

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Perkeretaapian**

Berdasarkan Undang – Undang No. 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. Jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.

#### **B. Penyelenggaraan Perkeretaapian**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian Pembangunan prasarana kereta api meliputi, pembangunan jalur kereta api pembangunan stasiun kereta api, dan pembangunan fasilitas pengoperasian kereta api. Setiap pembangunan prasarana perkeretaapian harus memenuhi persyaratan teknis prasarana perkeretaapian. Prasarana perkeretaapian yang dioperasikan wajib memenuhi persyaratan kelaikan teknis, dan kelaikan operasional.

#### **C. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

1. Konstruksi Badan Jalan
  - a. Badan jalan harus mampu menahan beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
  - b. Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.
  - c. Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.
2. Kontruksi Badan Jalan Pada Timbunan
  - a. Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
  - b. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 03-1744-1989 (SNI terbaru) haruslah tidak kurang dari 6% pada contoh tanah terendam yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM 0698 atau SNI 03-1742-1989.
  - c. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,50 m dan permukaannya memiliki kemiringan 5 %. Lokasi berm harus mengikuti hal-hal seperti tercantum pada gambar di bawah, menunjukkan penampang standar untuk konstruksi timbunan:
    - 1) Terletak pada batas antara timbunan atas dan timbunan bawah (pada kedalaman 3 m dari permukaan formasi).
    - 2) Pada setiap kedalaman 6 m dari batas antara timbunan atas dan timbunan bawah. Jika tinggi timbunan kurang dari 6 m, berm dapat ditiadakan.
  - d. Lapisan dasar (subgrade) harus miring kearah luar sebesar 5%
  - e. Jika penurunan sisa (residual settlement) tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di atas timbunan lebih besar dari 20 em, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki.

- f. Bagian bawah lapis dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
- g. Bila tinggi timbunan lebih besar dari 6.00 m, maka untuk setiap ketinggian 6.00 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.

### 3. Kontruksi Pada Galian

Sila badan jalan pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah. Kemiringan tanah dasar harus miring kearah luar sebesar 5%. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi. Sila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 6 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.

### 4. Perbaikan Tanah Untuk Kontruksi Badan Jalan

- a. Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, atau lereng timbunan tidak cukup stabil, maka perlu diadakan perbaikan tanah.
- b. Penurunan sisa (residual settlement) yang diijinkan maksimum 10 cm.

### 5. Proteksi Lereng

Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng. Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi). Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan tidak sajadipandang dari sudut material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain. Ketebalan *top soil* minimal 10 cm.

### 6. Badan Jalan

Badan Jalan dapat berupa badan jalan di daerah timbunan dan badan jalan di daerah galian

- a. Badan jalan di daerah timbunan, badan jalan di daerah timbunan terdiri atas tanah dasar, tanah timbunan, dan lapis dasar (subgrade)
- b. Badan jalan di daerah galian. Badan jalan di daerah galian terdiri atas Tanah dasar dan lapis dasar (subgrade)

#### **D. Longsoran**

Longsoran adalah pergerakan masa batuan, bahan rombakan dan tanah pada suatu lereng yang berpindah tempat karena gravitasi dan terganggunya keseimbangan gaya yang bekerja antara beban berat sendiri dan kemampuannya dalam menahan beban. Ruang lingkup Longsoran terdiri atas longsoran pada lereng alam dan longsoran pada lereng buatan, longsoran lereng buatan terjadi pada infrastruktur umum yaitu pada jaringan jalan, juga pada jaringan pengairan dan daerah pemukiman. Infrastruktur umum tersebut sangat vital, sehingga diperlukan penanganan dengan tepat, cepat dan ekonomis untuk menanggulangi kerugian. Longsoran yang berdampak pada terganggunya jaringan infrastruktur jalan, akan mengganggu kelancaran distribusi barang dan jasa yang juga akan berdampak menghambat pertumbuhan ekonomi suatu wilayah karena terisolasi. Simantu (2017)

