

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Peraturan Pemerintah No. 15/2005 tentang Jalan Tol pasal 1). Tujuan penyelenggaraan jalan tol adalah memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan dan meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.

Jalan tol Pandaan – Malang adalah jalan tol yang terbentang sepanjang 38,48 km. Pembangunan jalan tol Pandaan – Malang yang merupakan terusan dari jalan tol Surabaya – Pandaan, bertujuan untuk mempercepat waktu tempuh antara kota Surabaya dan kota Malang, meningkatkan kenyamanan pengguna jalan dan memperlancar arus bisnis perdagangan antara kota Surabaya dan kota Malang khususnya.

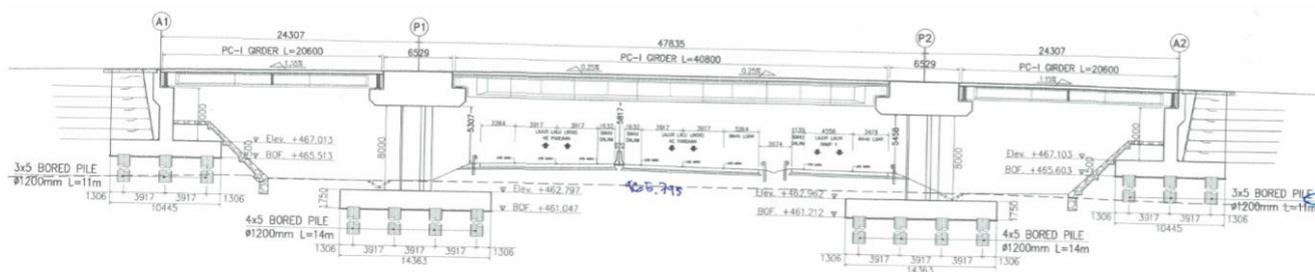
Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang STA 0+000 sampai dengan STA 38+488 dibangun oleh PT. Jasa Marga Pandaan – Malang. Ruas jalan sepanjang 38,48 km ini dibagi menjadi 5 seksi yaitu:

- Seksi 1: Pandaan – Purwodadi (STA 0+000 – STA 15+475)

- Seksi 2 : Purwodadi – Lawang (STA 15+475 – STA 23+525)
- Seksi 3: Lawang – Paksi I (STA 23+525 – STA 30+625)
- Seksi 4: Paksi I – Pakis II (STA 30+625 – STA 35+375)
- Seksi 5: Pakis II – Sawojajar (STA 35+375 – STA 38+488)

Pengerjaan pembangunan jalan tol Pandaan – Malang oleh PT. Jasa Marga Pandaan – Malang, memutuskan bahwa kontraktor pelaksana proyek adalah PT. PP (Persero), Tbk.

Secara umum urutan pekerjaannya adalah pekerjaan *sub structure* (pondasi, pekerjaan *pile cap*, pekerjaan *pier*) dan *upper structure* (pekerjaan *pierhead* dan pekerjaan *girder*). Lingkup pekerjaan yang penulis amati adalah konstruksi *Under Bridge*, khususnya bangunan struktur bawah (*sub structure*) pada *Under Bridge* Asrikaton STA 35+380.



**Gambar 2.1** Potongan memanjang *Under Bridge* Asrikaton

## 2.2 Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju tanah dasar. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari:

## 1. Pondasi

Pondasi jembatan merupakan konstruksi jembatan yang terletak paling bawah dan berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke lapisan tanah keras yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

### 2. *Pile Cap*

*Pile cap* merupakan bagian dari struktur bawah bangunan yang berfungsi sebagai pengikat tiang pancang atau *bore pile* yang sudah tertanam sehingga dapat menjadi satu kesatuan dan dapat menyalurkan beban secara merata tidak hanya kepada satu tiang pancang atau *bore pile* saja. *Pile cap* juga berfungsi sebagai penahan gaya geser terhadap beban yang ada.

### 3. *Abutment* atau *Footing*

*Abutment* atau *footing* adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan tekanan tanah lateral yang kemudian diteruskan ke pondasi.

### 4. *Pier* atau Pilar

*Pier* atau Pilar adalah salah satu konstruksi bangunan bawah jembatan yang terletak diantara dua *abutment* yang juga berfungsi sebagai penahan beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

## 2.2.1 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan

harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi merata lebih dari batas tertentu.

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi.

Untuk memilih pondasi memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Bila keadaan tersebut ikut dipertimbangkan dalam menentukan macam pondasi, hal-hal berikut ini perlu dipertimbangkan:

- a. Keadaan tanah pondasi.
- b. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*).
- c. Batasan-batasan dari sekelilingnya.
- d. Waktu dan biaya pekerjaan.

Pondasi bangunan biasa dibedakan sebagai pondasi dangkal (*shallow foundations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*), tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dengan lebar pondasi dan secara umum digunakan patokan:

- a. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ), maka disebut pondasi dangkal.

- b. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ( $D > 5B$ ), maka disebut pondasi dalam.

Kedalaman suatu pondasi menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. Berdasarkan tingkat kedalaman pemancangan pondasi pada kedalaman tanah, maka pondasi dapat dibagi menjadi dua (Hardiyatmo, 2002), yaitu:

1. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*)

Pondasi dangkal ialah pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti:

a. Pondasi Memanjang

Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung kolom sederhana yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain (Gambar 2.2a).

b. Pondasi Telapak

Pondasi telapak merupakan pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom (Gambar 2.2b).

c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi rakit merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berimpit satu sama lain. Jenis pondasi ini umumnya berlaku untuk tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang sangat kecil (Gambar 2.2c).

