BAB II

DASAR TEORI

2.1 Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun dengan melewati penghalang atau rintangan berupa sungai, danau, selat, rawa, rel, jalan, dan lain-lain dengan tujuan untuk menghubungkan dua daerah guna memperlancar transportasi darat.

Kesejahteraan dalam bidang perekonomian, pendidikan, sosial dan budaya semakin berkembang, sehingga menyebabkan tingkat arus lalu lintas semakin meningkat dari desa ke kota maupun sebaliknya. Adanya hubungan tersebut secara tidak langsung menyebabkan pemerintah diwajibkan untuk menyediakan sarana dan prasarana dalam perkembangan-perkembangan yang terjadi. Diharapkan dengan disediakannya fasilitas yang menunjang dan memperlancar perkembangan suatu desa atau kota, maka masyarakat akan merasa lebih nyaman dan lebih diutamakan kesejahteraannya.

Dari penjelasan singkat diatas dapat diketahui bahwa pembangunan jembatan merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan transportasi di suatu daerah, sehingga mobilisasi kegiatan penduduk yang terputus oleh adanya sungai, lembah dan sebagainya menjadi lebih mudah. Konstruksi jembatan terdiri dari *sub structure* (bangunan bawah) dan *upper structure* (bangunan atas).

2.1.1 Bangunan Bawah (*Sub Structure)*

Bangunan bawah jembatan adalah salah satu bagian dari konstruksi jembatan yang berdiri diatas pondasi penyangga dari bangunan atas dan juga seluruh beban yang bekerja pada bangunan atas. Bangunan bawah jembatan berfungsi sebagai konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembata dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju dasar tanah.

Pada dasarnya konstruksi bangunan bawah jembatan dalam masalah perencanaan merupakan hal utama yang harus diperhatikan, karena merupakan salah satu penyaluran semua beban yang bekerja pada jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya-gaya akibat tekanan tanah dari oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewaktu pelaksanaan. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari *abutment* dan pondasi.

Abutment atau kepala jembatan adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan, disamping sebagai pendukung bagi bangunan atas, juga berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi. Konstruksi tersebut juga dilengkapi dengan arah tegak lurus dari as jalan.

Bentuk umum dari *abutment* yang sering kita jumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semua sama sebagai pendukung beban, tetapi yang paling dominan sekali ditinjau dari kondisi lapangannya, seperti daya dukung tanah dasar dan penurunannya (*settlement*) yang terjadi.

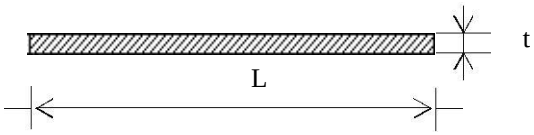
Adapun jenis *abutment* ini dapat dibuat dari jenis pasangan batu atau dari

beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok. Perencanaan kita sesuaikan dengan kondisi medan dan kemampuan mendukung dari konstruksi tersebut, dapat juga dari konstruksi kombinasi.

2.1.2 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



Gambar 2.1 Plat Lantai Kendaraan

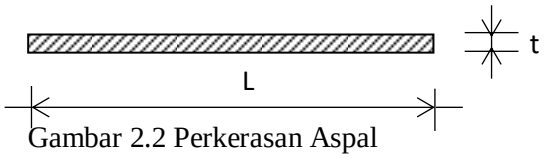
Beban plat lantai kendaraan (W1) = Volume x γ_{beton}

Dimana, t = tebal plat lantai kendaraan (m)

L = lebar plat lantai kendaraan (m)

γ_{beton} = berat isi beton (t/m^3)

Beban aspal



Gambar 2.2 Perkerasan Aspal

Beban aspal (W2) = Volume x γ_{aspal}

Dimana, t = tebal aspal (m)

L = lebar aspal (m)

γ_{aspal} = berat isi aspal (t/m^3)

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).

