penanganan Longsoran Tebing Sungai Bodri di Desa Lanji Kec. Patebon Kab. Kendal”, Kajian ini membahas tentang Alih fungsi lahan di hulu Sungai Bodri dan aktivitas penambangan material batu, kerikil dan pasir, mengakibatkan keseimbangan transport sedimen menjadi terganggu sehingga beberapa ruas Sungai Bodri mengalami degradasi dasar sungai dan kelongsoran tebing/tanggul sungai. Dari hasil analisis ini, disarankan beberapa hal sebagai langkah penanganan permanen, yaitu perlu dilakukan pengupasan tanah yang mengalami longsor dan dilakukan penimbunan ulang dengan material tanah yang baru, perlu dilakukan perbaikan tanah pondasi karena tanah pondasi termasuk jenis tanah lunak, untuk menghindari terjadinya longsor di lereng sisi dalam dan meningkatkan stabilitas maka di kaki tanggul diperkuat konstruksi turap, untuk mengurangi efek gerusan dan laju aliran serta menangkap sedimen maka di depan turap perlu ditambah dengan konstruksi *krib/bronjong* (Nidhom, R.W., and Suharyanto 2023).

Andi Muhammad Iskandar, Syafri, dan Muhammad Idris (2022), Kajian yang dibuat berjudul “Arahan Mitigasi Bencana Kawasan Rawan Longsor di Kecamatan Tinggimocong Kabupaten Gowa”, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerawanan tanah longsor serta merumuskan arahan mitigasi dan jalur evakuasi bencana tanah longsor. Metode analisis skoring dan *overlay (superimpose)*, dalam penentuan tingkat kerawanan dengan menggunakan aplikasi *Geographic Information System (ArcGis)*. Berdasarkan hasil *overlay (superimpose)* dan skoring masing – masing variabel menghasilkan tingkat kerawanan rendah, kerawanan sedang, dan kerawanan tinggi kemudian diusulkan arahan mitigasi bencana berupa mitigasi struktural dan non stuktural serta jalur evakuasi bencana (Muhammad Iskandar and Idris Tacing 2022).

Tabel 2.11 *State of the Art*

NO	PENELITI	JUDUL	OBJEK	METODE	HASIL
1	Edric Suryajaya dan Andryan Suhendra 2019	Analisa Mitigasi Bencana Tanah Longsor dan Metode Pengendalia nya (Studi Kasus Proyek Jalan di Jambi)	Jalan di Jambi	Penggunaan terasering, bronjong, <i>soil nailing</i> dan rumput vetiver	Hasil analisis didapatkan nilai faktor keamanan 0,8779, hal ini menunjukkan lereng tersebut tidak stabil sehingga membutuhkan perkuatan lereng menggunakan terasering, bronjong, dan soil nailing. Kemudian pada permukaan yang tidak diberi

					perkuatan, ditanami rumput vetiver untuk membantu pencegahan erosi pada tanah.
2	Sunimbar1, Ignasius Suban Angin2, Edwardus Iwantri Goma 2022	Analisis Geologi Kejadian Longsor di Desa Wolotolo Kecamatan Detusoku Kabupaten Ende	Hutan, perkebunan dan semak belukar	tumpang susun (<i>overlay</i>) peta dari beberapa parameter yaitu curah hujan, penggunaan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng	hasil analisis, kemiringan lereng pada Desa Wolotolo lebih didominasi pada kemiringan >45% yang merupakan wilayah sangat curam. Penggunaan lahan pada lereng yang curam juga berpengaruh pada kestabilan lereng.
3	Sri indriati1*, Sultan2, Busthan Azikin2 2023	Kajian Mitigasi pada Zona Rawan Tanah Longsor Berdasarkan Tipe Longsoran di	Lahan, tanah area pemukiman penduduk	metode Geolistrik Konfigurasi <i>Wenner-sachlumberger</i> pada tahun 2019	Hasil penelitian pada 3 titik stasiun penelitian berpontesi terjadinya tanah longsor. Metode mitigasi yang digunakan adalah mitigasi struktural, pembuatan dinding

		Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara			perkuatan tebing, pengupasan tanah permukaan dan peningkatan stabilitas lereng yaitu mengubah geometri lereng
4	Muchama d Ali Nidhom, Sri Prabandiy ani R.W, Suharyant 0 2023	Evaluasi Penanganan Longsoran Tebing Sungai Bodri di Desa Lanji Kec. Patebon Kab. Kendal	Tebing Sungai	deskriptif analisis, yaitu studi kasus pada kejadian longsoran yang terjadi	Hasil analisis ini, disarankan beberapa hal sebagai langkah penanganan permanen, yaitu perlu dilakukan pengupasan tanah yang mengalami longsor dan penimbunan ulang dengan material tanah yang baru, perlu dilakukan perbaikan tanah pondasi, untuk menghindari terjadinya longsoran di lereng sisi dalam dan meningkatkan stabilitas maka di

					kaki tanggul diperkuat konstruksi turap, untuk mengurangi efek gerusan, laju aliran dan sedimen maka di depan turap ditambah dengan konstruksi krib/bronjong.
5	Andi Muhammad Iskandar 1, Syafri2, Muhammad Idris 2022	Arahan Mitigasi Bencana Kawasan Rawan Longsor di Kecamatan Tinggimocong Kabupaten Gowa	Lereng Kawasan pemukiman masyarakat	Metode Skoring	Berdasarkan hasil overlay (superimpose) dan skoring masing – masing variabel menghasilkan tingkat kerawanan rendah, kerawanan sedang, dan kerawanan tinggi kemudian diusulkan arahan mitigasi bencana berupa mitigasi struktural dan non stuktural serta jalur evakuasi bencana.