## 2. Pondasi Dalam (*Deep Foundations*)

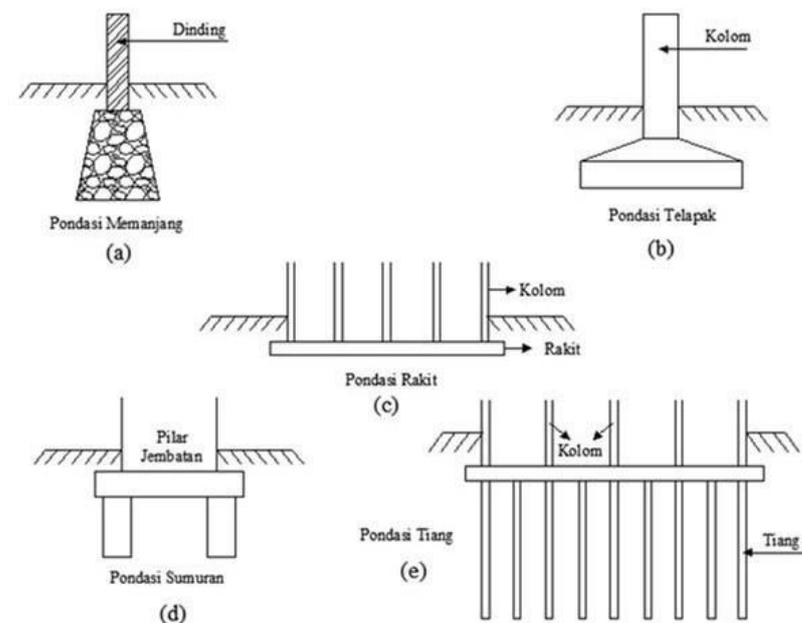
Pondasi dalam ialah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang terletak pada kedalaman yang sangat dalam, seperti:

### a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundations*)

Pondasi ini merupakan peralihan antar pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebarnya ( $B$ ) lebih besar dari 4 sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$  (Gambar 2.2d).

### b. Pondasi Tiang (*Pile Foundations*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991). (Gambar 2.2e).



**Gambar 2.2** Macam-Macam Pondasi

### **2.2.1.1 Pondasi Tiang (*Pile Foundations*)**

Pondasi tiang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban permukaan ke tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Beban terdistribusi sebagai beban vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang (Bowles, 1991).

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles, 1991).

### **2.2.1.2 Klasifikasi Pondasi Tiang**

Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas (Hardiyatmo, 2010):

1. Tiang Pancang (*Driven Pile*)

Tiang yang dipasang dengan cara membuat bahan berbentuk bulat atau bujur sangkar memanjang yang dicekat lebih dulu dan kemudian dipancang atau ditekan kedalam tanah.

2. Tiang Bor (*Drilled Shaft*)

Tiang yang dipasang dengan cara mengebor tanah lebih dulu sampai kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja dimasukkan kedalam lubang bor dan kemudian diisi/dicor dengan beton.

3. Kaison (*Caisson*)

Kaison merupakan suatu bentuk kotak atau silinder telah dicetak lebih dulu dimasukkan kedalam tanah, pada kedalaman tertentu kemudian diisi beton, kadang-kadang kaison juga disebut tiang bor yang berdiameter/lebar besar sehingga kadang-kadang membingungkan dalam penyebutan.

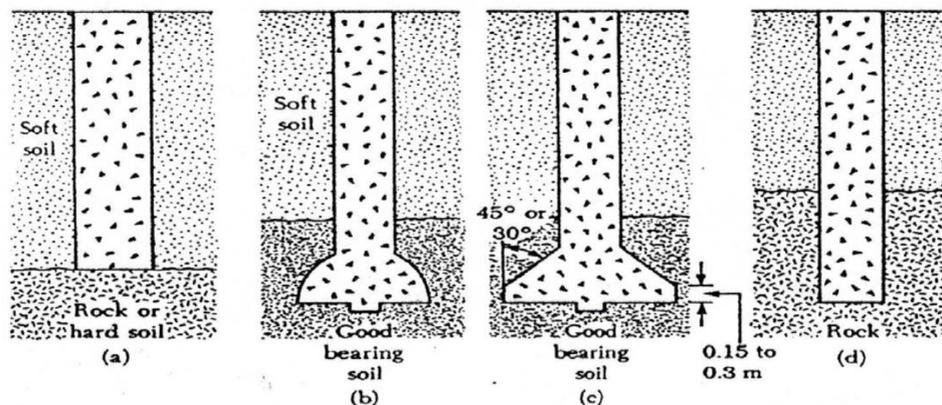
### **2.2.1.3 Pondasi Tiang Bor (*Bore Pile*)**

Pondasi *bore pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hary Christiady Hardiyatmo, 2010). Pemasangan pondasi *bore pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor terlebih dahulu, kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

### 2.2.1.4 Jenis-Jenis Pondasi *Bore Pile*

Menurut (Braja M. Das, 1941), pondasi *bore pile* mempunyai empat jenis, diantaranya:

- Bore pile* lurus untuk tanah keras.
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
- Bore pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.



**Gambar 2.3** Jenis-Jenis Pondasi *Bore Pile*

### 2.2.1.5 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bore Pile*

Metode pelaksanaan pondasi *bore pile* ada 3 macam, yaitu metode kering, metode basah dan metode *casing*. Berikut penjelasan perbedaan metode yang digunakan pada pelaksanaan pondasi *bore pile*:

#### 1. Metode Kering

Metode kering cocok digunakan pada tanah diatas muka air tanah yang ketika di bor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku homogen. Metode kering dapat dilakukan pada tanah di bawah muka air tanah, jika tanahnya

mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka. Pada metode kering, lubang dibuat menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung tanpa *casing*. Dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan, tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian dicor.

## 2. Metode Basah

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan lempung atau larutan polimer, jadi pengeboran dilakukan dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite* (*polymer*). Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa tremi, larutan *bentonite* akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.

## 3. Metode *Casing*

Metode digunakan jika lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah dilokasi adalah pasir bersih di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang bor tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan. Sebelum sampai menembus muka air tanah pipa selubung dimasukkan. Tanah di dalam pipa

selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan. Kemudian lubang bor dibersihkan kemudian tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang (bila pembuatan lubang digunakan larutan, maka untuk pengecoran digunakan pipa tremi). Pipa selubung ditarik keatas, namun terkadang pipa selubung ditinggalkan di tempat.

#### **2.2.1.6 Keuntungan Pondasi *Bore Pile***

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *bore pile* dibandingkan dengan tiang pancang, yaitu:

- Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran membahayakan bangunan sekitar.
- Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- *Bore pile* dapat dipasang menembus batuan, sedangkan tiang pancang kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
- Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
- Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.