Balok utama/gelagar memanjang biasanya dibuat dari beberapa macam/jenis konstruksi, antara lain:

a) Gelagar dari beton bertulang dengan lantai kendaraan dari beton bertulang (monolith) atau *T Beam Convensional.*

b) Gelagar beton bertulang dengan lantai dari kayu.

c) Gelagar dari baja dengan lantai kendaraan dari beton bertulang (komposit).

d) Gelagar dari baja dengan lantai kendaraan dari kayu.

e) Gelagar dari kayu dengan lantai kendaraan dari kayu. Pada penggunaan gelagar beton bertulang dapat dibuat di lapangan

f) lokasi pekerjaan atau di pabrik (pabrikasi) seperti beton pratekan atau *prestessed*.

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.

2.2 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 *Abutment Underpass* Bumi Ayu, sebagai pedoman perhitungan pembebanan, dipakai referensi PPPJJR tahun 1987. Pedoman pembebanan meliputi beban primer dan beban sekunder.

2.2.1 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

b) Beban hidup

c) Beban kejut

d) Gaya akibat tekanan tanah

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^3

Besi Tuang ..... 7,25 t/m^3

Alumunium Paduan ..... 2,80 t/m^3

Beton Bertulang/Pratekan ..... 2,50 t/m^3

Beton Biasa, Tumbuk, Siklop ..... 2,20 t/m^3

Pasangan Batu/Bata ..... 2,00 t/m^3

Kayu ..... 1,00 t/m^3

Tanah, Pasir, Kerikil (Semua dalam keadaan padat) ..... 2,00 t/m^3

Perkerasan Jalan Beraspal ..... 2,00 t/m^3 – 2,50 t/m^3

Air ..... 1,00 t/m^3

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 yangg didapat, setelah disetujui oleh orang yang berwenang, selanjutnya digunakan dalam perhitungan.

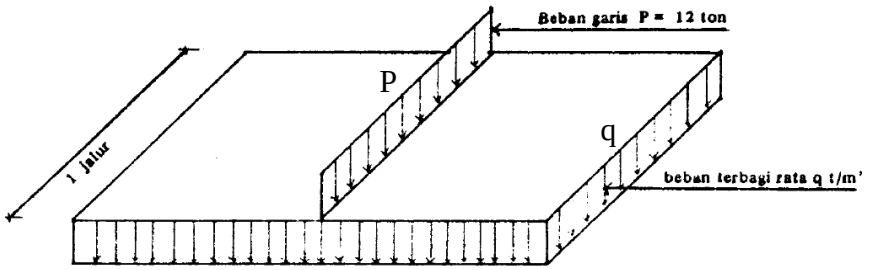
b. Beban Hidup (H)

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dinyatakan dalam dua

macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” uang merupakan beban jalur untuk gelagar.

- **Beban (D)**

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 2.3 Beban “D”

Besar “*q*” ditentukan sebagai berikut:

q = 2,2 *t/m* ..... untuk L < 30 *m*

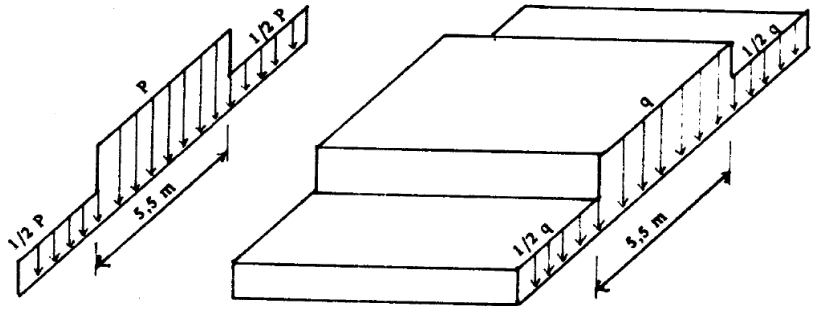
q = $2{,}2 - \frac{1{,}1}{60}\ x\ (L - 30)$ *t/m* ..... untuk $30\ m$ < L < $60\ m$

q = $1{,}1\ x\ (1 + \frac{30}{L})$ t/m^3 ..... untuk L > $60\ m$

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 bebankan 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 2.4 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:

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

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

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.

