

BAB III KAJIAN PUSTAKA

A. Perkeretaapian

Berdasarkan Undang – Undang Nomor 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.

Perkeretaapian diselenggarakan dengan tujuan untuk memperlancar perpindahan orang dan/atau barang secara massal dengan selamat, aman, nyaman, cepat dan lancar, tepat, tertib dan teratur, efisien, serta menunjang pemerataan, pertumbuhan, stabilitas, pendorong, dan penggerak pembangunan nasional.

Jalur kereta api untuk kepentingan perjalanan kereta api dibagi dalam beberapa petak blöc yang terdiri atas petak blok tetap (*fixed block*) atau petak blöc bergerak (*moving block*). Pada wilayah cakupan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Palembang menggunakan sistem blok tetap. Pengoperasian kereta api menggunakan prinsip lalu lintas satu arah pada jalur tunggal dan jalur ganda atau lebih dengan ketentuan yaitu:

1. Setiap jalur pada satu petak blok hanya diizinkan satu kereta api yang melintas.
2. Jalur kanan digunakan oleh kereta api untuk jalur ganda atau lebih

Pengoperasian kereta api diatur dalam GAPEKA yang merupakan pedoman pengaturan pelaksanaan perjalanan kereta api yang digambarkan dalam bentuk garis yang menunjukkan stasiun, waktu, jarak, kecepatan, dan posisi perjalanan kereta api mulai dari berangkat, bersilang, bersusulan, dan berhenti yang digambarkan secara grafis untuk pengendalian perjalanan kereta api

B. Prasarana Perkeretaapian

Prasarana perkeretaapian yang tercantum pada Undang – undang No 23 Tahun 2007 tentang perkeretaapian terdiri dari jalur kereta api, stasiun

kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat diopeasikan. Prasarana perkeretaapian dapat diuraikan yaitu:

1. Jalur kereta api

Jalur kereta api diperuntukkan bagi pengoperasian kereta api. Jalur kereta api meliputi:

a. ruang manfaat jalur kereta api

Ruang manfaat jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 terdiri dari jalan rel dan bidang tanah di kiri dan kanan jalan rel beserta ruang di kiri, kanan, atas, dan bawah yang digunakan untuk konstruksi jalan rel dan penempatan fasilitas operasi kereta api serta bangunan pelengkap lainnya.

b. ruang milik jalur kereta api

Ruang milik jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 merupakan bidang tanah di kiri dan di kanan ruang manfaat jalur kereta api yang digunakan untuk pengamanan konstruksi jalan rel.

c. ruang pengawasan jalur kereta api

Ruang pengawasan jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 merupakan bidang tanah atau bidang lain di kiri dan di kanan ruang milik jalur kereta api untuk pengamanan dan kelancaran operasi kereta api.

2. Stasiun Kereta Api

Stasiun kereta api sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berfungsi sebagai tempat kereta api berangkat atau berhenti untuk melayani :

- a. Naik turun penumpang
- b. Bongkar muat barang
- c. Keperluan operasi kereta api

3. Fasilitas Operasi Kereta Api

Fasilitas operasi kereta api merupakan semua fasiliats yang diperlukan untuk kereta api agar dapat beroperasi. sebagaimana dimaksud yaitu peralatan persinyalan, peralatan telekomunikasi, dan isntalasi listrik.

C. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

Berdasarkan undang–undang Nomor 23 tahun 2007 tentang Perkeretapihan, Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian, dan Peraturan Menteri Pehubungan Nomor PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratn Teknis Jalur Kereta Api, telah diatur bahwa perencanaan konstruksi jalur kereta api harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis.

Dipertanggung jawabkan secara teknis diartikan bahwa konstruksi jalur kereta api tersebut harus aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya, sedangkan dipertanggung jawabkan secara ekonomis yaitu diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan tingkat harga yang sekecil mungkin dengan *output* yang dihasilkan kualitas terbaik dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan.

Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. atas dasar ini diadakan klasifikasi jalur kereta api sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna.

Persyaratan teknis jalr kereta api meliputi

- a. persyaratan teknis untuk lebar jalan rei 1067 mm; dan
- b. persyaratan teknis untuk lebar jalan rei 1435 mm.

persyaratan teknis jalur kereta api terdiri atas:

- a. persyaratan sistem jalur kereta api; dan
- b. persyaratan komponen jalur kereta api.

Persyaratan sistem dan komponen jalur kereta api meliputi:

- a. sistem dan komponen jalan rel;
- b. sistem dan komponen jembatan;
- c. sistem dan komponen terowongan.