#### **2.2.1.7 Kerugian Pondasi *Bore Pile***

Adapun kerugian penggunaan pondasi *bore pile*, diantaranya:

- Pengeboran dan pengecoran *bore pile* dipengaruhi kondisi cuaca.

- Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragaman di sepanjang badan *bore pile* mengurangi kapasitas dukung *bore pile*, terutama bila *bore pile* cukup dalam.
- Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
- Akan terjadi runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang *temporary casing* untuk mencegah terjadinya kelongsoran.
- Membutuhkan material beton yang cukup banyak, penggunaan *bore pile* dinilai lebih boros.

### 2.3 Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan (*Upper Structure*) adalah bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menahan beban-beban hidup (bergerak) yang bekerja pada konstruksi bagian atas ditimbulkan oleh arus lalu lintas orang dan kendaraan maupun lalu lintas lainnya yang kemudian menyalurkannya kepada bangunan dibawahnya (*sub structure*). Konstruksi bagian atas jembatan terdiri dari:

#### 1. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah seluruh lebar jembatan yang digunakan sebagai jalur lalu lintas. Bahan untuk membuat lantai jembatan dapat dibuat dari beberapa

jenis konstruksi, yaitu:

- Lantai beton bertulang.
- Lantai kayu.

Bahan konstruksi lantai jembatan yang sering digunakan di Indonesia adalah lantai beton bertulang. Hal ini ditinjau dari sudut pelaksanaan dan pemeliharannya lebih mudah, lebih murah, dan lebih kuat serta tingkat keawetannya lebih lama dibandingkan dengan lantai dari kayu.

## 2. Balok Girder (Gelagar Memanjang)

Balok girder atau gelagar memanjang adalah bagian struktur atas yang berfungsi sebagai pendukung lantai kendaraan dan beban lalu lintas yang kemudian meneruskannya ke struktur bawah (tumpuan/andas).

## 3. Diafragma (Gelagar Melintang)

Diafragma atau gelagar melintang adalah pengaku atau pengikat balok girder dan berfungsi untuk mencegah timbulnya *lateral buckling* pada gelagar dan meratakan beban yang diterima oleh gelagar memanjang (balok utama). Gelagar melintang biasanya diletakkan diantara gelagar memanjang pada balok beton dan pada pertemuan antara batang diagonal satu dengan lainnya (buhul) di bagian bawah pada jembatan rangka baja.

## 4. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jembatan adalah bangunan yang dibangun dengan maksud untuk menambah keamanan konstruksi jembatan dan juga pejalan kaki. Bangunan pelengkap biasanya meliputi tiang sandaran (*railing*), saluran pembuang (drainase), lampu jembatan, *joint* (sambungan) dan lain-lain.

## 2.4 Penyelidikan Tanah

Uji penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosif tanah. Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis pondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih alternatif/jenis, kedalaman serta dimensi pondasi yang paling ekonomis tetapi masih aman. ([www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah](http://www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah)).

Agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat. Untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*), dilakukan kegiatan penyelidikan di lapangan (lokasi rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium (Gunawan, 1991). Penyelidikan tanah untuk perancangan pondasi terdiri dari beberapa macam, meliputi:

- Penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*)
- Penyelidikan di lapangan (*standard penetration test*)
- Uji sondir

#### **2.4.1 Penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*)**

Sifat-sifat fisik tanah dapat dipelajari dari hasil uji laboratorium pada contoh-contoh tanah yang diambil dari pengeboran. Hasil-hasil pengujian yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung dan penurunan. Kecuali itu, data laboratorium dapat pula memberikan informasi mengenai besarnya debit air yang mengalir ke dalam lubang galian pondasi, perilaku tanah dalam mengalami tekanan, dan kemungkinan penanggulangan air pada penggalian tanah pondasi.

Perlu diingat bahwa kondisi lapisan tanah di lapangan bervariasi. Karena itu, jumlah contoh tanah yang terlalu sedikit akan memberikan analisis data yang hasilnya meragukan. Secara umum, pengujian di laboratorium yang sering dilakukan untuk perancangan pondasi adalah :

1. Pengujian dari Pengamatan Langsung

Pengujian ini dilakukan untuk mencatat warna, bau, konsistensi dari contoh tanah terganggu dan tak terganggu yang diperoleh dari lapangan.

2. Kadar Air

Pemeriksaan kadar air di lapangan dilakukan pada contoh tanah tak terganggu yang dikirim ke laboratorium. Dengan membandingkan hasil-hasilnya dengan hasil yang diperoleh dari uji batas plastis dan batas cair, dapat disusun program uji kuat geser tanah. Selain itu, karena umumnya tanah lunak berkadar air tinggi, pemeriksaan kadar air berguna untuk meyakinkan kondisi tanah lunak tersebut. Pemeriksaan kadar air, biasanya merupakan bagian dari uji kuat geser tanah.

### 3. Analisis Butiran

Uji analisis ukuran butir tanah dilakukan untuk keperluan klasifikasi. Pengujian dilakukan melalui analisis saringan dan sedimentasi atau analisis hidrometer, untuk memperoleh kurva gradasinya.

### 4. Batas Plastis dan Batas Cair

Pengujian ini dilakukan pada tanah kohesif untuk maksud klasifikasi dan untuk estimasi sifat-sifat teknisnya. Grafik plastisitas dari casagrande dapat digunakan untuk memperkirakan kompresibilitas tanah-tanah lempung dan lanau. Dalam menggunakan grafik plastisitas, perlu diketahui apakah tanah berupa tanah organik atau anorganik, yang biasanya dapat diketahui dari warnanya yang gelap dan baunya seperti tanaman yang busuk bila tanahnya organik. Bila terdapat keragu-raguan mengenai tanah organik ini, uji batas cair dilakukan pada contoh tanah yang telah dipanaskan dalam oven. Jika setelah pengeringan, nilai batas cair tereduksi sampai 30% atau lebih, maka tanah adalah tanah organik.

