

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Teori Baja Dan Jembatan

2.1.1 Struktur Baja

Struktur bisa dibagi menjadi 3 kategori umum :

- a. Struktur rangka (framed structure), yang elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok, dan batang yang mengalami gabungan lent uran dan beban aksial
- b. Struktur selaput (shell), yang tegangan aksialnya dominan
- c. Struktur gantung (suspension), yang sistem pendukung utamanya mengalami tarikan aksial yang dominan.

2.1.2 Struktur Rangka

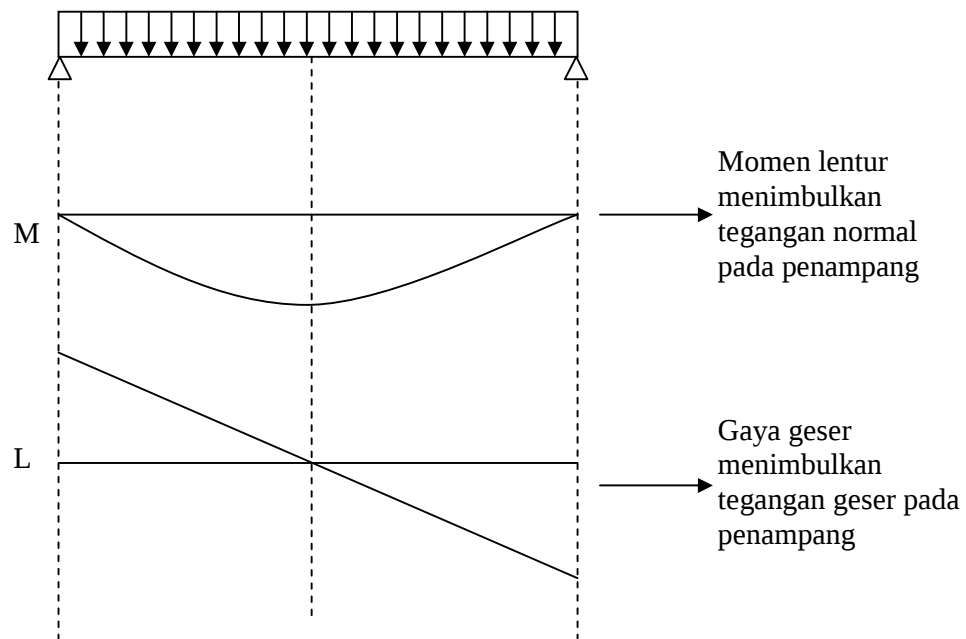
Bangunan industri dan bangunan satu tingkat seperti g ereja, sekolah, dan arena umumnya bisa berupa struktur rangka secara keseluruhan atau sebagian. Sistem atap khususnya bisa berupa himpunan rangka batang bidang, rangka batang ruang, kubah, atau sebagai portal kaku datar atau miring.

Jembatan umumnya merupakan struktur rangka, seperti balok dan gelagar plat atau rangka batang yang biasanya menerus.

2.1.3 Balok Lentur

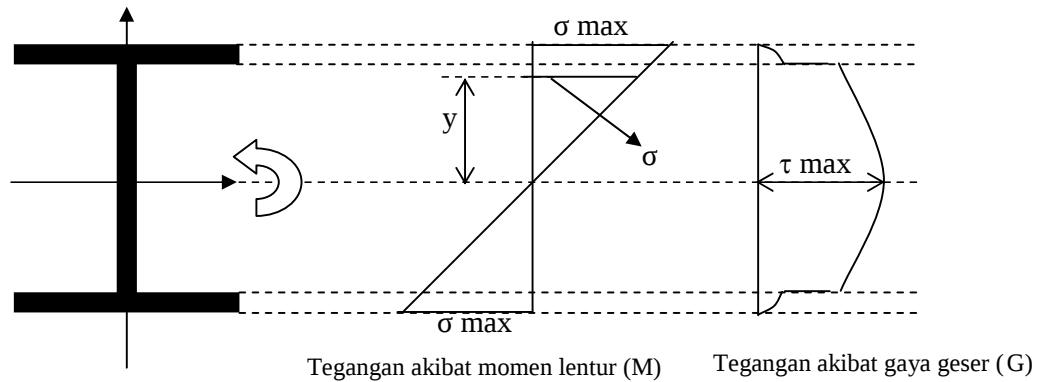
Balok adalah elemen struktur yang dibebani tegak lurus sumbu balok. Pada umumnya, tegangan – tegangan yang dapat terjadi pada penampang lentur baja adalah :

