BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Jembatan adalah suatu fasilitas bangunan jalan yang berfungsi mendukung lalu lintas jalan raya atau benda-benda yang bergerak di atas suatu rintangan atau tempat rendah seperti sungai, jalan raya, jalan kecil, danau, terusan, atau kombinasi dari rintangan tersebut. (*S.P. Bindra*, 1970)

Komponen jembatan secara umum dibagi menjadi 2 bagian besar yaitu *upperstructure* dan *substructure*. *Upperstructure* merupakan bagian atas jembatan yang terdiri dari dinding sandaran, lantai jembatan dan pendukung lantai dengan sistem struktur seperti balok, *girder*/gelagar. Sedangkan *substructure* merupakan suatu sistem yang mendukung *upperstructure*. *Substructure* terdiri dari *abutment*, pilar/kolom, dinding sayap (*wing wall*) serta fondasi *abutment* dan fondasi pilar (*S.P. Bindra*, 1970).

Struktur jembatan prategang adalah jembatan yang menggunakan beton prategang sebagai gelagar/balok jembatan. Jembatan pada dasarnya terdiri dari fondasi utama, gelagar/balok, pilar, lantai (*slab*) dan *abutment*. Gelagar prategang dan kolom-kolom pilar merupakan bagian dari bangunan yang meneruskan gaya-gaya dari lantai jembatan ke fondasi yaitu ke bawah tanah.

2.2 KONSEP DASAR BETON PRATEGANG

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Tegangan internal diperoleh sebelum beban luar bekerja dengan memberikan tekanan (gaya prategang) pada beton (*American Concrete Institute* (ACI)).

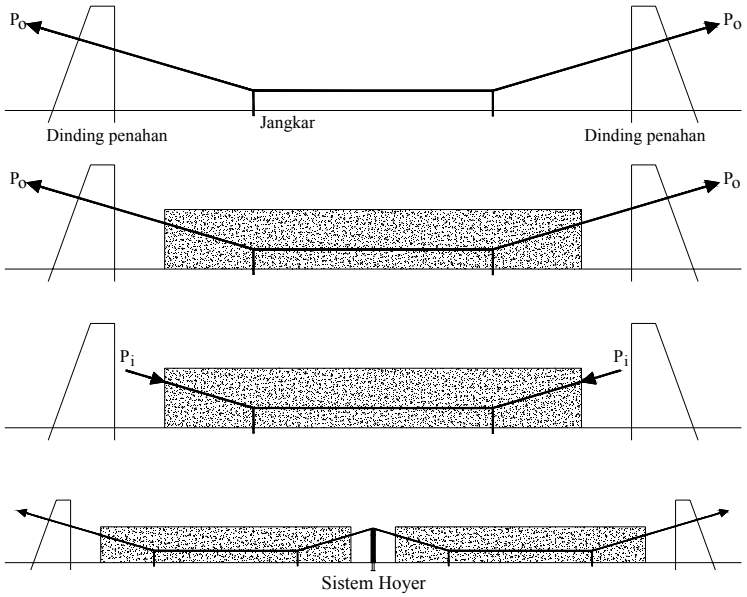
Beton prategang adalah beton bertulang yang telah ditimbulkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beton dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan (*Peraturan Beton Bertulang Indonesia* (PBI), 1971).

Beton prategang adalah jenis beton yang pada saat sebelum beban bekerja, tulangan baja ditarik/ditegangkan terlebih dahulu. Sehingga bagian penampang yang akan mengalami tarik akibat beban-beban yang bekerja, akan mengalami tekan terlebih dahulu akibat penarikan tendon/gaya prategang, demikian sebaliknya terhadap beton. Penarikan ini menghasilkan sistem kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar karena beton cukup kuat dan daktail terhadap tekanan dan sebaliknya lemah serta terhadap gaya tarik maka kemampuan menahan beban luar dapat ditingkatkan dengan pemberian gaya pratekan (*Collins & Mitchell,* 1991).