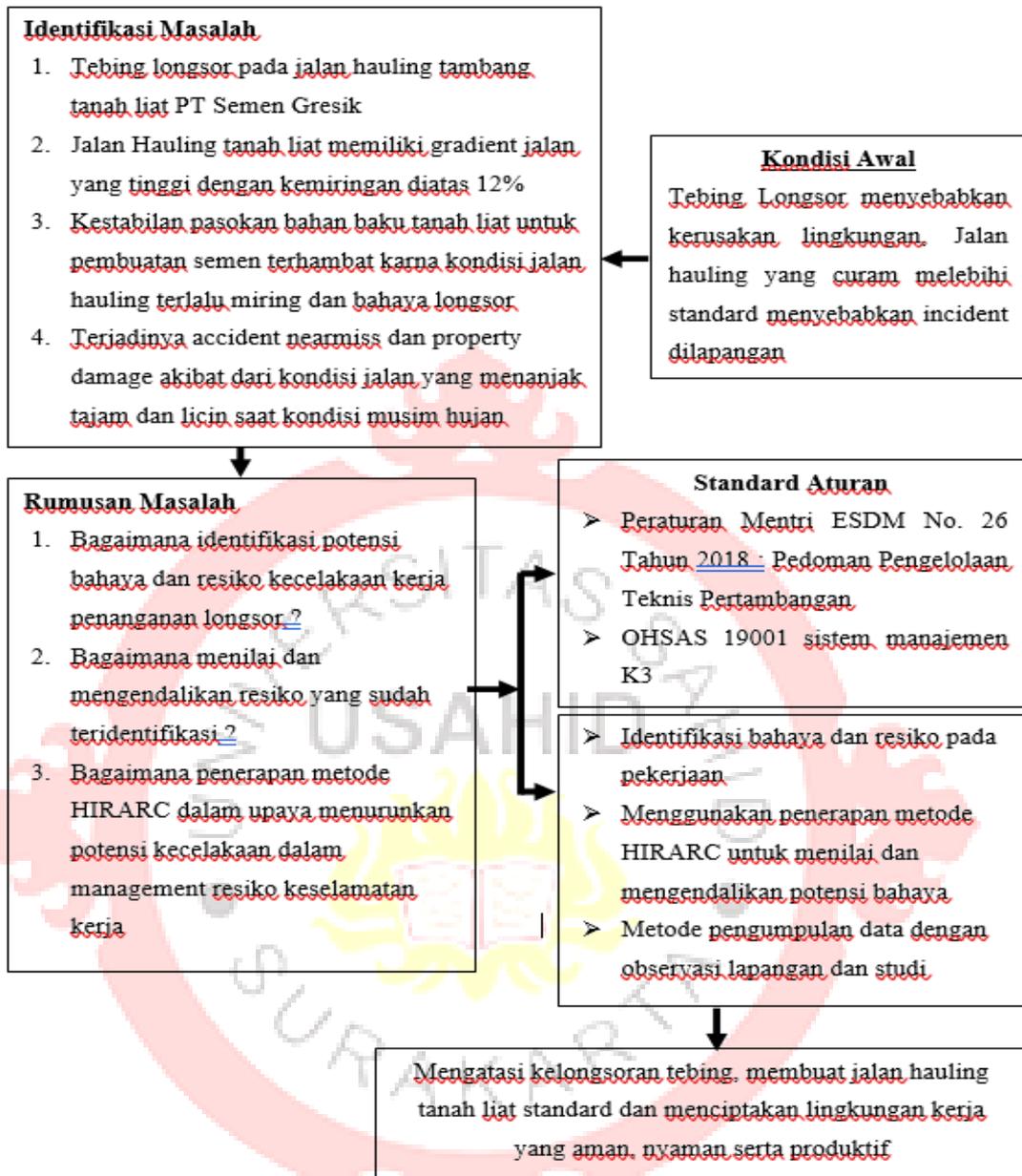
6	M Syaifuddin 2024	Analisis Resiko Keselamatan Kerja Penanganan Longsor Tebing menggunakan Metode HIRARC (Hazard Identfcation, Risk Assesment and Risk Control) untuk mengurangi Frekuensi Insiden Operasional Tambang di PT Semen Gresik	Lereng akawasa n Jalur Hauling Tanah Liat	Metode Penggunaan Seven tools, HIRARC (<i>Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control</i>)	Perbaiki lereng longsor direkomendasikan dari single sloope menjadi multi sloope yang lebih efektif karna mampu meredam longsor, terbukti dengan hasil pengukuran kestabilan lereng di dapat nilai safety factor 1,742 artinya Rendah atau sama dengan gerakan tanah jarang terjadi.
---	-------------------------	--	---	---	--

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan peneliti bermacam macam namun metode yang digunakan telah memberikan hasil yang baik dan mampu mengatasi longsor baik dengan hanya mitigasi resiko terjadinya longsor maupun dengan beberapa metode penyelesaian yang permanen ada berupa pemasangan batu bronjong, soil maupun dengan tanaman yang mampu menyerap air dan mengikat struktur tanah

Keunggulan dari penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada bidang yang diteliti yaitu jalan produksi bahan baku pembuat semen. Diantara metode yang digunakan yaitu penyelesaian dengan mengaplikasikan tools pengendalian kualitas, mempertimbangkan alternatif solusi untuk menyelesaikan akar dari permasalahan yang terjadi. Selain itu peneliti melengkapi penulisan dengan kaidah yang diterapkan pada perusahaan yaitu budaya *TPM (Total Productive Maintenance)* sehingga penyelesaian atas masalah yang digunakan semakin terarah dan komprehensif.

2.8 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran, menurut Dalman (2016, hlm. 184), “Adalah dasar pemikiran dari penelitian yang disintesiskan dari fakta-fakta, observasi, dan telah kepustakaan.” Berdasarkan pengertian, maka dapat disimpulkan bahwa kerangka pemikiran adalah menjelaskan secara garis besar mengenai penelitian yang akan dilakukan. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 2.2314 Kerangka Berfikir