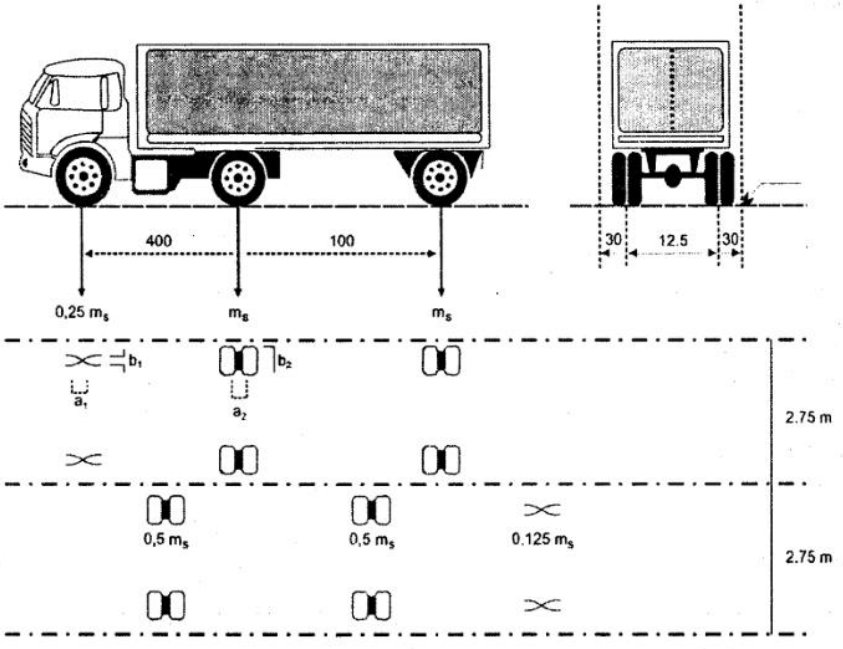
Dalam menghtung momen maksimum positif akibat beban hidup pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketetuan.

- **Beban (T)**

Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau system lantai kendaraan jembatan, harus digunakan beban "T" seperti dijelaskna berikut ini

Beban "T" adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti tertera pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5 Ketentuan beban "T" yang dikerjkan pada jembatan jalan raya

Dimana:

$a_1 = a_2 = 30{,}00\ cm$

$b_1 = 12{,}50\ cm$

$b_2 = 50{,}00\ cm$

$M_s =$ muatan rencana sumbu $= 20\ ton$

- **Beban pada trotoir, kerb dan sandaran**

Konstruksi trotoir harus dipertimbangkan terhadap beban hidup sebesar 500 *kg/m*^{2}. Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoir, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoir.

Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk dapat menahan satu beban horizontal kearah melintang jembatan sebesar 500 *kg/m'* yang berkerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 *cm* di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 *cm*.

Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoir harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizonsal sebesar 100 *kg/m'*, yang bekerja pada tinggi 90 *cm* di atas lantai trotoir.

c. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaru-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh-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 makan 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 yag 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 ***Ka***. Nilai Ka ini dirumuskan **Ka= tg2 (45o -Ø/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 (A)

b. Gaya akibat perbedaan suhu

c. Gaya akibat rangkak dan susut

d. Gaya rem dan traksi

e. Gaya akibat gempa bumi

f. Gaya gesekan

a. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m^2 pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertilal 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 gelagr 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 tejadi 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 nbagian-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^{o} C
- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15^{o} C

- Bangunan Beton :

- Perbedaan suhu maksimum-minimum = 15^{o} C

- Perbedaan suhu antara bagian jembatan < 10^o C , tergantung dimensi penampang.