Prosedur yang umum dipakai adalah dengan melakukan uji batas plastis dan batas cair pada contoh tanah yang dipilih (yang jumlahnya tidak begitu banyak) dari tiap-tiap macam tanah yang mewakili, yang diperoleh dari lubang bor. Dengan membandingkan hasil-hasilnya dan mengplot hasil-hasil tersebut ke dalam grafik plastisitas, variasi macam tanah dapat diklasifikasikan. Dari sini, secara kasar dapat diketahui sifat kompresibilitanya, dan kemudian, pada contoh-contoh tanah yang dipilih, dilakukan percobaan konsolidasi jika dibutuhkan.

### 5. Uji Triaksial

Dalam perancangan pondasi, uji triaksial terbatas hanya dilakukan pada

tanah-tanah lempung, lanau, dan batuan lunak. Umumnya, pengujian ini tidak dilakukan pada tanah pasir dan kerikil, karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu. Walaupun pengambilan contoh tanah pasir sudah diusahakan sangat hati-hati, namun pada pelepasan contoh tanah dari dalam tabung, tanah akan berubah atau terganggu dari kondisi aslinya.

Hal terbaik yang dapat dilakukan hanyalah dengan mengukur berat volumenya, yaitu dengan cara menimbang contoh pasir dalam tabung lalu diukur berat volumenya. Kemudian, pengujian geser dilakukan pada contoh tanah yang dibuat mempunyai berat volume yang sama. Pada tanah pasir, lebih baik jika sudut gesek dalam ( $\phi$ ) secara empiris diukur dari uji lempangan, seperti uji SPT atau uji penetrasi kerucut statis (sondir).

Kuat geser tanah lempung yang digunakan untuk hitungan kapasitas dukung tanah dapat diperoleh dari pengujian triaksial tak terdrainasi (*undrained*).

#### 6. Uji Tekan Bebas

Pengujian ini berguna untuk menentukan kuat geser tak terdrainasi pada tanah lempung jenuh yang tidak mengandung butiran kasar, yang akan digunakan dalam hitungan kapasitas dukung.

#### 7. Uji Geser Kipas

Uji geser kipas lebih banyak dilakukan di lapangan daripada di laboratorium. Namun, uji geser kipas di laboratorium sangat berguna bila tanah sangat sensitif dan lunak yang menyulitkan dalam pemasangan contoh tanah pada waktu dilakukan uji tekan-bebas.

## 8. Uji Konsolidasi

Pengujian ini hanya dilakukan untuk jenis tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau dan digunakan untuk mengukur besarnya penurunan konsolidasi dan kecepatan penurunan. Pengujian dilakukan pada alat oedometer atau konsolidometer. Dari nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) yang dihasilkan, dapat ditentukan kecepatan penurunan bangunannya. Data hubungan beban dan penurunan diperoleh dari penggambaran grafik tekanan terhadap angka pori. Dari sini, dapat diperoleh koefisien perubahan volume ( $m_v$ ) atau indeks pemampatan ( $C_c$ ), yang selanjutnya digunakan untuk menghitung estimasi penurunan akibat beban bangunan.

Uji konsolidasi bisa tidak dilakukan bila tanahnya berupa lempung terkonsolidasi sangat berlebihan (*heavily overconsolidated*). Karena pada jenis tanah lempung tersebut, sepanjang beban yang diterapkan tidak sangat berlebihan, penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

## 9. Uji Permeabilitas

Uji permeabilitas dilakukan pada contoh tanah tak terganggu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang harus dipompa pada penggalian tanah pondasi.

## 10. Analisa Bahan Kimia

Analisa bahan kimia dilakukan untuk mengetahui kemungkinan kandungan bahan kimia dari air tanah yang dapat merusak pondasi beton, turap baja, atau tiang pancang baja. Bila pondasi berupa bahan baja, biasanya cukup dengan menentukan nilai pH dan kandungan klorida pada tanah dan air tanahnya. Untuk

pondasi beton, umumnya perlu ditentukan kandungan sulfatnya dan bila tanah mengandung banyak bahan organik, disarankan untuk menambahkan uji pH dan penentuan presentase kandungan bahan organiknya. (Hardiyatmo, H.C. 2002)

#### **2.4.2 Penyelidikan di lapangan (*standard penetration test*)**

Penyelidikan tanah di lapangan dibutuhkan untuk data perancangan pondasi bangunan-bangunan, seperti: bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, jalan, dermaga, dan lain-lain. Bergantung pada maksud dan tujuannya, penyelidikan dapat dilakukan dengan cara menggali lubang uji (*test-pit*), pengeboran, dan pengujian langsung di lapangan (*in situ test*). Dari data yang diperoleh, sifat-sifat teknis tanah dipelajari, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis daya dukung dan penurunan. Tujuan dari penyelidikan tanah:

1. Menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan perencanaan struktur yang akan dibangun di atasnya.
2. Menentukan kapasitas dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.
3. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi.
4. Untuk menentukan posisi muka air tanah.
5. Untuk memprediksi besarnya penurunan.
6. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah atau abutment.
7. Menyelidiki keamanan suatu struktur bila penyelidikan dilakukan pada bangunan yang pernah ada sebelumnya.

8. Pada proyek jalan raya dan irigasi, penyelidikan tanah berguna untuk menentukan letak-letak saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi, dan macam bahan timbunan.

Informasi kondisi tanah dasar pondasi, dapat diperoleh dengan cara menggali lubang secara langsung di permukaan tanah yang disebut lubang uji (test-pit), maupun dengan cara pengeboran tanah. Penyelidikan mendetail dengan pengeboran tanah yang diikuti dengan pengujian-pengujian di laboratorium atau di lapangan, selalu dilakukan untuk penyelidikan tanah pada proyek-proyek besar, seperti: gedung bertingkat tinggi, jembatan, bendungan, bangunan-bangunan industri, dan lain-lainnya. Penyelidikan tanah untuk perancangan pondasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Pengeboran atau penggalian lubang uji
2. Pengambilan contoh tanah (*sample*)
3. Pengujian contoh tanah di laboratorium
4. Analisis hasil uji tanah untuk perancangan kapasitas dukung. (Hary Christady Hardiyatmo, 2010).

### **2.4.3 Uji sondir**

Uji sondir sangat berguna untuk memperoleh variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Nilai-nilai tahanan kerucut statis, tahanan qonus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas daya dukung dan penurunan pada pondasi (Hardiyatmo, 2010).