#### **E. Pengamatan Tanah**

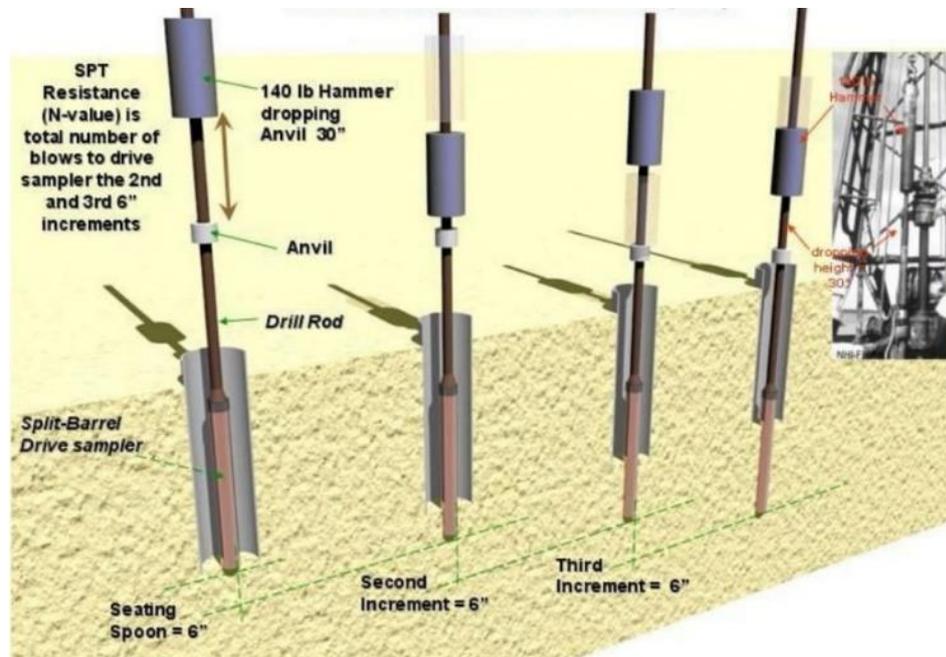
Pengamatan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis dan sifat parameter tanah. Kegiatan pengamatan tanah ada dua cara, yaitu dengan pengamatan langsung dilapangan dan uji laboratorium.

##### **1. Tanah**

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Bisa dimaknai juga sebagai material yang terdiri dari agregat yang tidak terikat secara kimiawi, zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong pada butiran agregat. Ikatan antara butiran yang relatif lemah disebabkan karena zat organik, karbonat atau oksida yang mengendap antara partikel dan dapat berisi udara, air atau keduanya. Tanah juga dimaknai dengan segala endapan alam yang memiliki hubungan dengan teknik sipil. Tanah yang baik digunakan sebagai konstruksi kerkerasan jalan adalah tanah dasar yang telah dipadatkan hingga mencapai tingkat kepadatan tertentu sehingga memiliki daya dukung bagus dan juga mampu mempertahankan perubahan volumenya selama masa layan meskipun memiliki perbedaan kondisi lingkungan dan juga jenis tanah setempat. (Hardiyantmo, 2010).

## 2. Klasifikasi Tanah Dari Data Sondir

Klasifikasi tanah dapat dilihat dari berbagai aspek salah satunya dapat dilakukan dengan melihat dari data hasil uji tanah *Standard Penetration Test*. *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji.



**Gambar III. 1** Prosedur Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT)

*Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Bandung, 2022*

Adapun tujuan dari uji sondir yaitu untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut:

- Menentukan tipe atau jenis pondasi apa yang mau dipakai.
- Mengetahui stabilitas tanah.
- Menghitung daya dukung tanah asli.
- Menentukan seberapa dalam pondasi harus diletakkan nantinya.

Dengan adanya uji tanah tersebut diharapkan pembangunana konstruksi di atasnya menjadi aman dan memiliki umur layan yang relatif lebih lama (SNI 2827-2008)

### 3. Nilai Parameter Tanah

Parameter tanah yang dimaksudkan disini meliputi nilai sudut geser ( $\phi$ ), berat isi tanah ( $\gamma$ ), nilai kohesi ( $C$ ), *Safety Factor* ( $SF$ ). Nilai tersebut didapat didapatkan dengan mengkorelasi N-SPT dengan karakteristik tanah menggunakan tabel pembagian layer tanah menurut tabel *J.E Bowles, 1984*.