Persyaratan sistem jalur kereta api merupakan kondisi yang harus dipenuhi untuk berfungsinya suatu system, sedangkan persyaratan komponen merupakan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi setiap komponen sebagai bagian dari suatu sistem.

Persyaratan teknis jalan rel secara umum adalah sebagai berikut:

- a. jalan rel direncanakan sesuai dengan klasifikasi jalur untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang *dan/atau* penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu;
- b. perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.
- c. secara teknis konstruksi jalan rel harus dapat dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu.
- d. secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan konstruksi jalan rel dapat diselenggarakan secara efisien serta tetap menjamin keamanan dan kenyamanan.
- e. sistem jalan rel terdiri dari konstruksi bagian atas dan konstruksi bagian bawah.

Persyaratan Konstruksi bagian atas jalan rel harus memenuhi :

- a. persyaratan geometri, wajib dipenuhi persyaratan lebar jalan rel, kelandaian, lengkung, pelebaran jalan rel, dan peninggian rel.
- b. persyaratan ruang bebas;
- c. persyaratan beban gandar; dan
- d. persyaratan frekuensi

Konstruksi bagian bawah jalan harus memenuhi persyaratan stabilitas dan persyaratan daya dukung meliputi badan jalan, proteksi lereng, dan drainase.

Persyaratan komponen jalan rel meliputi :

- a. badan jalan;
- b. subbalas;
- c. balas;
- d. bantalan;
- e. alat penambat;
- f. rel; dan
- g. wesel.

Badan jalan dapat berupa badan jalan di daerah timbunan (tanah dasar, tanah timbunan, dan lapis dasar / *subgrade*). atau badan jalan di daerah galian. (tanah dasar, dan lapis dasar / *subgrade*).

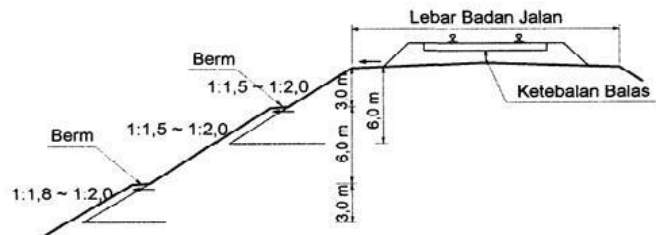
Tanah dasar harus mempunyai persyaratan :

- a. mampu memikul lapis dasar (*subgrade*) dan bebas dari masalah penurunan (*settlement*). jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai $n_{spt} \leq 4$, maka harus tidak boleh termasuk dalam lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan sebesar 5%.
- b. daya dukung tanah dasar yang ditentukan dengan metoda tertentu, seperti astm d 1196 (uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) harus tidak boleh kurang dari 70 mn/m^2 pada permukaan tanah pondasi daerah galian. apabila nilai k_{30} kurang dari 70 mn/m^2 , maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

Persyaratan teknis badan jalan

1. Konstruksi badan jalan
 - a. Harus mampu menerima beban kereta api serta stabil terhadap bahaya kelongsoran.
 - b. Stabilitas lereng badan jalan yang dilambangkan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng. Nilai minimal 1,5 untuk beban stasis dan 1,1 untuk beban gempa.
 - c. Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari semua beban di atasnya. Seperti beban kereta api, konstruksi jalan rel bagian atas, dan beban tanah timbunan.
2. Konstruksi badan jalan pada timbunan
 - a. Material timbunan mudah dipadatkan, stabil saat menerima beban kereta api, curah hujan, gempa, serta mampu dari penurunan yang berlebihan.
 - b. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan ASTM D 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 minimal 6% pada contoh tanah terendam yang dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum yang didapatkan dari ASTM atau SNI 031742-1989.
 - c. Ketebalan minimum dari bagian atas timbunan 1 m dan wajib material yang lebih bagus dari bagian bawah timbunan. Pada

kaki lereng harus ada berm dengan lebar minimum 1,5 m dengan kemiringan 5%.



