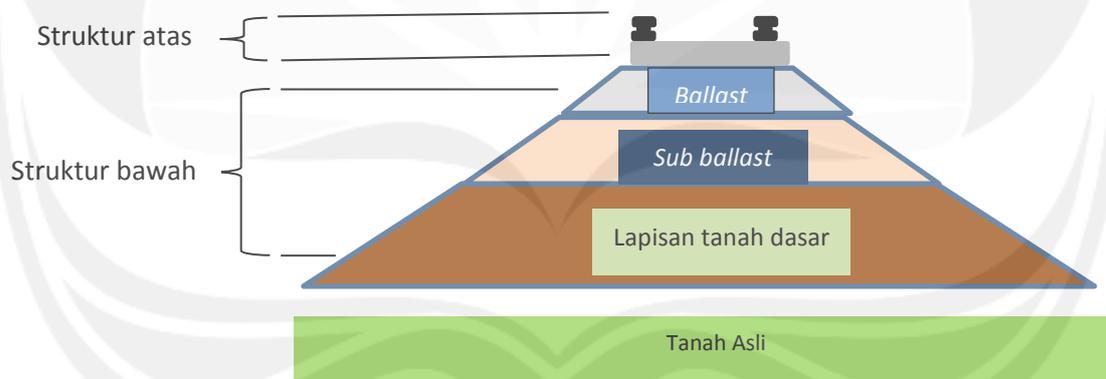


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Struktur Jalur Kereta Api

Perencanaan struktur jalur kereta api tercantum dalam Peraturan Menteri No. 60, Tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur Kereta Api yang terdiri dari komponen-komponen penyusunnya struktur bagian atas pada Gambar 3.4 dan struktur bagian bawah.



Gambar 3.4
Gambar Melintang Badan Jalan Kereta Api
(Sumber: Penulis)

Perencanaan jalur ini harus direncanakan agar dapat dipertanggung jawabkan secara ekonomis and praktis sesuai dengan persyaratan teknisnya. Secara ekonomis, dilihat dari biaya pemeliharaan dengan harga yang seminimal mungkin, namun dengan kualitas yang baik. Secara teknis dapat diartikan, jalur

kereta tersebut harus aman untuk dilalui oleh kereta api dengan tingkat kenyamanan sesuai dengan umur konstruksinya (PM. 60, 2012: 2).

3.1.1 Struktur Bagian Atas

Struktur ini merupakan bagian paling atas yang terdiri dari rel dan juga bantalan. Bagian ini berada di atas *ballast*. Menurut Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012, konstruksi bagian atas memiliki beberapa persyaratan teknis, yaitu persyaratan ruang bebas, beban gandar, geometri dan frekuensi (PM. 60, 2012: 5). Struktur bagian atas memiliki beberapa bagian yang terdiri dari ;

1. Rel

Jarak antar rel (lebar jalan rel) di Indonesia, khususnya di pulau Jawa, dan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah yang berjarak 1067 mm, dan tipe rel yang digunakan adalah tipe R 54.

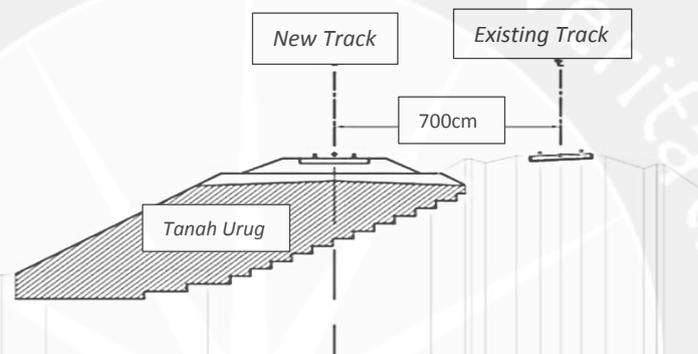
2. Bantalan

Bantalan dapat terbuat dari beton, besi/ baja, maupun dari kayu, yang dapat disesuaikan dengan kelas, ketersediaan bahan, maupun kondisi di lapangan. Bantalan ini berfungsi untuk meneruskan berat konstruksi dan beban kereta api ke balas dengan tingkat tekanan (tegangan) yang lebih kecil dan merata (PM. 60, 2012: 16). Ukuran bantalan yang digunakan pada penelitian dalam tugas akhir ini berasal dari PT. Bina Sarana Dirgantara dengan ukuran sebagai berikut ;

Tabel 3.5
Ukuran Bantalan PT. WIKA Beton

Panjang	2000 mm
---------	---------

Lebar ujung dasar	265 mm
Tinggi ujung	220 mm
Luas total permukaan dasar	4800 cm ²
Volume total bantalan	0.083 m ³
Berat total bantalan	200 kg



Gambar 3.5

Gambar Melintang Badan Jalan Kereta Api Lama dan Badan Jalan Kereta Api Baru
(sumber: Data Lapangan PT. Karya Putra Yasa)

3.1.2 Struktur Bawah

Struktur bagian bawah berdasarkan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 harus memenuhi persyaratan daya dukung dan stabilitas. Komponen penyusun struktur bagian bawah jalan rel secara umum terdiri dari ;

1. Lapisan Atas (*ballast*)

Material balas yang dipilih memiliki klasifikasi batu yang bersudut, keras, bergradasi sama, pecah, tidak pipih, dan juga bebas dari debu dan kotoran. Batu yang dipakai biasanya merupakan batu jenis split ukuran 2/3.