- Tegangan lentur
- Tegangan geser
- Tegangan idiil (tegangan kombinasi antara tegangan normal dan tegangan geser)
- Tegangan kip



Gambar 2.1
Momen Lentur dan Gaya Geser

A. Tegangan Lentur dan Tegangan Geser



Gambar 2.2
Tegangan Lentur dan Tegangan Geser

Tegangan lentur maksimum dapat dihitung dengan :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \times y_{\max}}{I}$$

Tegangan geser maximum dapat dihitung dengan :

$$\tau = \frac{D_{\max} \times S_{\max}}{b \times I}$$

Untuk penampang – penampang yang mempunyai sumbu simetris terhadap sumbu lentur, maka tegangan lentur dapat dihitung dengan $y_{\max} = \frac{1}{2} h$, sebagai berikut :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \times \frac{1}{2} h}{I_x} \leq \bar{\sigma} \quad \text{atau} \quad \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\left(\frac{I_x}{\frac{1}{2} h} \right)} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq \bar{\sigma}$$

Dimana W_x adalah modulus (perlawanan) penampang terhadap sumbu lentur, yaitu :

$$W_x = \left(\frac{I_x}{\frac{1}{2}h} \right)$$

2.1.4 Metode Desain ASD (Allowable Stress Design)

- Pada dasarnya desain ASD menyatakan bahwa kekuatan dan kekakuan struktur didesain lebih kecil atau sama dengan kekuatan dan kekakuan yang diizinkan bekerja pada material.
- Dikenal juga dengan metode desain elastik atau working stress design
- Telah digunakan 90 – 100 tahunan terakhir

Syarat kekuatan :

Tegangan Normal $\sigma \leq \bar{\sigma}$ dimana $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_{yield}}{FK}$

Tegangan Geser $\tau \leq \bar{\tau}$ $\bar{\tau} = 0,6\bar{\sigma}$

FK = Faktor Keamanan (menurut PBBI 1984 FK = 1,5)

Syarat kekakuan :

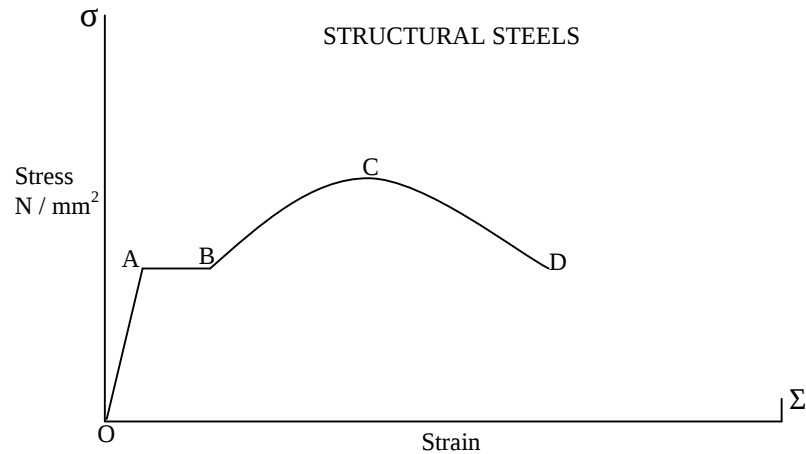
Deformasi yang terjadi pada struktur didesain $\delta \leq \bar{\delta}$

Desain kekuatan dengan ASD :

- Tegangan normal / aksial : $\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times y_{max}}{I} \leq \bar{\sigma}$
- Tegangan geser : $\tau_{max} = \frac{D_{max} \times S_{max}}{b \times I} \leq \bar{\tau}$

A. Hubungan Tegangan dan Regangan Baja

Karakteristik / Sifat Mekanis Tipikal Material Baja Struktur



Gambar 2.3

Hubungan Tegangan dan Regangan Baja

Keterangan :

⊕ OA – Daerah Elastis :