Cara pemberian gaya prategang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu seperti berikut:

1. Pratarik (*Pretensioning*)

Pada sistem pratarik, baja prategang ditarik/diregangkan terlebih dahulu dan dijangkarkan pada tembok/dinding penahan (*blukhead*), baru kemudian beton dicor. Setelah beton mencapai umur/kekuatan tertentu, baja prategang menekan komponen/beton. Transfer gaya prategang umumnya melalui ikatan/lekatan antara baja prategang dengan beton yang mengelilinginya. Pemakaian praktis dari metode pratarik ini pertama kali dikerjakan oleh *E.Hoyer*, sehingga dikenal sebagai sistem Hoyer (*A.Kadir Aboe*, 2006). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.1 di bawah ini.

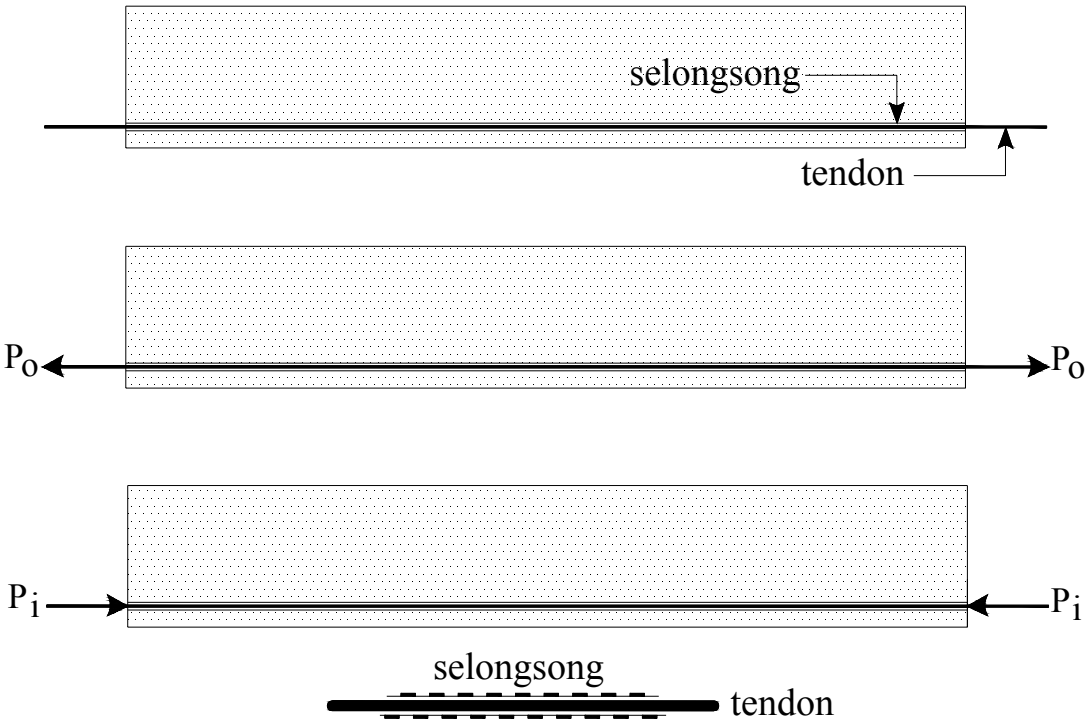


Gambar 2.1 Sistem Pratarik (Sumber: *A.Kadir Aboe*, 2006)

2. Paskatarik (*Posttensioning*)

Sistem paskatarik merupakan kebalikan sistem pratarik. Pada cara ini, pertama-tama beton dicor/dicetak terlebih dahulu, dengan baja prategang sesuai alinyemen yang direncanakan terletak di dalam selongsong (*duck*) juga ikut tercor.

Setelah beton mencapai umur/kekuatan tertentu, baja prategang ditarik dan kemudian dijangkarkan/diangkurkan pada ujung komponen. Transfer gaya prategang pada sistem ini melalui angkur (*A.Kadir Aboe*, 2006). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Sistem Paskatarik (Sumber: *A.Kadir Aboe*, 2006)

Menurut *T.Y Lin dan Burns* (1982) dalam buku "*Struktur Beton Prategang*" oleh *A. Kadir Aboe* 2006, ada 3 konsep yang dapat digunakan untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang yaitu sebagai berikut.