Sumber: PM 60 Tahun 2012

Gambar III. 1 kemiringan berm

- d. Kemiringan subgrade harus miring ke arah luar sebesar 5%.
 - e. Apabila penurunan sisa (residual settlement) tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan di atas timbunan lebih dari 20 cm maka tanah dasar harus diperbaiki.
 - f. Bagian bawah lapis dasar minimal 0,75 m diatas elevasi muka air tanah tertinggi.
 - g. Apabila tinggi timbunan lebih dari 6 m, maka setiap kelipatan 6m harus ada berm sebesar 1,5 m.
3. Penghubung timbunan dengan struktur
Bagian dari timbunan yang mendekati struktur harus terhindar dari differential settlement). Stabilitas dengan batu pecah, terak pecah, tanah, semen dan lain – lain direkomendasikan sebagai material untuk blok yang menghampiri struktur (approach blok).
 4. Konstruksi badan jalan pada daerah galian atau tanah asli, maka tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah yang tidak stabil atau kestabilan rendah, kemiringan tanah dasar harus miring 5%, tanah dasar minimal 0,75 m diatas elevasi muka air tertinggi, dan apabila galian lebih dari 6 m. setiap kelipatan 6 m harus ditambah berm dengan lebar 1,5 m.
 - a. Perbaiki tanah untuk konstruksi badan jalan tidak cukup kuat dan penurunan yang terjadi akan melebihi persyaratan dan timbunan

tidak cukup stabil. Syarat penurunan sissa yang diijinkan maksimal 10 m.

5. Proteksi lereng harus dibuat untuk menghindari terjadinya erosi. Untuk metode proteksi pada timbunan dapat dilakuakn dengan metode vegetasi. Metode lain dapat dipertimbangkan apabila dilihat dari sisi material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain dengan syarat yang telah ditentukan untuk ketebalan top soil minimal 10 cm.
6. Badan jalan dibedakan menjadi dua yaitu: badan jalan daerah timbunan (tana dasar, tanah timbunan, sub grade) dan badan jalan daerah galian (tanah dasar dan subgrade). Dengan persyaratannya yaitu: tanah dasar harus mampu memikul lapisan dasar (subgrade) serta bebas dari masalah penurunan (settlement). Apabila $N-SPT \leq 4$, maka tidak boleh masuk ke lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan dalam kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus memiliki kemiringan kea rah luar badan jalan sebesar 5%. Untuk daya dukung yang menggunakan metode tertentu, seperti ASTM S 1196 (uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) tidak boleh $< 70 \text{ MN/m}^2$ pada permukaan tanah dengan pondasi galian. Apabila nilainya kurang dari 70 MN/m^2 , maka tanah tersebut harus diperbaiki dengan metode sesuai. Tanah dasar dari timbunan harus memenuhi persyaratan:
 - a. Tanah yang digunakan tidak boleh mengandung material bahan-bahan organik, gambut dan tanah mengembang.
 - b. Kepadatan tanah timbunan tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 6% pada uji dalam kondisi terendam.

Sedangkan lapis tanah dasar harus memenuhi persyaratan yaitu:

- a. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik, gambut dan tanah mengembang.
- b. Material lapis dasar (subgrade) tidak boleh kurang dari 95% saat kepadatan kering maksimum dan minimum nilai CBR 8% saat uji dalam kondisi terendam.

- c. Lapis dasar haruslah lapisan tanah yang seragam dan memiliki cukup daya dukung. Kekuatan CBR material lapis dasar yang di tentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 03-1744-1989 haruslah tidak kurang dari 8% pada contoh tanah yang telah didapatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 031742-1989.
- d. Lapis dasar harus mampu menopang jalan rel dengan aman serta elastisitas pada rel. Lapis dasar harus menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Untuk jarak minimum 0,75 m di atas muka air tanah tertinggi.
- e. Dalam hal lapis dasar ini terletak pada tanah asli atau tanah galian, maka diperlukan lapisan drainase dengan Ketebalan standar minimal 15 cm.
- f. ketebalan lapisan dasar yaitu minimum 30 cm untuk menghindari mud pumping akibat perubahan pada tanah isiaan atau tanah pondasi. Lebar lapisan dasar harus sama dengan lebar badan jalan. Serta kemiringan lapisan dasar 5% kearah luar.

D. Keselamatan Perkeretaapian

Berdasarkan PM 24 Tahun 2015 Tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian, Standar keselamatan adalah ketentuan yang digunakan sebagai acuan agar terhindar dari risiko kecelakaan. Untuk keselamatan perjalanan kereta api, penyelenggara prasarana perkeretaapian harus melakukan pengontrolan jalur kereta api secara berkala. Paling sedikit dua kali dalam 24 jam.