- Hubungan tegangan vs regangan linear (garis lurus)
- Apabila gaya tarik dihilangkan benda uji akan kembali ke panjang awal (deformasi perpanjangan hilang)
- Material bersifat elastis / elastik

⊕ AB – Daerah Plastis :

- Tanpa pertambahan gaya tarik akan terjadi deformasi perpanjangan sampai batas tertentu
- Apabila beban tarik diadukan akan terjadi deformasi perpanjangan yang permanen
- Material bersifat plastis

⊕ BC – Daerah Penguatan Regangan (Strain Hardening) :

- Seolah – olah material mendapatkan penguatan sampai suatu nilai tegangan tertentu (dikenal dengan tegangan batas / ultimate)
- Hubungan tegangan vs regangan tidak linear (nonlinear)
- Apabila gaya tarik ditiadakan akan terjadi deformasi permanen yang lebih besar dibandingkan pada kondisi plastis

⊕ CD – Daerah Runtuh (Collapse) :

- Material kehilangan kekuatannya – deformasi tidak dapat dikontrol
- Material runtuh (collapse) – benda uji putus

2.1.5 Teori jembatan.

1. Perkembangan Jembatan

Jembatan dapat dikatakan sebagai salah satu peralatan yang tertua didalam peradaban manusia. Pada zaman dahulu, jembatan mula – mula dibuat untuk menyeberangi sungai kecil dengan menggunakan balok – balok kayu atau batang – batang pohon yang cukup besar dan kuat.

Menurut Degrand, jembatan yang pertama sekali tercatat pernah dibangun di sungai nil oleh raja Manes dari Mesir pada tahun 2650 SM. Jembatan – jembatan primitif mulai dikembangkan oleh bangsa indian, yunani, romawi dan china.

Perkembangan jembatan semakin maju, antara lain dikarenakan penemuan – penemuan material yang baru antara lain kayu atau batu digabung dengan besi. Jembatan pelengkung beton yang pertama dibangun pada tahun 1776 melintas sungai severn di inggris. Belakangan pada tahun 1824 jembatan gelagar baja dibangun pada jalan kereta api Dublin Drogheda.

Jembatan beton hanya digunakan untuk bentuk pelengkung, karena tidak kuat menahan tegangan tarik. Dengan penemuan baja pada tahun 1825, masa pembangunan jembatan modern dimulai. Pembangunan jembatan : kereta api, jalan raya, dengan bentang yang besar, mulai dibangun dengan material baja. Kemudian, jembatan kabel yang menggunakan kabel baja populer digunakan untuk bentang ± 200 m.

Pada umumnya kita bisa menemukan jembatan gelagar baja yang dibangun sejak sebelum kemerdekaan R.I. yaitu pada zaman kolonia Belanda, yang sampai kini beberapa diantaranya masih tetap digunakan walaupun kondisinya sudah kritis, seharusnya sudah diganti dengan jembatan baru yang permanent.

Setiap negara mempunyai peraturan tentang pembebanan untuk jembatan, yang tentunya negara satu dengan lainnya akan berbeda walaupun negara tersebut mengadopsi peraturan dari negara lain, hal ini karena telah disesuaikan dengan kondisi dan kesesuaian dengan wilayah setempat, Indonesia mempunyai SBG – 1988.

Tabel 2.1. Kombinasi pembebanan jembatan jalan rel

Kombinasi	Kombinasi Beban
I	$1,2, BM + 1,6 BH_K + B_{kejut}$
II A	$0,9 BM + 1,2 BH + B_{kejut} + \text{Traksi} + \text{Tumbukan} + BA$
II B	$0,9 BM + 1,2 BH + B_{kejut} + \text{Rem} + \text{Tumbukan} + BA$
III	$1,2 BM + 1,2 (\text{Pengaruh rangkai} / \text{susut})$

Beban yang bekerja tidak hanya beban mati dan beban hidup saja, Kombinasi gaya / beban angin, gempa dan lain – lain, juga perlu dipertimbangkan dalam pelaksanaan jembatan jalan rel, Peraturan SBG 1988 memberikan syarat kombinasi beban untuk menjamin kekuatan struktur.