## 2.5 Perhitungan Pembebanan Jembatan

Dasar teori merupakan materi yang didasarkan pada buku-buku referensi dengan tujuan memperkuat materi pembahasan, maupun sebagai dasar dalam menggunakan rumus-rumus tertentu guna mendesain suatu struktur. Dalam Perencanaan Pondasi *Bore Pile Under Bridge* Asrikaton, sebagai pedoman perhitungan pembebanan, dipakai referensi Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR) tahun 1987 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman pembebanan meliputi beban primer dan beban sekunder.

### 2.5.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Adapun yang termasuk beban primer adalah:

#### a. Beban Mati (M)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini:

Baja Tuang .....	7,85 t/m <sup>3</sup>
Besi Tuang .....	7,25 t/m <sup>3</sup>
Alumunium Paduan .....	2,80 t/m <sup>3</sup>

Beton Bertulang/Pratekan .....	2,50 t/m <sup>3</sup>
Beton Biasa, Tumbuk, Siklop .....	2,20 t/m <sup>3</sup>
Pasangan Batu/Bata .....	2,00 t/m <sup>3</sup>
Kayu .....	1,00 t/m <sup>3</sup>
Tanah, Pasir, Kerikil .....	2,00 t/m <sup>3</sup>
Perkerasan Jalan Beraspal .....	2,00 – 2,50 t/m <sup>3</sup>
Air .....	1,00 t/m <sup>3</sup>

Untuk bahan-bahan yang belum disebut diatas, harus diperhitungkan berat isi yang sesungguhnya.

Apabila bahan bangunan setempat memberikan nilai berat isi yang jauh menyimpang dari nilai-nilai yang tercantum di atas, maka berat ini harus ditentukan tersendiri dan nilai yang didapat, setelah disetujui oleh orang yang berwenang, selanjutnya digunakan dalam perhitungan.

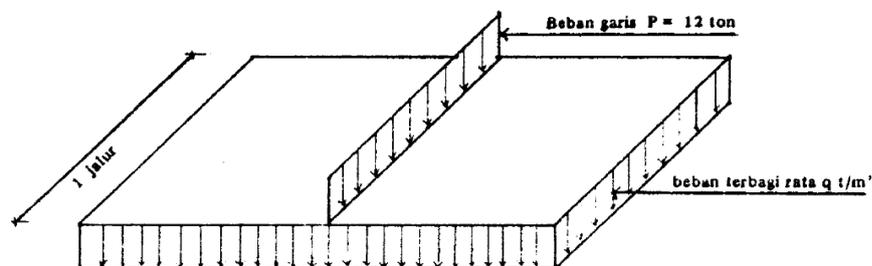
#### **b. Beban Hidup (H)**

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

**Tabel 2.1** Jumlah Jalur Lalu Lintas

Lebar lantai kendaraan	Jumlah Jalur Lalu Lintas
5,50 sampai dengan 8,25 m.	2
Lebih dari 8,25 m sampai dengan 11,25 m	3
Lebih dari 11,25 m sampai dengan 15,00 m	4
Lebih dari 15,00 m sampai dengan 18,75 m	5
Lebih dari 18,75 m sampai dengan 32,50 m	6

Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dari beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “ $q$ ” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “ $P$ ” ton per jalur lalu lintas tersebut. Beban “D” adalah seperti tertera pada gambar.



**Gambar 2.4** Beban “D”

Besar “ $q$ ” ditentukan sebagai berikut:

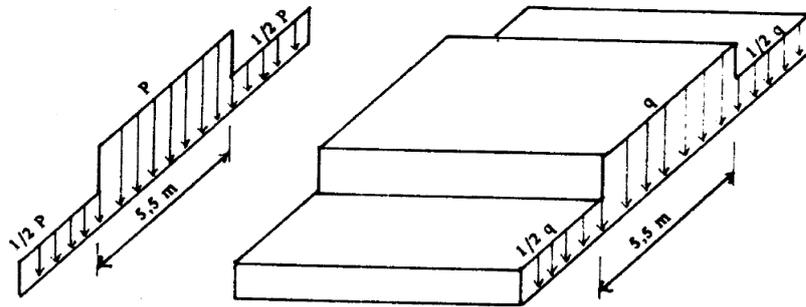
$$q = 2,2 \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 \times (1 + 30/L) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } L > 60 \text{ m}$$

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut:

Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100%) harus di bebaskan pada seluruh lebar jembatan. Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D” (50%).



**Gambar 2.5** Ketentuan Penggunaan Beban “D”

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas.

Beban “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar dengan pedoman sebagai berikut:

Dalam menghitung momen-momen maksimum akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar menerus di atas beberapa perletakan digunakan ketentuan, yaitu: satu beban garis untuk momen positif menghasilkan pengaruh maksimum. Dua beban garis untuk momen negatif yang menghasilkan pengaruh maksimum. Beban terbagi rata di tempatkan pada beberapa bentang/bagian bentang yang akan menghasilkan momen maksimum. Dalam menghitung momen

maksimum positif akibat beban hidup pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketentuan. Dan untuk jumlah lalu lintas mulai 4 (empat) jalur atau lebih, beban “D” harus diperhitungkan dengan menganggap jumlah median sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung Reaksi Perletakan

Jumlah	Jumlah Median Anggapan
n = 4	1
n = 5	1
n = 6	1
n = 7	1
n = 8	3
n = 9	3
n = 10	3

### c. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh getaran-getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akan memberikan hasil maksimum sedangkan beban merata “*q*” dan beban “*T*” tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus:

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

Dimana: K = Koefisien Kejut

$L$  = Panjang bentang dalam keadaan meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis “ $P$ ”

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas merupakan satu kesatuan maka koefisien kejut diperhitungkan terhadap bangunan bawah.

#### **d. Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai rumus-rumus yang ada. Beban kendaraan dibelakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai muatan tanah setinggi 60 cm. Jika dinding turap bergerak ke luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan tanah seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*), sedangkan nilai banding antara tekanan tanah horizontal dan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressure*) atau  $K_a$ . Nilai  $K_a$  ini dirumuskan  $K_a = \tan^2 A = \pi r^2 (45^\circ - \phi/2)$ .