Dalam rangka melaksanakan amanah Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 24 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian, maka untuk mempertahankan kehandalan jalur kereta api agar tetap laik operasi, penyelenggara prasarana perkeretaapian wajib melakukan perawatan jalur dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. perawatan harus dilaksanakan oleh tenaga yang mempunyai kompetensi/keahlian di bidang perawatan jalur kereta api yang

- dibuktikan dengan sertifikat kecakapan/keahlian yang dikeluarkan oleh Pemerintah (Dirjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan);
- b. perawatan harus menggunakan peralatan perawatan sesuai ketentuan;
 - c. perawatan harus dilaksanakan sesuai dengan SOP perawatan;
 - d. perawatan dilaksanakan secara berkala yang meliputi perawatan harian, perawatan bulanan, dan perawatan tahunan, atau
 - e. perawatan dilaksanakan untuk mengembalikan pada fungsinya, misalnya adanya kerusakan jalur kereta api karena adanya bencana alam dan lain – lain.

Selanjutnya berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 69 Tahun 2018 Tentang Sistem Manajemen Keselamatan Perkeretaapian, telah disebutkan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan Perkeretaapian yang selanjutnya disingkat SMKP adalah bagian dari sistem manajemen penyelenggara perkeretaapian secara keseluruhan dalam rangka meningkatkan keselamatan perkeretaapian.

Adapun tujuan Penyusunan dan penerapan SMKP yaitu untuk:

- a. meningkatkan Keselamatan Perkeretaapian yang terencana, terstruktur, terukur dan terintegrasi;
- b. mencegah terjadinya Insiden dan/atau Kecelakaan Kereta Api; dan
- c. menciptakan tempat dan lingkungan kerja SDM Perkeretaapian yang selamat, aman, nyaman, dan efisien.

Selanjutnya untuk mencapai tujuan diterapkannya SMKA maka setiap Penyelenggara Perkeretaapian wajib menyusun, menerapkan dan menyampaikan laporan penerapan SMKP meliputi:

- a. penetapan kebijakan Keselamatan Perkeretaapian;
- b. perencanaan Keselamatan Perkeretaapian;
- c. pelaksanaan rencana Keselamatan Perkeretaapian;
- d. pemantauan dan evaluasi kinerja Keselamatan Perkeretaapian; dan
- e. peninjauan dan peningkatan kinerja SMKP.

E. Data Tanah

Data tanah dibutuhkan untuk perencanaan perencanaan badan jalan kereta api. Data tersebut dapat diperoleh dengan melakukan penyelidikan tanah secara langsung dan uji laboratorium

1. Penyelidikan tanah di lapangan:

- a) Bor tanah interval jarak 200 m untuk tanah yang sejenis, namun dapat disesuaikan apabila tanahnya bervariasi secara datar. Kedalaman boran minimum yaitu sedalam tinggi timbunan yang diukur dari elevasi permukaan tanah asli.
- b) CBR (*California Bearing Ratio*) atau Plate Bearing Test. Dilakukannya pengeboran di beberapa titik. Bersamaan dengan uji coba tersebut diambil sampel tanah terganggu untuk tes klasifikasi untuk mengetahui sifat tanah. Serta dilakukan perbaikan tanah apabila diperlukan menggunakan metode ASTM D. 1883.
- c) *Portable Cone Penetrometer* yaitu di beberapa tempat dilaksanakan test CBR/ *Plate Bearing Test*, untuk menganalisis semua data sehingga apabila akan dilaksanakan perencanaan atau perbaikan kedepannya akan lebih mudah.

2. Penyelidikan tanah di laboratorium yaitu:

- a) Berdasarkan sifat – sifat karakteristik:
 - 1) Gradasi yaitu pemeriksaan tanah menggunakan analisis saringan dan analisis hydrometer dengan metode ASTM D. 422.
 - 2) Batas – batas Atterberg, meliputi batas cair, plastis dan susut menggunakan metode ASTM D. 423 dan D. 424.
- b) Berdasarkan sifat – sifat fisik
 - 1) Kohesi (C) dan sudut geser (ϕ) penyelidikan dengan alat Triaxial atau Direct Shear berdasarkan metode ASTM D.2580 dan D. 3080.
 - 2) q_u dan sensitivitas (s_t) penyelidikan dengan alat Uncuonfined Compression test berdasarkan metode ASTM D. 2166.
Modulus Elastisitas (E) penyelidikan dengan alat uji modulus elastisitas berdasarkan metode ASTM D. 2435.
- c) Berdasarkan Sifat – sifat lainnya:

- 1) Koefisien kompresi (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v), yang diperoleh dengan metode ASTM D. 2435
- 2) Koefisien permeabilitas (k) diperoleh dari test dengan metode ASTM D. 2434.
- d) Pada tanah timbunan, pemeriksaan tanah yang terganggu yaitu:
 - 1) Berat jenis
 - 2) Gradasi
 - 3) Batas – batas *Atterberg*
 - 4) Pemadatan untuk mengetahui gambar lengkung berdasarkan metode ASTM D.689
 - 5) CBR terendam dan tidak terendam
 - 6) Daya Dukung Tanah Dasar
 - a) Tanah dasar harus mempunyai daya dukung yang cukup. Kekuatan minimum untuk tanah dasar yaitu 8% berdasarkan CBR (ASTM D. 1883).
 - b) Tebal tanah dasar yaitu minimum 30 cm.
 - c) Untuk menghindari pengotoran balas akibat terisapnya lumpur kedalam balas, maka tanah dasar harus memenuhi persyaratan tertentu.

F. Jenis Tanah

Tanah merupakan campuran partikel partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis yaitu:

1. Berangkal (*boulders*), potongan batu yang besar, biasanya lebih dari 250 mm – 300 mm.
2. Krikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm – 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm – 5 mm. untuk yang halus kurang dari 1 mm dan kasr 3-5 mm.
4. Lanau (*silt*), partikel batuan yang berukuran 0,002 mm – 0,074 mm.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran kurang dari 0,002 mm. partikel ini sumber utama dari kohesi pada tanah kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral diam berukuran kurang dari 0,001 mm.

G. Metode perbaikan amblesan pada jalur kereta api

Amblesan terbagi menjadi tiga yaitu penurunan langsung, penurunan akibat konsolidasi, dan penurunan perlahan – lahan (Hendrayana 2002). Penurunan langsung yaitu penurunan secara langsung pada saat gaya dari luar bekerja termasuk perubahan elastis dari tanah tersebut. Tanah kohesif atau lempung yang mengalami gesekan didalamnya yaitu ada nilai kohesi dan sudut geser dalam seperti jenis tanah lanau akan terjadi penurunan karena konsolidasi. Untuk mengatasi amblesan terdiri dari beberapa cara yaitu:

1. Perbaikan dengan penggantian tanah dasar

Metode ini dengan mengganti tanah dasar atau tanah asli dengan tanah yang memiliki daya dukung terhadap beban yang lebih tinggi.

2. Perbaikan dengan metode grouting

3. Dalam prinsipnya yaitu dengan cara menginjeksi bahan penguat (grouting) ke dalam tanah.

4. Turap (*sheet pile*)

Metode sheet pile merupakan konstruksi dari dinding penahan tanah pada lereng. Sheet pile tidak efektif untuk menahan massa longsor yang besar, karena modulus perlawanannya yang kecil. Namun dapat diatasi dengan pemasangan ganda. Sheet pile terdiri dari sheet pile kayu, sheet pile beton dan sheet pile baja.

5. Bronjong

Metode bronjong terdiri dari batu – batu yang diisi kedalam jaring berbentuk persegi panjang yang terbuat dari kawat besi yang berfungsi untuk menstabilkan tanah dan mencegah erosi. Bronjong memiliki ukuran 80 mm x 100 mm atau 100 mm x 120 mm dengan kawat anyaman 2,7 mm atau 3 mm, kawat sisi 3,4 mm – 4 mm, kawat pengikat 2 mm.

6. *Bore pile*

Pondasi tiang bor merupakan pondasi dalam dan berbentuk seperti tabung. Untuk diameter serta kedalaman dari bore pile dapat disesuaikan

dengan kondisi di lapangan. Pondasi ini mirip dengan tiang pancang. Namun, hanya berbeda pada cara pemasangannya

7. Tiang pancang

Pondasi tiang pancang biasanya digunakan untuk struktur tanah mempunyai karakteristik labil atau bergeser. Tiang pancang juga sering digunakan apabila terdapat sebuah drainase di bawah tanah.

H. Nilai Parameter Tanah

Dalam penelitian ini digunakan metode geolistik untuk mengetahui jenis tanah yang terjadi amblesan. Untuk penanganan daerah amblesan diperlukan data – data tanah yaitu nilai sudut geser (ϕ), berat isi tanah (γ), nilai kohesi (C), dan faktor keamanan (FK).