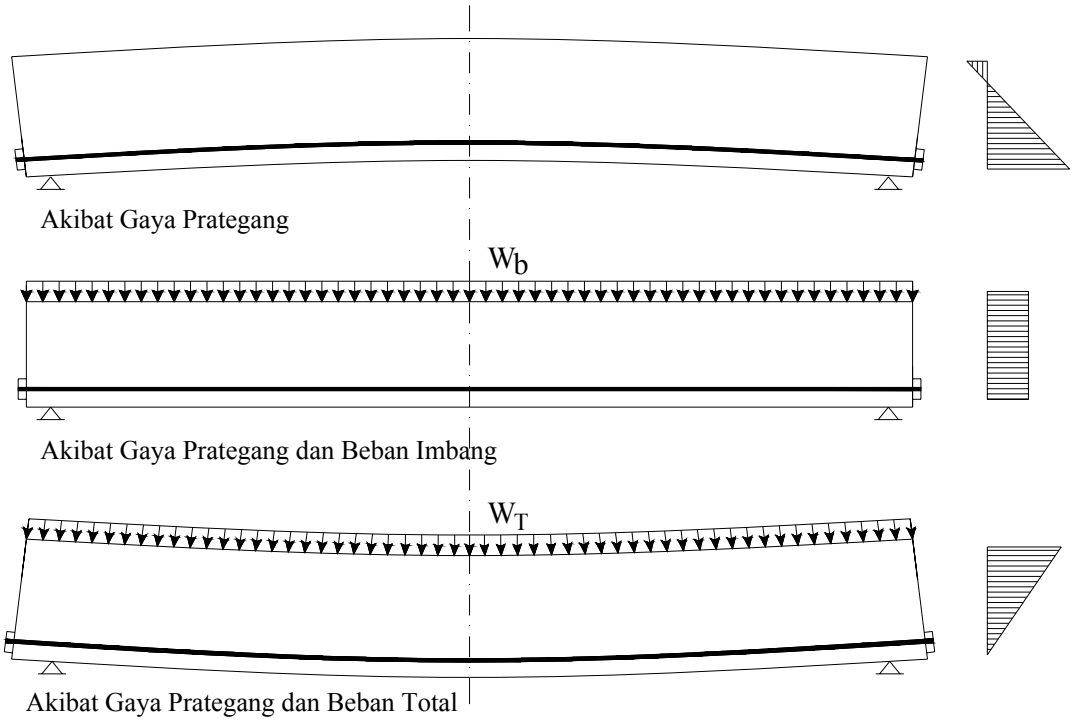
1. Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi elastis

Konsep ini memperlakukan beton yang bersifat getas ditransformasikan menjadi bahan yang bersifat elastis, dengan cara memberi tekanan/desakan terlebih dahulu (berupa gaya prategang) pada bahan tersebut. Dari konsep ini timbul kriteria tidak ada tegangan tarik pada beton (*full prestress*/prategang penuh). Hal ini disebabkan bagian beton yang akan mengalami tarik akibat beban-beban yang

bekerja, mengalami desak terlebih dahulu akibat gaya prategang, berarti beton tidak mengalami retak pada saat beban bekerja (lihat gambar 2.3).

Atas dasar pandangan ini, beton divisualisasikan sebagai benda yang mengalami dua sistem pembebanan, yaitu:

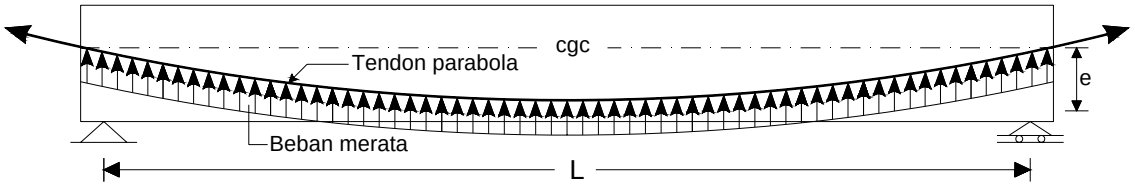
a. Gaya internal (gaya prategang)
b. Beban eksternal (berat sendiri + beban mati + beban hidup)



Gambar 2.3 Balok Akibat Gaya Prategang dan Beban Eksternal
(Sumber: *A.Kadir Aboe*, 2006)

2. Sistem prategang untuk mencapai keseimbangan beban

Konsep ini terutama menggunakan prategang sebagai usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah elemen struktur. Pada keseluruhan perencanaan struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga elemen struktur yang mengalami lenturan seperti pelat (*slab*), balok dan gelagar (*girder*) tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan tertentu. Bila tendon dengan profil parabola ditarik, maka untuk dapat tetap mempertahankan posisinya diperlukan gaya vertikal ke bawah. Karena tendon terbungkus beton, maka akan timbul gaya ke atas menekan beton, yang berlawanan arah dengan gaya untuk mempertahankan posisi tendon (*A.Kadir Aboe*, 2006), (lihat gambar 2.4).