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

Tabel 2.1 *Modulus Young* (*E*) dan koefisien muai panjang ($\mathcal{E}$)

Jenis Bahan	*E* (Kg/cm^2)	$\mathcal{E}$ per derajat Celcius
Baja	$2{,}1\ x\ 10^6$	$12\ x\ 10^{-6}$
Beton	$2 - 4\ x\ 10^5$*	$10\ x\ 10^{-6}$
Kayu :		
• Sejajar Serat	$1{,}0\ x\ 10^5$*	$5\ x\ 10^{-6}$
○ Tegak Lurus Serat	$1{,}0\ x\ 10^4$*	$50\ x\ 10^{-6}$

*) 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^oC.

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 titk 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 gay ahorizontal 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 terapung/pondasi langsung.

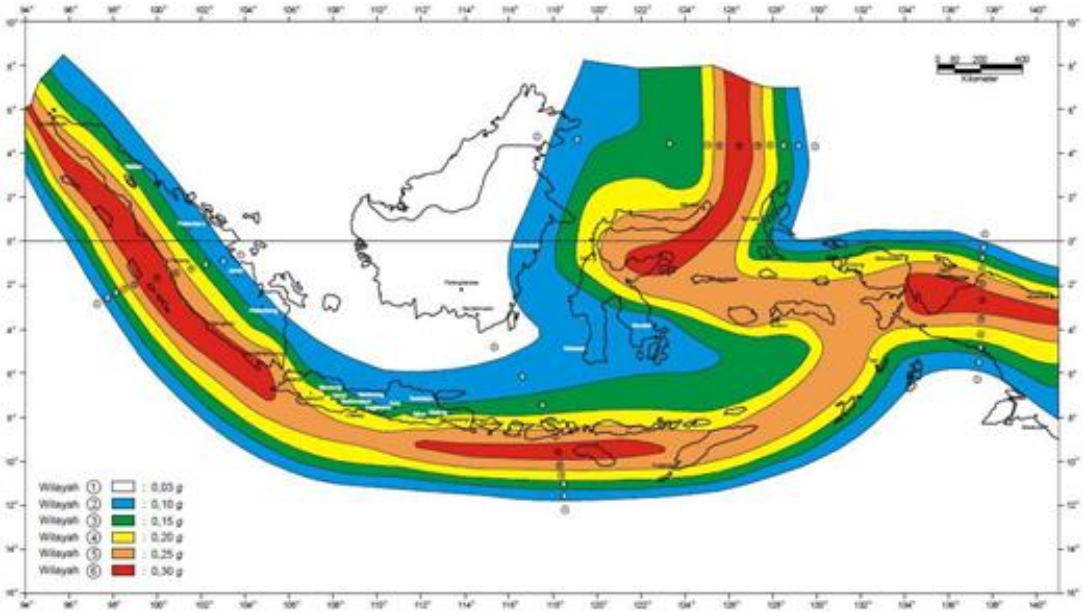
$$Gh = E \times G$$

Dimana: Gh = 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

2.3 Perhitungan Penulangan *Abutment*

Perencanaan penulangan *abutment* terdapat langkah-langkah untuk menentukan diameter tulangan serta jarak tulangan. Dalam hitungan penulangan terdapat ketentuan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan jenis beban yang ada sehingga didapatkan ketentuan kekuatan dan kemampuan konstruksi dalam menahan beban.

2.3.1 Penulangan Pelat Dua Arah

a. Menentukan beban dan momen

Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

1) Kuat perlu U untuk menahan beban mati **D**, beban hidup **L**, paling tidak harus sama dengan

U = 1,2 D + 1,6 L……(1)

2) Bila ketahanan struktur terhadap beban angina **W** harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombnasi beban **D**, **L**, dan **W** berikut harus ditinjau untuk menentkan nilai U yang terbesar, yaitu:

U = 1,2 D + 1,0 L +1,6 W……..(2)

3) Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa **E** harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu **U** harus diambil sebagai:

U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E……..(3)

4) Bila ketahanan terhadap tekanan tanah **H** diperhitungkan dalam perencanaan, maka pada persamaan (1) ditambah **1,6H**.