1. Berat isi tanah (γ)

Besar berat isi dan berat jenis pada berbagai lahan yaitu:

- a) Lanau lempung berwarna coklat kehitaman, konsistensi lunak, beberapa tempat mengandung organik dengan berat isi tanah asli 1,575 – 1,715 gr/cm³.
- b) Satuan pasir lanauan, pelapukan dari batu lempung memiliki konsistensi teguh, plastisitas tinggi, permeabilitas rendah. Dengan berat isi tanah asli 1,660 gr/cm³ dan berat jenis 2,65 gr/cm³.
- c) Satuan Breksi Vulkanik, bersifat keras. Tanah pelapukan berupa lanau lempungan, mengandung pasir halus, warna coklat kemerahan, plastisitas rendah, permeabilitas rendah, konsistensi teguh. Berat isi 1,49 gr/cm³ dan berat jenis 2,72 gr/cm³.
- d) Satuan basal, batuan beku berbentuk retas atau retas lempengan. Batu tersebut bersifat keras dan beberapa mengalami pelapukan sempurna. Tanah pelapukannya lempung lanau berwarna coklat kemerahan, plastisitas sedang, permeabilitas sedang, konsistensi teguh dengan berat isi asli 1,57 gr/cm³ dan berat jenis 2,67 gr/cm³.

2. Sudut geser dalam (ϕ)

Hubungan antara sudut geser dengan tanah yaitu:

Tabel III. 1 Sudut Geser Dalam

Jenis tanah	Sudut geser dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Sumber: Buku Mekanika Tanah Braja M. Das Jilid II

I. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan agar bangunan dapat berdiri stabil dan tidak terjadi penurunan (*settlement*) yang terlalu besar. Maka pondasi bangunan harus mencapai kedalaman tanah yang keras. Untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah padat serta kapasitas daya dukung tanah dan pondasi yang diizinkan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah. Adapun metode penyelidikan tanah yaitu:

1. Metode Bor Log

Bor log merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi tanah dari setiap layernya. Untuk standar yang ditetapkan untuk pengujian ini yaitu SPT atau Standart Penetration Test. Untuk proses pengujiannya yaitu:

a. Pengeboran

Pengeboran dilaksanakan menggunakan mesin bor *hydraulic* dengan sistem yang digunakan *rotary drilling*.

b. Uji penetrasi standar

Dilakukan pada lubang bor dengan interval 2,0 m.

c. Pengukuran muka air

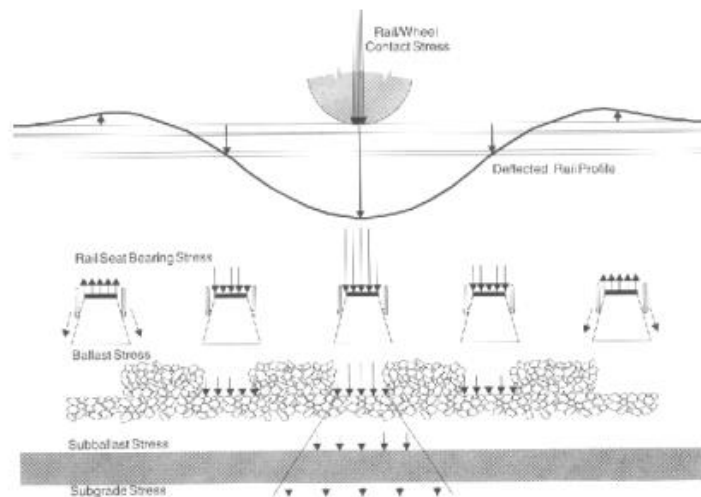
Pengukuran muka air tanah dilakukan pada masing – masing lubang bor setelah pengeboran 24 jam.

2. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat – sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya dari permukaan bumi. Prinsip kerja dari metode geolistrik ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektoda arus. Beda potensial diukur dari dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran tersebut dapat ditentukan variasi harga tahanan masing – masing lapisan di bawah titik ukur.

J. Beban dan Gaya Pada Rel

Pembebanan dan pergerakan pada jalan rel menimbulkan gaya pada rel. adapapun gaya – gaya yang bekerja yaitu gaya vertikal, gaya transversal, dan gaya longitudinal. Untuk pembebanan vertikal dipengaruhi oleh lokomotif, kereta dan gerbong. Gaya transversal gaya ini disebabkan oleh gaya sentrifugal (gaya yang ada Ketika berada di lengkung), gerakana snake motion dan ketidakrataan jalan rel. dan untuk gaya longitudinal merupakan gaya adhesi akibat gesekana roda dengan kepala rel dan pengereman roda terhadap wesel.



Sumber: Buku Jalan Rel

Gambar III. 2 Skema Beban Yang bekerja Pada Komponen jalan Rel