2. Definisi – definisi

Jembatan : Adalah suatu struktur yang memungkinkan route transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api, dll. Route transportasi berupa, jalan kereta api, jalan trem, jalan kaki, rentetan kendaraan dll. Jembatan yang melintasi diatas jalan biasanya disebut viaduct.

Bangunan Atas ; Sesuai dengan istilahnya berada pada bagian atas suatu jembatan, berfungsi menampung beban – beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang, kendaraan dll dan kemudian menyalurkannya kepada bangunan bawah.

Landasan : Bagian ujung bawah dari suatu bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya – gaya reaksi dari bangunan atas kepada bangunan bawah. Menurut fungsinya dibedakan landasan sendi (fixed bearing) dan landasan gerak (movable bearing).

Bangunan bawah : bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima / memikul beban – beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya kepondasi. Beban – beban tersebut selanjutnya oleh pondasi disalurkan ke tanah.

Oprit jembatan : Oprit berupa timbunan tanah dibelakang abutment timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin, untuk menghindari terjadinya penurunan (settlement) hal ini tidak mengenakan bagi pengendara. Apabila ada penurunan, terjadi kerusakan pada ekspansi joint yaitu bidang pertemuan antara bangunan

atas dengan abutment. Untuk menghindari ini, pemadatan harus semaksimal mungkin dan di atasnya dipasang plat injak dibelakang abutment.

Bangunan pengaman jembatan :

Berfungsi sebagai pengaman terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun tidak langsung. Kadang – kadang disamping jembatannya harus diamankan, sungainya pun harus diamankan, dimana biaya pengamanan sungai lebih mahal dari pengamanan jembatan.

Abutment : abutment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung – ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah.

Pilar jembatan : pilar atau pier berfungsi sebagai pendukung bangunan atas. Bila pilar ada pada suatu bangunan jembatan letaknya diantara kedua abutment dan jumlahnya tergantung keperluan, seringkali pilar tidak diperlukan.

Pondasi : berfungsi menerima beban – beban dari bangunan bawah dan menyalurkan ke tanah.

Pondasi langsung : digunakan bila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban – beban di atasnya, terletak pada lokasi yang dangkal dari tanah setempat.

Pondasi dalam : digunakan apabila bila lapisan tanah keras yang mampu memikul beban letaknya cukup dalam. Sehingga beban – beban harus

disalurkan melalui suatu konstruksi penerus yang juga disebut tiang pancang dan pondasi sumuran.

3. klasifikasi Jembatan :

klasifikasi menurut kegunaannya :

- Jembatan jalan raya
- Jembatan kereta api
- Jembatan jalan air
- Jembatan jalan pipa
- Jembatan militer
- Jembatan penyeberangan

Klasifikasi menurut jenis material kayu :

- Jembatan kayu
- Jembatan baja
- Jembatan beton

Klasifikasi menurut bentuk struktur secara umum :

- Jembatan gelagar
- Jembatan pelengkung / busur
- Jembatan rangka
- Jembatan portal
- Jembatan gantung
- Jembatan kabel

4. Perlunya Jembatan dibangun :

Adapun beberapa pertimbangan – pertimbangan yang menentukan diperlukannya membangun jembatan antaranya sebagai berikut :

- a. Umum jembatan yang lama yang telah terlalu tua sehingga dirasakan perlu diganti dengan jembatan yang baru.
- b. Diperlukan jembatan yang sama sekali baru, sebab alat penyebrangan / perlintasan yang ada (mis : ponton) tidak dapat memenuhi kebutuhan yang ada.
- c. Pada jalan – jalan yang sama sekali baru, diperlukan membangun jembatan yang baru.

5. Pemeliharaan jembatan baja

Hal – hal berikut ini harus diperhatikan bila merencanakan jembatan baja :

- a. Setiap bagian harus mudah di bersihkan dan dicat
- b. Harus ada ruang bebas yang cukup antara pekerjaan baja dan pekerjaan beton dan batu
- c. Bagian penyebab genangan air kotor atau hujan harus dihindarkan atau jika tidak dapat dihindarkan diusahakan untuk mengalirkan air tersebut dengan membuat lubang drainase.