#### **2.2.2 Beban Sekunder**

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban sekunder antara lain:

### **a. Beban Angin**

Pengaruh beban angin sebesar  $150 \text{ kg/m}^2$  pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter di atas lantai kendaraan. Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

➤ Keadaan tanpa Beban Hidup

- a. Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.
- b. Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.

➤ Keadaan dengan beban hidup

- a. Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang.
- b. Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

➤ Jembatan menerus diatas lebih dari 2 perletakan.

Untuk perletakan tetap perlu diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama

besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing-masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan.

Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang teliti, harus diadakan penelitian khusus.

#### b. Gaya Akibat Perbedaan Suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan suhu akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu untuk:

- Bangunan Baja : Perbedaan suhu maksimum/minimum = 30° C  
Perbedaan suhu antara bagian jembatan = 15° C
- Bangunan Beton : Perbedaan suhu maksimum/minimum = 15° C  
Perbedaan suhu antara bagian jembatan < 10° C

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai *Modulus Young* ( $E$ ) dan koefisien muai panjang ( $\mathcal{E}$ ).

**Tabel 2.3** *Modulus Young* ( $E$ ) dan koefisien muai panjang ( $\mathcal{E}$ )

Jenis Bahan	$E$ ( $Kg/cm^2I$ )	$\mathcal{E}$ per derajat Celcius
Baja	$2,1 \times 10^6$	$12 \times 10^{-6}$
Beton	2 sampai $4 \times 10^5$ *	$10 \times 10^{-6}$
Kayu: Sejajar Serat	$1,0 \times 10^5$ *	$5 \times 10^{-6}$

Tegak Lurus Serat	$1,0 \times 10^{4*}$	$50 \times 10^{-6*}$
-------------------	----------------------	----------------------

\*) Tergantung pada mutu bahan

### c. Gaya Rangkak dan Susut

Pengaruh rangkak dan susut bahan beton terhadap konstruksi, harus ditinjau besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain, dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15°C.

### d. Gaya Rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua lajur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

### e. Gaya Akibat Gempa Bumi

Jembatan-jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan “Buku Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya 1986”. Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya gaya horizontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa, tekanan tanah

akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapan/pondasi langsung.

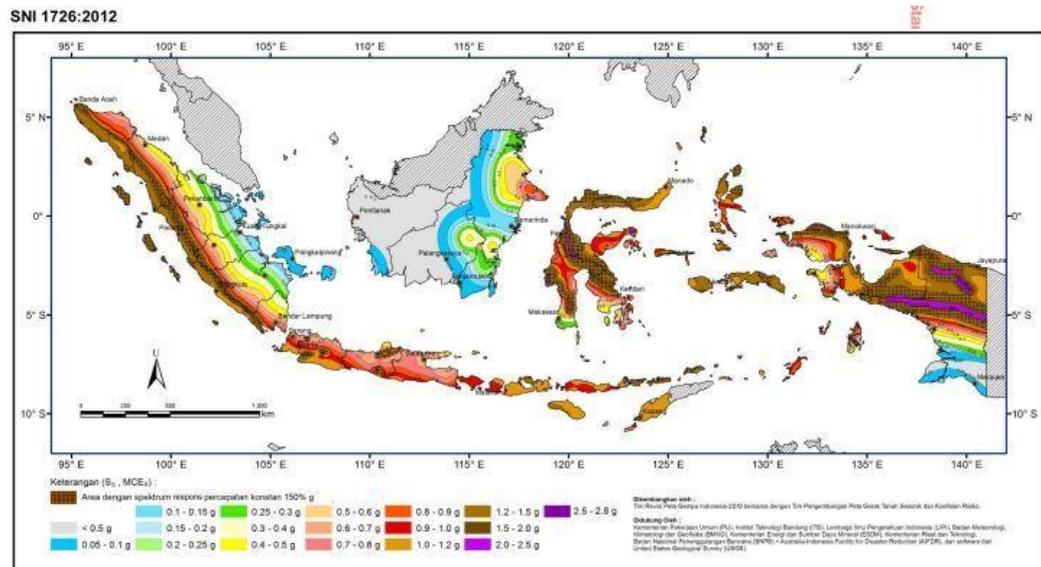
$$G_h = E \times G$$

Dimana:  $G_h$  = Gaya horizontal

$E$  = Muatan mati pada konstruksi (kN)

$G$  = Koefisien gempa

Nilai koefisien gempa ( $G$ ) di ambil dari peta pembagaian daerah gempa yang ada di Indonesia.



**Gambar 2.6** Lokasi Pembagian Daerah Gempa

#### f. Gaya Akibat Gesekan

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain.

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan dengan nilai sebagai berikut:

1. Tumpuan rol baja:

- Dengan satu atau dua rol ..... 0,01
- Dengan tiga atau lebih rol ..... 0,05

2. Tumpuan gesekan:

- Antara baja dengan campuran tembaga keras & baja ..... 0,15
- Antara baja dengan baja atau besi tuang ..... 0,25
- Antara karet dengan baja/beton..... 0,15 sampai 0,18

Tumpuan-tumpuan khusus harus disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi dari pabrik material yang bersangkutan atau didasarkan atas hasil percobaan dan mendapatkan persetujuan pihak berwenang.

### 2.5.3 Beban Khusus

#### a. Gaya Sentrifugal

Konstruksi jembatan yang ada pada tikungan harus diperhitungkan terhadap suatu gaya horizontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter di atas lantai kendaraan.

Gaya horizontal tersebut dinyatakan dalam proses terhadap beban “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut.

Besarnya prosentase tersebut dapat ditentukan dengan rumus:

$$K_s = 0,79 V^2 / R$$

Dimana:  $K_s$  = Koefisien gaya sentrifugal (prosen)

$V$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$R$  = Jari-jari tikungan (meter)

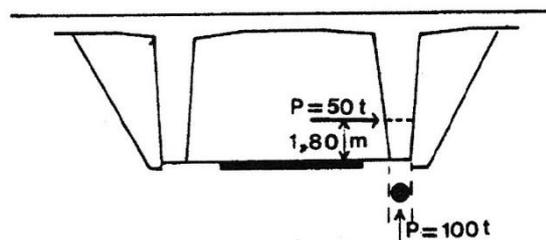
### b. Gaya Tumbuk pada Jembatan Layang

Gaya tumbuk antara kendaraan dan pilar dimaksudkan pada jembatan-jembatan layang di mana bagian di bawah jembatan digunakan untuk lalu lintas.