Setelah dicari momen berdasarkan gaya-gaya yang bekerja maka didapat momen ultimate dari momen yang terbesar.

b. Mencari tebal efektif pelat

Untuk menentukan tinggi efektif pelat ditinjau dari dua arah yaitu:

Arah X dx = h - p - ½ Ø tulangan arah x

Arah Y dy = h – p – Øx – ½ Ø tulangan arah y

c. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi Ø = 0,8

$$k = \frac{Mu}{\emptyset \, . \, b \, . \, d^2}$$

d. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-29 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang)

e. Mencari luas tulangan (As)

Sebelum menentukan luas tulangan terlebih dahulu meninjau nilai ρ yang didapat.

1. Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan As $_{min}$

$$As = \rho \, . b . d$$

2. Jika $\rho > \rho_{max}$, maka plat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

$$s = \frac{\text{Luas 1 batang tulangan}}{\text{Luas hitungan}} \text{ x } 1000 \text{ mm}$$

f. Menentukan Tulangan

Setelah As diketahui dapat menntukan tulangan dengan menggunakan tabel A-5 Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang) dengan syarat:

$$As > As \text{ perlu}$$

2.3.2 Penulangan Kolom

a. Mencari Beban Aksial

Beban aksial didapat dari beban mati dan beban hidup dengan kejut yang ada di struktur atas.

$$P'u = 1{,}2 \text{ x } M + 1{,}6 \text{ x } (H+K)$$

b. Mencari Momen Ultimate

Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup).

Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

1) Kuat perlu U untuk menahan beban mati **D**, beban hidup **L**, paling tidak harus sama dengan

U = 1,2 D + 1,6 L……(1)

2) Bila ketahanan struktur terhadap beban angina **W** harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombnasi beban **D**, **L**, dan **W** berikut harus ditinjau untuk menentkan nilai U yang terbesar, yaitu:

U = 1,2 D + 1,0 L +1,6 W……..(2)

3) Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa **E** harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu **U** harus diambil sebagai:

U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E……..(3)

4) Bila ketahanan terhadap tekanan tanah **H** diperhitungkan dalam perencanaan, maka pada persamaan (1) ditambah **1,6H**.

Setelah dicari momen berdasarkan gaya-gaya yang bekerja maka didapat momen ultimate dari momen yang terbesar.

c. Mencari luas penampang (Agr)

$$Agr = h \times b$$

d. Mencari nilai r

Untuk mencari r pada grafik harus diketahui nilai sumbu vertikal dan horizontal sebagai berikut:

Pada sumbu vertikal dinyatakan nilai $\frac{Pru}{\emptyset\, Agr\,.\,0{,}85\,.\,f'c}$

Nilai ini adalah suatu besaran yang tidak bedimensi, dan ditentukan baik oleh factor beban yang dikalikan beban aksial maupun mutu beton serta ukuran penampang.

Pada sumbu horizontal dinyatakan nilai $\frac{P\prime u}{\emptyset \text{ Agr }.\ 0{,}85\ .\ f\prime c}\ .\ \left(\frac{e_t}{h}\right)$, inipun berupa suatu besaran yang tidak berdimensi. Dalam e_t telah diperhitungkan eksentrisitas $e=\frac{M_u}{P_u}$ beserta faktor pembesaran yang berkaitan.

Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan ditentukan, kemudian suatu nilai r dapat dibaca. Penulangan yang diperlukan adalah$=\beta$. r, dengan β tergantung pada mutu beton sesuai dengan yang ditunjukkan pada grafik.

e. Mencari Luas Tulangan

Sebelum menentukan luas tulangan terlebih dahulu meninjau nilai ρ yang didapat.

As = ρ . Agr…….(tulangan pokok)

As' = 25% . As…….(tulangan bagi)

g. Menentukan Tulangan

Setelah As diketahui dapat menentukan tulangan dengan menggunakan tabel A-4 Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang dengan syarat:

As > As perlu

Jarak antar tulangan dapat dihitung dengan rumus: $\frac{b-2p}{n}$

Keterangan: b = lebar

p = tebal selimut

n = jumlah tulangan