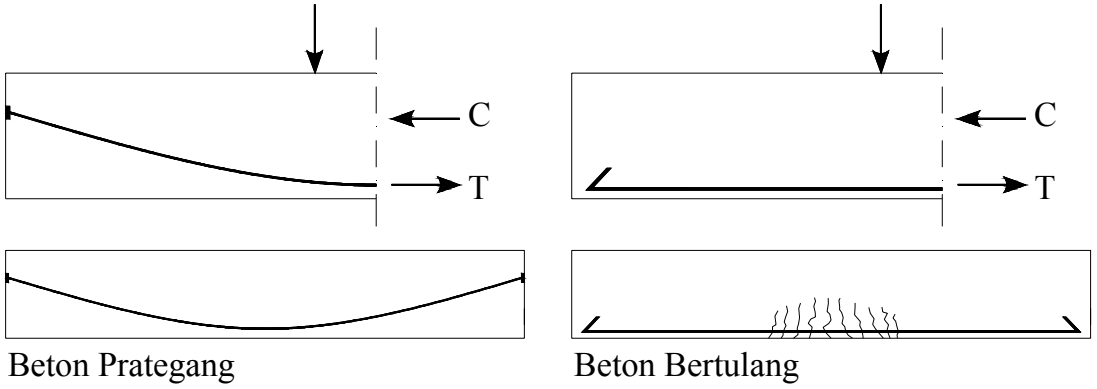


Gambar 2.4 Gaya Ke Atas Pada Balok Akibat Gaya Prategang
(Sumber: *A. Kadir Aboe*, 2006)

3. Sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton

Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi dari baja dan beton seperti pada beton bertulang. Fungsi baja menahan tarikan dan beton menahan desakan. Dengan demikian kedua bahan membentuk tahanan untuk menahan momen eksternal. Jika baja mutu tinggi ditanamkan pada beton, seperti pada beton bertulang biasa, beton sekitarnya akan menjadi retak berat sebelum seluruh kekuatan baja digunakan. Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya terhadap beton. Dengan menarik dan menjangkarkan baja ke beton, dihasilkan tegangan dan regangan yang diinginkan pada kedua bahan, tegangan dan regangan tekan terjadi pada beton, sedangkan tegangan dan regangan tarik terjadi pada baja. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan yang hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan di dalam beton seperti pada beton bertulang biasa. (*A.Kadir Aboe*, 2006).

Berikut gambar 2.5 dibawah ini yang menjelaskan tentang perbedaan antara penampang balok prategang dan balok beton bertulang pada saat diberikan beban.



Gambar 2.5 Momen Penahan Internal pada Beton Prategang dan Beton Bertulang
(Sumber: *A. Kadir Aboe*, 2006)

2.3 SISTEM PRATEGANG

1. Prategang penuh (*full prestressing*)

Suatu sistem dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak pada penampang beton dibawah beban layan. (*A.Kadir Aboe*, 2006).

2. Prategang sebagian (*partial prestressing*)

Pada sistem ini dimungkinkan terjadinya tegangan tarik pada komponen struktur akibat beban kerja. Prategang sebagian membutuhkan tulangan lunak tambahan untuk memperkuat bagian yang mengalami tarik. Pada beban layan diijinkan terjadi retak pada beton tarik selama tidak melebihi persyaratan yang diijinkan. (*A.Kadir Aboe*, 2006).

Gelagar (*girder*) direncanakan dengan sistem prategang penuh (*full prestressing*) yang berarti komponen direncanakan pada beban kerja tidak terjadi tegangan tarik, tetapi dalam pelaksanaannya tergantung besar beban yang akan bekerja. (*A.Kadir Aboe*, 2006).