**Tabel III. 1** Korelasi N-SPT dengan Karakteristik Tanah

<i>Cohesionless Soil</i>					
N ( <i>blows</i> )	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
N ( <i>blows</i> )	<4	4-6	6-15	16-25	>10
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPA)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
<i>Consistency</i>	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: Braja M. Das, 1995

#### a. Sudut geser dalam ( $\phi$ )

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam tanah atau batuan.

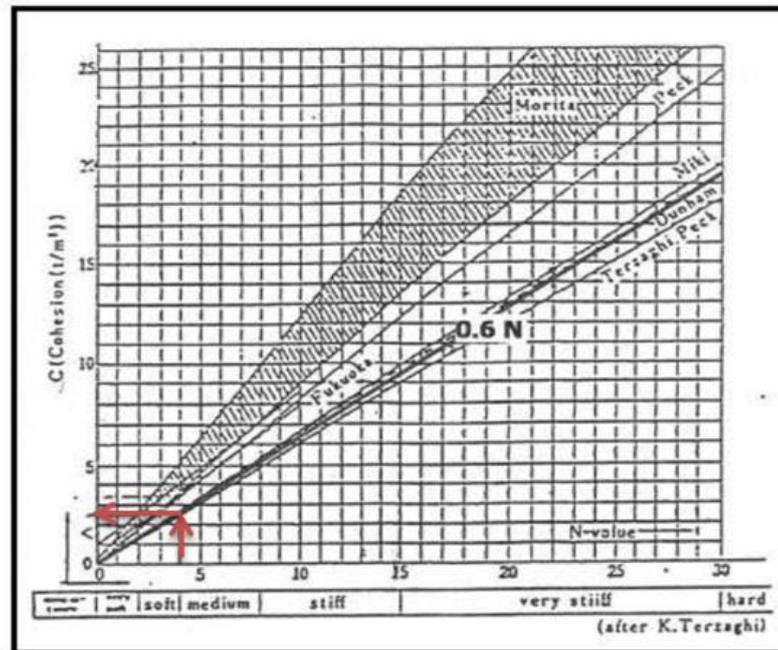
#### b. Berat isi tanah ( $\gamma$ )

Berat isi tanah adalah berat total tanah per satuan volume total. Berat isi tanah dan berat jenis pada berbagai lahan

#### c. Kohesi ( $C_u$ )

Basarkan Braja M. Das (1995), kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah.

Nilai kohesi dapat diperoleh dengan mengkorelasi terhadap nilai N-SPT yang ditentukan pada grafik dari *Terzaghi dan Peck, 1987*



**Gambar III. 2** Korelasi nilai N-SPT dan Kohesi

*Sumber: Braja M. Das, 1995*

#### **F. Pembebanan**

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, menyatakan bahwa tanah asli harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran, stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan ( $F_s$ ) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa, dan Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan. Pembebanan dalam perencanaan perkuatan tanah menggunakan beban quasistatis yang artinya mengalikan koefisien pengaruh dinamis, sehingga bebannya lebih besar dari bebannya.

## 1. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang sumber gayanya bergetar atau bergerak, contohnya yaitu beban dari sarana (lokomotif). Lokomotif terdiri dari tujuh tipe dengan berat yang berbeda-beda, lokomotif juga terbagi menjadi dua, yaitu lokomotif siap dan kosong. Lokomotif siap berarti lokomotif yang telah siap dengan ini bahan bakar, pelumas, air radiator, dan cairan pendukung operasi serta pasir, sedangkan lokomotif kosong berarti komponen dasar dari lokomotif tersebut tanpa pelumas dan cairan-cairan lainnya. Beban yang dipakai dalam perencanaan yaitu beban yang paling besar melewati diatas prasarana yang akan dibuat perencanaan perkuatan, untuk sarana beban yang paling besar yaitu terletak pada lokomotifnya. Cara untuk mencari beban yang paling besar melewati prasarana yang akan dibuat perencanaan perkuatan yaitu dengan melihat dari grafik perjalanan kereta api atau yang biasa disebut dengan GAPEKA atau dengan data rekap lintas yang dimiliki oleh DAOP yang bersangkutan, yang nantinya setelah diketahui lokomotif yang paling besar maka dicari spesifikasi teknisnya untuk mendapatkan berapa beban lokomotif tersebut.