2. Lapisan Bawah (*subballast*)

Lapisan bawah berguna mengurangi tekanan di bawah *ballast* sehingga dapat di distribusikan kepada lapisan tanah dasar dan harus memiliki tebal minimum lapisan bawah adalah 15 cm. Untuk menentukan lapisan bawah (*subballast*) dapat menggunakan rumus pada Peraturan Dinas No.10 (1986) adalah sebagai berikut ;

$$d = \frac{1.35 \sqrt{58 \times \sigma_1}}{\sigma_t} - 10 \quad (3.1)$$

$$d2 = d - d1 > 15\text{cm}$$

Dimana :

σ_1 = Momen bagian bawah rel

σ_t = Modulus elastisitas beton

d = Tebal total *ballast*

$d1$ = Tebal lapisan *ballast* atas

$d2$ = Tebal lapisan *ballast* bawah

3. Lapisan Tanah Dasar

Lapisan ini tidak boleh mengandung material organik, gambut, dan tanah mengembang. Ketebalan minimum lapisan tanah dasar harus 30 cm untuk mencegah terjadinya *mud pumping*. Perhitungan tersebut menggunakan rumus kuat dukung ultimit pondasi dan beban membebani tanah dasar yang meliputi beban tekan terhadap *ballast*, berat volume

ballast, berat volume *sub ballast*, dan berat volume tanah dasar. Berikut rumus tentang perhitungan kuat dukung tanah :

a. Perhitungan Kuat Dukung Pondasi Ultimit

Perhitungan ini menggunakan metode perbandingan 1 : 1. Tinggi timbunan struktur jalan rel sendiri meliputi tinggi lapisan dasar, lapisan bawah (*sub ballast*) dan lapisan atas (*ballast*) dengan kedalaman ujung konus. Rumus yang digunakan untuk menentukan kekuatan daya dukung ultimit pondasi yang menggunakan data soundir adalah sebagai berikut ;

Dimana :

q_{ult} = Daya dukung ultimit pondasi

q_c = Tahanan ujung konus

10 = Luas ujung konus (cm²)

b. Menghitung Beban Yang Membebani Tanah Dasar

Penghitungan ini menggunakan rumus dari Pangestu (1982) untuk mendapatkan nilai beban yang membebani tanah dasar. Rumus tersebut sebagai berikut ;

1) Beban Tekan Terhadap *Ballast*

Perhitungan beban tekan ballast dapat dilakukan dengan rumus seperti berikut ;

$$p = \frac{Q}{L_{\text{alas bantalan}}} \quad (3.3)$$

Dimana :

p = Beban tekan terhadap *ballast*

Q = Beban tekan bantalan

L = Luas alas bantalan

2) Menghitung Beban Tekan Bantalan (Q)

$$Q = \lambda \times a \times Pd \quad (3.4)$$

Dimana :

λ = *Dumping factor*

a = Jarak antar bantalan

Pd = Beban dinamis

3) Menghitung *Dumping Factor* (λ)

$$\lambda = \frac{4}{\sqrt{4 \times EI}} \quad (3.5)$$

Dimana :

f = Kekakuan jalan rel

EI = Modulus elastisitas

4) Menghitung Beban Dinamis (Pd)

$$Pd = [1 + 0,01 \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) Ps] \quad (3.6)$$

Dimana :

V = Kecepatan rencana

P_s = Setengah nilai beban gandar

5) Perhitungan Berat Volume *Ballast*

$$\text{Berat volume ballast} = \gamma \times \text{tinggi rencana ballast} \quad (3.7)$$

Dimana :

γ = Berat uji *ballast*

Tinggi rencana *ballast* = Tinggi *ballast*

6) Perhitungan Berat Volume *Subballast*

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan berat volume *subballast* ketika dalam keadaan basah, sehingga dikalikan terlebih dahulu dengan kadar air pada saat pengujian, dan rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Berat basah} = \gamma \times 1 + \frac{w}{100} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat volume subballast} = \gamma \times \text{tinggi rencana subballast}$$

Dimana :

w = Kadar air

γ = Berat uji *subballast*

Tinggi rencana *subballast* = Tinggi *subballast*

7) Perhitungan Berat Volume Tanah Timbunan

Perhitungan ini dilakukan pada tanah dalam keadaan basah, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{Berat\ basah = \gamma \times 1 + \frac{w}{100}} \quad (3.9)$$

$$\mathbf{Berat\ volume\ tanah = \gamma \times\ tinggi\ rencana\ tanah}$$

Dimana :

w = Kadar air

γ = Berat uji tanah

Tinggi rencana tanah = Tinggi tanah

8) Penghitungan Angka Aman

Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{Perhitungan\ angka\ aman = \frac{q_{ult}}{P_{tot}} > SF} \quad (4.0)$$

Dimana :

q_{ult} = Daya dukung pondasi ultimit

P_{tot} = Beban total

SF = Angka aman

9) Metode Perbaikan Tanah

Metode perbaikan tanah adalah suatu pekerjaan yang memperbaiki tingkat daya dukung tanah yang kurang,

menggunakan metode tertentu, misalnya pada penelitian ini menggunakan kayu pancang jenis dolken. Setelah melakukan perhitungan angka aman dan hasilnya kurang dari angka aman, maka diperlukan perbaikan tanah. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Rahardjo, 2008) :

$$q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHP \times K}{5}$$

Dimana :

q_{ijin} = Daya dukung ijin tanah

A_p = Luas tampang tiang

JHP = Nilai hambatan lekat

K = Keliling tiang

q_c = Tahanan ujung konus

Setelah mendapatkan nilai daya dukung ijin tanah dibandingkan dengan total beban yang membebani tanah dasar, jika daya dukung ijin tanah lebih besar, maka perbaikan dinyatakan berhasil.

$$q_{ijin} > P_{tot} \quad (4.2)$$

Dimana :