Bagian pilar yang mungkin terkena tumbukan kendaraan perlu diberi tembok pengaman. Bila tidak terdapat antara pengaman, maka untuk menghitung gaya akibat tumbukan antara kendaraan dan pilar dapat digunakan salah satu dari kedua gaya tumbuk horizontal yang paling menentukan:

- Pada arah lalu lintas ..... 100 ton.
- Pada arah tegak lurus lalu lintas ..... 50 ton.

Gaya-gaya tumbuk tersebut dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter diatas permukaan jalan raya.



**Gambar 2.7** Gaya Tumbuk Pada Jembatan Layang

### c. Beban dan Gaya Selama Pelaksanaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, harus ditinjau dan besarnya dihitung dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

### d. Gaya Akibat Aliran Air dan Tumbukan Benda-Benda Hanyutan

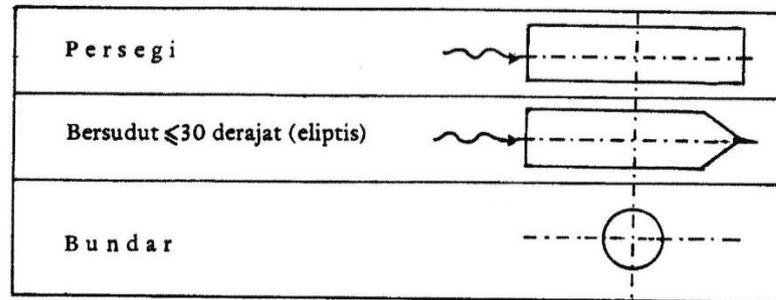
Semua pilar dan bagian-bagian lain dari bangunan jembatan yang mengalami gaya-gaya aliran air, harus diperhitungkan dapat menahan tegangan-tegangan maksimum akibat gaya-gaya tersebut. Gaya tekanan aliran air adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada satu pilar, yang dihitung dengan rumus:

$$A_h = k V_a^2$$

dimana:  $A_h$  = tekanan aliran air ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $V_a$  = kecepatan aliran air yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi ( $\text{m/detik}$ ), bila tidak ditentukan lain maka:  $V_a = 3$   $\text{m/detik}$   
 $k$  = koefisien aliran tergantung bentuk pilar dan dapat diambil menurut table V berikut.

**Tabel 2.4** Koefisien Aliran (K)

Bentuk depan pilar	k
Persegi (tidak disarankan)	0,075
Bersudut $\leq 30$ derajat	0,025
Bundar	0,035



**Gambar 2.8** Bentuk/Denah Pilar

Tegangan-tegangan akibat tumbukan benda-benda hanyutan (kayu, batu, dan lain-lain pada aliran sungai) pada bangunan bawah harus diperhitungkan dan besarnya diterapkan berdasarkan hasil penyelidikan setempat.

Gaya tumbuk untuk lalu lintas sungai perlu diperhitungkan secara khusus. Perencanaan bangunan bawah agar memperhatikan buku “Pedoman Perencanaan Hidraulik dan Hidrologi untuk Bangunan di Sungai”.

#### **e. Gaya Angkat**

Bagian-bagian dasar bangunan bawah pada rencana pondasi langsung atau pondasi terapung harus diperhitungkan terhadap gaya angkat yang mungkin terjadi.

## 2.5.4 Penyebaran Gaya (Distribusi Beban)

### a. Beban Mati

- Beban mati Primer

Beban mati yang digunakan dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar (baik gelagar tengah maupun gelagar pinggir) adalah berat sendiri pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar tersebut.

- Beban mati Sekunder

Beban mati sekunder yaitu kerb, trotoir, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor, dan dapat dianggap terbagi rata di semua gelagar.

### b. Beban Hidup

- Beban “T”

Dalam menghitung kekuatan lantai akibat beban “T” dianggap bahwa beban tersebut menyebar ke bawah dengan arah 45 derajat sampai ke tengah-tengah tebal lantai.

- Beban “D”

Dengan menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban “D” melalui lantai kendaraan ke gelagar-gelagar harus dihitung dengan cara sebagai berikut:

#### a. Perhitungan momen

- Gelagar hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata: } q^l = q/2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis: } p^l = P/2,75 \times \alpha \times s$$

dimana:

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu.

$\alpha$  = faktor distribusi.

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang di perhitungkan.

$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

$P$  dan  $q$  = adalah seperti pada BAB III, pasal 1 (2) 2.4.

- Gelagar pinggir

Beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah  $r$  adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ( $\alpha = 1,00$ ). Bagaimana pun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar tengah.

Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar pinggir tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata: } q^l = q/2,75 \times \alpha \times s^l$$

$$\text{Beban garis: } p^l = P/2,75 \times \alpha \times s^l$$

dimana:

$s^l$  = Lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir,  $P$  dan  $q$  adalah seperti pada BAB III, pasal 1 (2), 2.4.

## **b. Perhitungan Gaya Lintang**

- Gelagar tengah.

Beban hidup yang diterima oleh gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata: } q^l = q/2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis: } p^l = P/2,75 \times \alpha \times s$$

dimana:

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu.

$\alpha$  = faktor distribusi.

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang di perhitungkan.

$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

$P$  dan  $q$  = adalah seperti pada BAB III, pasal 1 (2) 2.4.

- Gelagar pinggir

Beban hidup, baik beban merata maupun beban garis yang diterima oleh gelagar pinggir, adalah beban tanpa perhitungan faktor distribusi. Bagaimana pun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar-gelagar tengah.

Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata: } q^l = q/2,75 \times \alpha \times s^l$$

$$\text{Beban garis: } p^l = P/2,75 \times \alpha \times s^l$$

dimana:

$s^l$  = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir.