**Tabel III. 2** Berat Lokomotif

No	Jenis Lokomotif	Berat Lokomotif (ton)
1	CC 206	90 (Siap)
2	CC 205	106,4 (Siap)
3	CC 204	84 (Kosong)
4	CC 203	84 (Siap)
5	CC 202	108 (Siap)
6	CC 201	
	CC 201 01-09	82 (Siap)
	CC 201 91-144	84 (Siap)
7	CC 200	96 (Siap)

*Sumber: Dwiatmoko, 2016*

Transfer beban bekerja berdasarkan prinsip pengurangan tegangan, yang berarti lapis demi lapis dari bagian-bagian jalan rel menanggung beban yang tidak sama besarnya. AREA (1975) dan Weber (1975) telah menetapkan bahwa tegangan yang disalurkan oleh bantalan ke balas dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

**Rumus III. 1** Tegangan kereta dari bantalan ke ballas

$$P\alpha = \frac{2P_s(DF)(1+\phi)}{BL}$$

*Sumber: AREA, 1975 dalam Weber, 1975*

Dimana:

$P\alpha$  = Tegangan kereta dari bantalan ke ballas

$P_s$  = beban roda statis

$DF$  = beban roda yang ditanggung oleh satu bantalan

$\phi$  = faktor *impact*, nilai asumsi AREA untuk semua kondisi tanpa memperhitungkan kecepatan adalah 1,5

$B$  = lebar bantalan

$L$  = panjang bantalan

Angka Faktor dinamis yang digunakan adalah angka faktor dinamis berasal dari Jerman oleh *Schram*

Untuk kecepatan  $\leq 100$  km/jam

**Rumus III. 2** Faktor Pengaruh Dinamis kecepatan  $\leq 100$  km/jam

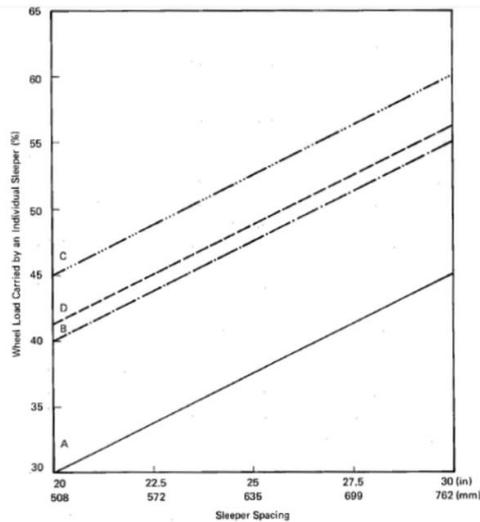
$$\phi = 1 + \frac{V^2}{3 \times 10^4}$$

Untuk kecepatan  $\geq 100$  km/jam

**Rumus III. 3** Faktor Pengaruh Dinamis kecepatan  $\geq 100$  km/jam

$$\phi = 1 + \frac{4,5 V^2}{10^5} - \frac{1,5 V^3}{10^7}$$

Dalam mencari DF atau beban roda yang ditanggung oleh satu bantalan dapat dilihat pada gambar grafik



**Gambar III. 3** Grafik Hubungan Nilai DF dengan Jarak Antar Bantalan

*Sumber: AREA, 1975*

Beban roda yang bekerja diatas timbunan lebih kecil dari pada beban roda saat menyentuh rel langsung, oleh karena itu dihitung dengan distribusi roda dipermukaan timbunan sehingga beban roda akan direduksi, hubungan empiris yang paling banyak digunakan adalah persamaan yang direkomendasikan oleh AREA dan dikembangkan oleh Talbot (1919). Distribusi tekanan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut dengan  $z$  yang merupakan tebal dari lapisan balas, subballas, dan juga subgrade.