2.2 Aspek Tanah (Soil Mechanics & Soil Properties)

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Daya dukung batas yang dapat diberikan oleh tanah pondasi untuk pondasi menerus diberikan dalam rumus daya dukung terzaghi.

$$q_{ut} = c.Nc' + \gamma.Df.Nqw' + \frac{1}{2}.\gamma.B.N\gamma'$$

Dimana :

q_{ut} = daya dukung tanah.

c = nilai kohesi tanah.

γ = berat isi bangunan.

$Nc, Nq, N\gamma$ = koefisien daya dukung terzaghi.

B = lebar bangunan.

Df = kedalaman bangunan dari tanah dasar.

Dalam merancang struktur, kadangkala diperlukan perhitungan tekanan tanah yang bekerja pada struktur. Dalam hal ini tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif lebih sering dipakai untuk perencanaan praktis. Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah dalam keadaan batas, dimana tanah isian dibagian belakang akan mulai runtuh menggelincir karena berat sendiri, atau keruntuhan gelincir / geser mulai terjadi karena gaya dari dinding.

Tekanan tanah aktif :

$$Pa = \frac{1}{2}\gamma H^2 \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right) - 2c.H.\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right)$$

Dimana :

Pa = tekanan tanah aktif.

γ = berat isi bangunan.

H = tinggi bangunan.

C = nilai kohesi tanah

Tinjauan aspek tanah pada evaluasi struktur jembatan kereta api BS.05 ini meliputi tinjauan terhadap :

1. Pondasi

Perencanaan pondasi ditentukan oleh kondisi tanah dan besar kecilnya pembebanan yang bekerja pada struktur. Selain itu, perencanaan pondasi juga dipengaruhi oleh sifat, kegunaan, bahan dan pemeliharaan jembatan itu sendiri.

2. Abutment

Pada perencanaan abutment disini ditentukan oleh besar kecilnya sudut geser tanah, nilai kohesi tanah, berat jenis tanah untuk tekanan horizontal dan gaya akibat berat tanah yang bekerja pada abutment.

3. Dinding penahan tanah

Pada perencanaan dinding penahan tanah dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut geser tanah, nilai kohesi tanah, berat jenis tanah untuk perhitungan tekanan horizontal.

4. Trase

Untuk perencanaan trase diperhitungkan untuk memberikan rasa aman .

2.3 Aspek Teknis Pelaksanaan

Pada aspek ini kami membahas mengenai teknis penggeseran jembatan lama dengan penggunaan jembatan darurat, disini juga akan menganalisa ke kuatan dari temporary bridges dalam menerima beban hidup sementara dari kereta api, dengan memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. Kriteria Disain.

2. Kriteria Pembebanan.

2.3.1 Kriteria Desain

1. Pemilihan bentuk dan ukuran penampang .
2. Perencanaan jembatan darurat BH.22 meliputi :
 - a. Perhitungan rasuk memanjang :
 1. Muatan tetap.
 2. Muatan Kereta Api (RM. 1921 x 100) dan SBG 1988 .
 3. Tegangan yang timbul.
 4. Kontrol stabilitas.
 - b. Perhitungan rasuk melintang :
 1. Profil tersusun.
 2. Perhitungan beban : akibat beban tetap .
 - c. Perhitungan paku pengikat pada rasuk melintang :
 - 1) Hubungan plat strip sayap dengan baja siku L (irisan tunggal) .
 - 2) Hubungan baja siku dengan plat badan.

2.3.2 Kriteria Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur jembatan Kereta Api BS.05 ini disesuaikan dengan RM. 1921 yaitu :