$P$  dan  $q$  = adalah seperti pada BAB III, pasal 1 (2), 2.4.

### 2.5.5 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai keadaan elastis.

Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya pada tabel berikut:

**Tabel 2.5** Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis.
I. $M + (H + K) + Ta + Tu$	100%
II. $M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm$	125%
III. Kombinasi (1) + $Rm + Gg + A + SR + Tm + S$	140%
IV. $M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu$	150%
V. $M + P1$	130%
VI. $M + (H + K) + Ta + S + Tb$	150%

dimana:

A = beban angin

Ah = gaya akibat aliran dan hanyutan

- AHg = gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa
- Gg = gaya gesek pada tumpukan bergerak
- Gh = gaya horizontal ekivalen akibat gempa bumi
- (H+K) = beban hidup dengan kejut, sesuai BAB III, pasal 1. (3).
- M = beban mati
- P1 = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
- Rm = gaya rem
- S = gaya sentrifugal
- SR = gaya akibat susut dan rangkai
- Tm = gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkai)
- Ta = gaya tekanan tanah
- Tag = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
- Tb = gaya tumbuk
- Tu = gaya angkat (buoyancy)

## 2.5.6 Syarat Ruang Bebas

### a. Profil Ruang Bebas Jembatan

Yang dimaksud dengan profil ruang bebas jembatan adalah tinggi dan lebar ruang bebas jembatan dengan ketentuan:

- 1.1 Tinggi minimum untuk jembatan tertutup adalah 5 m.
- 1.2 Lebar minimum untuk jembatan ditetapkan menurut jumlah jalur lalu lintas (B) ditambah dengan kebebasan samping minimum  $2 \times 0,50$  meter (lihat gambar 6).

### **b. Tinggi Bebas Minimum**

Tinggi bebas minimum terhadap banjir 50 tahunan ditetapkan sebesar 1,00 meter.

Untuk sungai-sungai yang mempunyai karakteristik khusus, tinggi bebas disesuaikan dengan keperluan berdasarkan penelitian lebih lanjut (lihat gambar 7)

### **c. Ruang Bebas Untuk Lalu Lintas di Bawah Jembatan**

1.1 Ruang bebas untuk lalu lintas jalan raya dan lalu lintas air di bawah jembatan disesuaikan dengan syarat ruang bebas untuk lalu lintas yang bersangkutan.

1.2 Ruang bebas untuk jalan kereta api di bawah jembatan adalah sebagai berikut:

- a. Tinggi minimum 6,50 meter terhadap tepi atas kepala rel.
- b. Lebar minimum 15,00 meter.

Selanjutnya disesuaikan dengan syarat ruang bebas jalan kereta api yang berlaku.

## **2.5.7 Penggunaan Beban Hidup Tidak Penuh**

### **a. Penggunaan Muatan Hidup Tidak Penuh**

Di dalam penggunaan beban hidup tidak penuh yang dikarenakan pertimbangan-pertimbangan khusus (misalnya jembatan semi permanen, jembatan di bawah standar, jembatan sementara), penggunaan beban hidup harus diperhitungkan sesuai penjelasan berikut:

1. Beban 70%  
70% beban "T" dan 70% beban "D"
2. Beban 50%  
50% beban "T" dan 50% beban "D"

Dimana peraturan penggunaan beban “T” dan “D” adalah seperti pada BAB III, pasal 1 (2) point 2.3 dan 2.4

### b. Bidang Kontak Roda

Dalam menggunakan beban “T” untuk perencanaan lantai kendaraan, lebar bidang kontak antara roda kendaraan dengan lantai kendaraan untuk masing-masing penggunaan muatan adalah sebagai berikut:

#### 1. Beban 70%

$$a_1, a_2 = 14 \text{ cm}$$

$$b_1 = 9 \text{ cm}$$

$$b_2 = 35 \text{ cm}$$

#### 2. Beban 50%

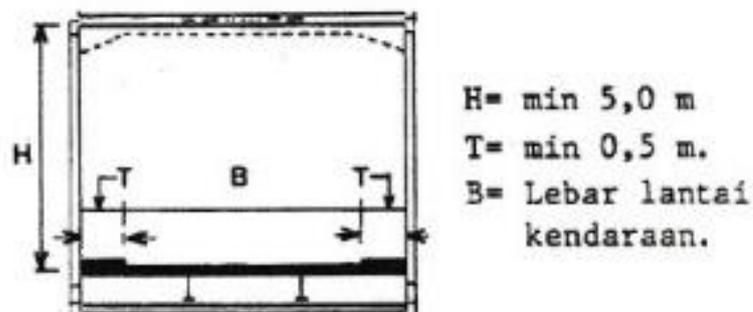
$$a_1, a_2 = 10 \text{ cm}$$

$$b_1 = 6 \text{ cm}$$

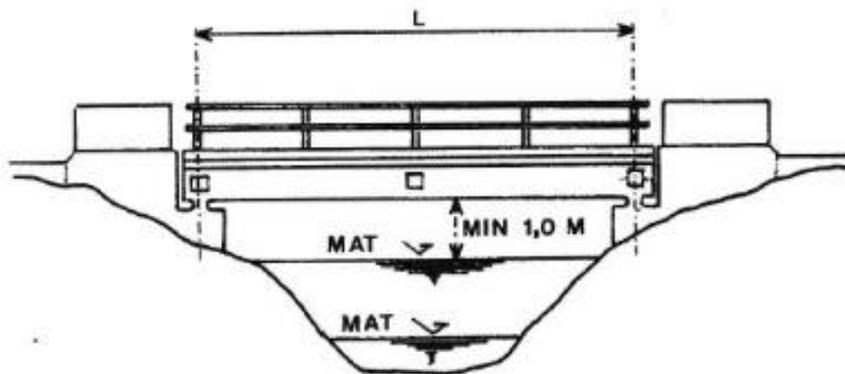
$$b_2 = 25 \text{ cm}$$

dimana:

$a_1, a_2$ , dan  $b_1, b_2$  adalah seperti BAB III, pasal 1 (2) point 2.3.



**Gambar 2.9** Lebar Maksimum Jembatan



**Gambar 2.10** Tinggi Bebas Maksimum terhadap Banjir 50 Tahunan