**Rumus III. 4** Distribusi Tegangan

$$\sigma_z = Pa \left\{ \frac{1}{5.9z^{1.25}} \right\}$$

*Sumber: Talbot, 1919*

Dimana:

$\sigma_z$  = Distribusi tegangan

$Pa$  = Tegangan yang disalurkan

$z$  = Tebal lapisan balas, subballas, *subgrade*

## 2. Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang sifatnya tetap atau bisa dikatakan beban yang sumber gayanya tidak bergerak, yang mana berasal dari beban track seperti rel, bantalan dan substruktur. beban mati termasuk dalam beban merata, beban dari track bisa dilihat dari tabel

**Tabel III. 3** Jenis Beban Mati Jalan Rel

Nama Komponen	Beban
Rel-R54	54 kg/m
Rel-R60	60 kg/m
Bantalan	$\gamma c = 2400 \text{ kg/m}^3$
Substruktur	Tergantung jenis material. Umumnya $\gamma$ balas $<$ $\gamma$ subgrade karena balas mengandung banyak pori $\sigma = \gamma \cdot h$

*Sumber: Dwiatmoko, 2016*

### a. Beban Rel

Beban rel merupakan beban mati yang terdistribusi sebagai beban garis, yang kemudian akan dihitung dengan distribusi beban garis dengan kondisi yang artinya tidak terdapat struktur bawah tanah disekitar lokasi seperti dinding penahan tanah, rumus yang digunakan sebagai berikut:

**Rumus III. 5** Distribusi Tegangan Rel

$$\Delta\sigma_z = \frac{2Qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

*Sumber: AREA, 1975*

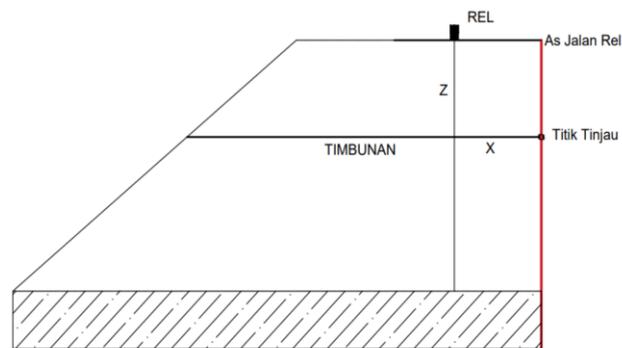
Dimana

$\Delta\sigma_z$  = Distribusi tegangan rel

Q = berat rel

X = jarak horizontal dari titik yang ditinjau terhadap lokasi beban

Z = jarak vertical dari titik yang ditinjau terhadap lokasi beban



**Gambar III. 4** Distribusi Beban Garis

b. Beban Bantalan

Beban bantalan merupakan beban mati dengan jarak antar bantalan 0,6 m, untuk desain pembebanan harus ditung per 1 m'. dalam menghitung pembebanan bantalan harus menghitung berat dari bantalan dengan rumus sebagai berikut:

**Rumus III. 6** Beban Bantalan

$$W = \gamma \times V$$

Dimana:

W = beban bantalan

$\gamma$  = berat volume bantalan

V = volume bantalan

**Rumus III. 7** Tegangan didasar bantalan

$$q = \frac{W}{B.L}$$

Dimana:

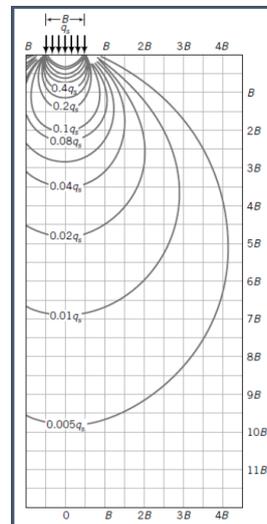
q = Tegangan didasar bantalan

W = Berat bantalan

B = Lebar bantalan

L = Panjang bantalan

Distribusi beban bantalan sesuai dengan gambar



**Gambar III. 5** Distribusi Beban Luasan

*Sumber: Muni Budhu, 2011*

c. Beban Balas Dan Subbalas

Perhitungan pembebanan balas dan subbalas dengan mengalikan antara berat isi dan tebal. Berat isi balas dan subbalas ini dapat dilihat pada SNI 1725:2016 tentang perencanaan pembebanan untuk jembatan, sedangkan untuk tebal balas dan subbalas dapat dilihat dari hasil pengukuran dan asumsi tentang pembebanan untuk jembatan.

**Rumus III. 8** Beban ballas, subballas, timbunan

$$q = \gamma \times h \times 1 \text{ m}'$$

Dimana

q = beban ballas, subballas, timbunan

$\gamma$  = berat volume ballas, subballas, timbunan

h = tinggi balas ballas, subballas, timbunan

Kemudian dihitung distribusi balas.