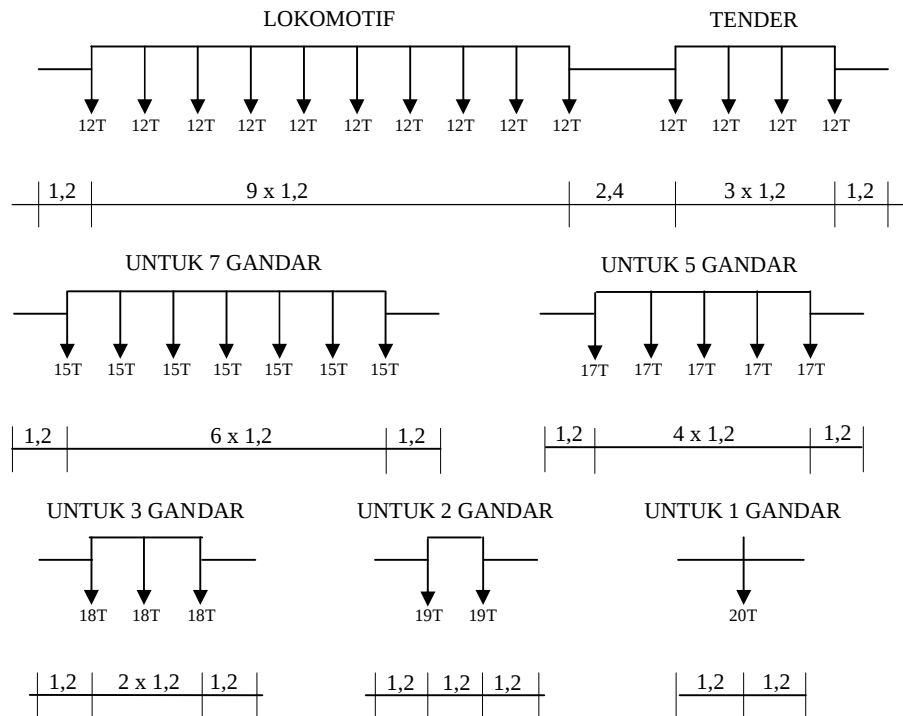
1. Beban Primer yang terdiri dari :
 - a. Beban mati (beban sendiri), yaitu berat bahan dan elemen struktur serta elemen non struktur yang bersifat tetap.

Beban mati yang bekerja pada jembatan yaitu :

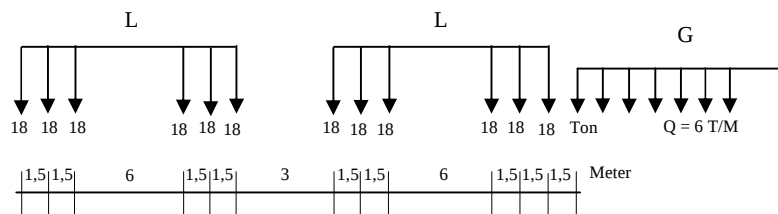
 1. Berat sendiri material baja.
 2. Berat rail, bantalan dan alat penambatnya.

- b. Beban hidup, yaitu beban yang diakibatkan oleh fungsi bangunan yaitu beban lalu lintas yang bergerak.

Beban hidup (muatan P bergerak) menurut RM 1921 pada jembatan yaitu :



Beban hidup (muatan P bergerak) menurut SBG 1988 pada jembatan yaitu :



Gambar 2.4
Beban hidup (muatan P bergerak)

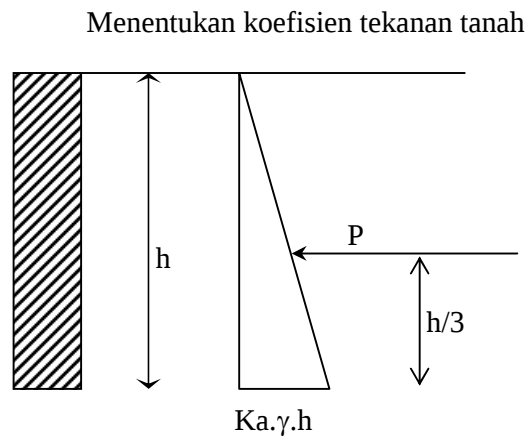
2.4 Dinding Penahan Tanah Box Culvert

pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada tiga kemungkinan yaitu :

1. Dalam keadaan diam
2. Dalam keadaan aktif, ada tekanan tanah aktif
3. Dalam keadaan pasif, ada tekanan tanah pasif

Dalam perencanaan dinding penahan tanah dibutuhkan data – data tanah seperti sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah horizontal.

Dari data tersebut dapat dihitung besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah dengan urutan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Dinding Penahan Tanah

$$Ka = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$Kp = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$$

$$P = Ka \gamma x h \times \frac{1}{2} h$$

Dimana :

Ka = koefisien tekanan tanah aktif

Kp = koefisien tekanan tanah pasif

ϕ	= sudut geser tanah
P	= tekanan tanah
H	= tinggi dinding penahan tanah