**Rumus III. 9** Distribusi Tegangan Dalam Tanah

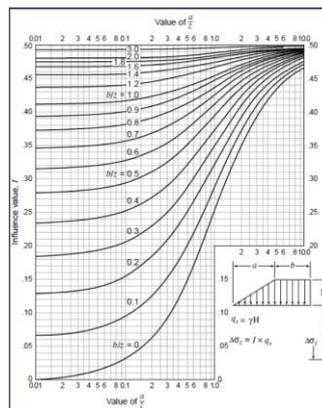
$$\Delta\sigma_z = I \cdot q$$

*Sumber: Hardyatmo, 2002*

$\Delta\sigma_z$  = Distribusi beban ballas, subballas, timbunan

$I$  = *Influence value*, hanya untuk 1/2 timbunan

$q$  = beban ballas, subballas, timbunan



**Gambar III. 6** Distribusi Beban Timbunan

*Sumber: Muni Budhu, 2011*

**G. Stabilitas Lereng**

Analisis stabilitas lereng adalah suatu analisis guna memeriksa keamanan lereng timbunan, lereng galian maupun lereng alamiah. Faktor yang perlu dilakukan pemeriksaan adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling kritis dengan kekuatan geser tanah yang bersangkutan, hasil perbandingan dari kedua parameter tersebut dinamakan angka keamanan. (Braja M. Das, 1985): Angka keamanan dapat ditentukan dengan persamaan

**Rumus III. 10** Faktor Keamanan

$$SF = \frac{q_{max}}{q_{beban}} = \frac{C_u \cdot N_c}{(\gamma \cdot h) + \sigma_z}$$

*Sumber: Terzaghi, 1925*

Dimana:

$C_u$  = Kohesi tanah

$N_c$  = Faktor daya dukung

$\gamma$  = Berat volume tanah

$h$  = Tinggi tanah timbunan

$\sigma_z$  = Total pembebanan kereta, rel, bantalan, balas, subballas

$N_c$  adalah faktor daya dukung tanah (*bearing capacity factors*) Terzaghi yang ditentukan oleh besar sudut geser.

**Tabel III. 4** Nilai faktor daya dukung Terzaghi

$\phi$	$N_c$
0°	5,71
5°	7,32
10°	9,64
15°	12,8
20°	17,7
25°	25,1
30°	37,2
35°	57,8
40°	95,6
45°	175

Sumber: Braja M. Das, 1984

## H. Penanganan Longsor

Penanganan potensi longsor merupakan tindakan yang bersifat pencegahan dan tidak bersifat korektif. Tindakan pencegahan adalah yang dilakukan untuk terjadinya longsor. Tindakan korektif merupakan dilakukan setelah longsor terjadi. Penanganan dilakukan dengan perkuatan tanah pada area longsor. Perkuatan tanah adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut. Selanjutnya material sisipan lapisan tanah yang terbentuk dari hasil Tindakan perkuatan tanah disebut tanah perkuatan (*reinforced earth*). Tanah perkuatan adalah lapisan tanah yang telah diberikan material sisipan yang mampu membentuk suatu sistem yang dapat bekerja sebagai satu kesatuan, sehingga kemampuan dari sistem tersebut menjadi lebih

besar atau lebih optimal dari pada kemampuan awal lapisan tanah tersebut. Secara garis besar kekuatan tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan tujuan utama dari tindakan perkuatan, yakni perkuatan tanah dasar (*bearing capacity reinforcement*) dan perkuatan dinding penahan (*retaining wall reinforcement*)

#### 1. Metode Perkuatan tanah

Banyak sekali metode yang dapat digunakan untuk perkuatan tanah yang dapat memperbaiki struktur kekuatan pada tanah. Pemilihan tipe perkuatan dapat disesuaikan dengan faktor penyebab, dan kemungkinan untuk dapat dikerjakan. Pemilihan tipe penanggulangan juga harus memperhatikan faktor-faktor yang berkaitan dengan pelaksanaan yaitu tingkat kepentingan, material di sekitar lokasi dan aspek sosial. Berikut macam-macam metode penanggulangan:

##### a. Metode Bronjong

Menurut SNI 03-0090-1999 Bronjong kawat merupakan susunan kubus terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada penggunaannya diisi batu-batu untuk pencegah erosi yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, yang proses penganyamannya menggunakan mesin. Sedangkan menurut Bina Marga (1986). Selain itu bronjong mempunyai sifat yang lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat sementara pergerakan tanah dapat ditahan oleh bronjong. Bronjong biasanya berfungsi sebagai penahan longsoran dan pada umumnya dipasang pada kaki lereng, dan juga berfungsi mencegah penggerusan atau erosi tanah.



**Gambar III. 7** Bronjong

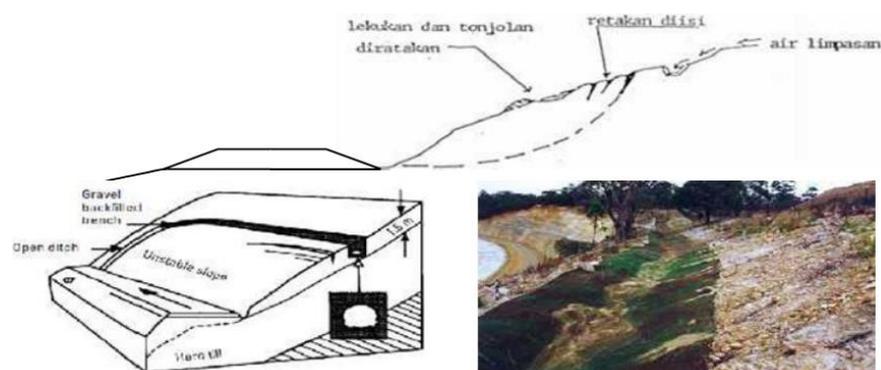
*Sumber: Sistem Manajemen Pengetahuan Pekerjaan Umum, 2018*

## 2. Pengendalian Air Tanah

Prinsip penanganan terdapat penanganan lainnya yaitu dengan pengendalian air baik permukaan, maupun bawah permukaan termasuk mengendalikan air rembesan, serta penambatan dan tindakan lainnya juga sering dilakukan. Longsor tanah akibat penurunan kuat geser disebabkan oleh naiknya tegangan air pori atau air tanah

### a. Mengendalikan Air Permukaan

Air permukaan merupakan salah satu faktor penyumbang ketidakmampuan lereng disamping air bawah permukaan, karena akan meninggikan tekanan air pori. Genangan air yang terdapat dipermukaan juga akan menimbulkan penjumlahan karena air meresap ke dalam tanah sehingga massa tanah akan menjadi lembek dan menambah berat massa longsor. Disamping itu aliran air permukaan juga dapat menimbulkan erosi permukaan lereng sehingga akan menyebabkan longsor permukaan (*Gully Erosion*). Oleh karena itu air permukaan perlu dikendalikan dengan maksud untuk mencegah agar tidak sempat merembes atau mengerosi permukaan lereng. Mengendalikan air permukaan terhadap erosi dapat dilakukan dengan cara menanam tumbuhan, menutup retakan, menyiapkan sistem drainase tata salir dan perbaikan permukaan lereng (*regrading*)



**Gambar III. 8** Penanganan Lereng dengan Re-garding, Pengendalian Air Permukaan (termasuk saluran samping jalan) serta Menutup Rekahan

*Sumber: Sistem Manajemen Pengetahuan Pekerjaan Umum, 2017*

b. Mengendalikan air bawah permukaan

Metode mengendalikan air bawah permukaan atau mengendalikan air rembesan (drainase bawah permukaan) adalah untuk menurunkan muka air tanah di daerah longsor. Dalam memilih cara yang tepat perlu dipertimbangkan jenis dan letak kedalaman muka air tanah. Metode pengendalian rembesan air ini juga salah satu usaha dalam mengeringkan genangan air atau menurunkan muka air tanah dan umumnya cukup sulit disamping memerlukan penyelidikan yang ekstensif juga mencakup kehidupan masyarakat setempat.

Metoda pengendalian air rembesan yang sering digunakan adalah sumur dalam (deep well), penyalir tegak (vertical drain) dan penyalir pencegat (interceptor drain), penyalir mendatar (horizontal drain), pelantar air atau kisi drainase (drainage gallery), sumur pelega (relief well), penyalir liput (blanket drain), dan elektro osmosis.