2.4 TAHAPAN PEMBEBANAN

Dalam perencanaan beton prategang, pembebanan tidak hanya ditinjau berdasarkan beban eksternal yang bekerja seperti beban mati dan beban hidup, tetapi juga terhadap kombinasi dari beban-beban tersebut dengan gaya prategang yang bekerja pada penampang beton. Diantara tahap pembebanan tersebut yang paling kritis biasanya pada tahap sesaat setelah baja ditegangkan (*initial stage*) dan pada masa pelayanan akhir (*final stage*). (*Naaman*, 1982).

1. *Initial stage*

Adalah tahap dimana gaya prategang dipindahkan pada beton dan tidak ada beban luar yang bekerja selain berat sendiri gelagar. Pada tahap ini gaya prategang maksimum sebab belum ada kehilangan prategangan dan kekuatan beton minimum sebab umur beton masih muda. Konsekuensinya tegangan pada beton menjadi kritis. Pada sistem penarikan awal (*pretensioning*), untuk mempercepat proses penarikan, tendon dilepaskan pada saat beton mencapai 60% - 80% kekuatan yang disyaratkan yaitu pada umur 28 hari. Pada sistem penarikan akhir (*posttensioning*), tendon tidak ditarik sekaligus tetapi ditarik dalam dua atau tiga tahap untuk memberikan kesempatan kepada beton untuk mencapai kekuatan yang disyaratkan gaya prategang diterapkan sepenuhnya. (*Naaman*, 1982).

2. *Final stage*

Adalah pembebanan yang paling berat untuk kondisi masa pelayanan dengan asumsi bahwa semua kehilangan prategang telah terjadi sehingga gaya prategang telah mencapai nilai terkecil dan kombinasi beban luar mencapai nilai terbesar yaitu meliputi berat sendiri, beban mati, beban hidup, beban kejut dan sejenisnya. (*Naaman*, 1982).

2.5 JENIS PERENCANAAN

Untuk memperoleh hasil perencanaan yang menjamin keamanan, beberapa pendekatan perencanaan dapat diterapkan. Pendekatan ini umumnya berdasarkan teori yang didukung oleh bukti-bukti/ hasil penelitian. Beberapa pendekatan ini antara lain: perencanaan tegangan kerja (*working stress design*), perencanaan kekuatan batas (*ultimite strength design*), perencanaan plastis (*limit or plastic design*), perencanaan keadaan batas (*limit state design*) dan perencanaan probabilitas (*probabilistic design*). Meskipun perencanaan dengan satu cara sudah cukup, perencanaan prategang pada saat ini biasanya merupakan kombinasi perencanaan tegangan kerja dan kekuatan batas. (*Naaman*, 1982).

1. Perencanaan Tegangan Kerja (*Working Stress Design*/WSD)

Pada pendekatan ini, tegangan dibawah beban kerja dibatasi dengan tegangan ijin dan struktur diasumsikan elastis linier. Keamanan dipenuhi dengan memilih tegangan kerja sebagai bagian kecil dari karakteristik kekuatan komponen material. Tegangan ijin diterapkan dalam bermacam-macam peraturan dan kemungkinan berbeda satu sama lain. Sebagai contoh, tegangan ijin maksimum terhadap lentur pada beton dapat diambil sebesar 0,45 f'c, hal ini memberikan angka keamanan sebesar 1/0,45 = 2,22. Perlu diperhatikan bahwa pada perencanaan tegangan kerja semua jenis beban diperlakukan sama. (*Naaman*, 1982).

Pada perencanaan tegangan kerja, tegangan-tegangan pada serat terluar umumnya ditinjau dalam dua keadaan yaitu pada saat setelah baja ditegangkan (*initial stage*) dan pada saat pelayanan (*final stage*). (*Naaman*, 1982).

2. Perencanaan Kuat Batas (*Ultimite Strength Design*/USD)

Pada pendekatan ini, beban kerja rencana dikalikan dengan faktor beban dan struktur direncanakan untuk menahan beban terfaktor tersebut pada kapasitas batasnya. Beban terfaktor yang berhubungan dengan jenis beban ditujukan untuk mengurangi pengaruh derajat kemajemukan dan ketidaktentuan dari beban-beban tersebut. Pendekatan ini lebih realistis daripada perencanaan tegangan kerja dimana semua beban diperlakukan sama. Pada kondisi batas, kuat batas lentur harus dihitung berdasarkan konsep kompabilitas regangan dengan memperhitungkan regangan-regangan yang terjadi pada saat transfer prategang. (*Naaman*, 1982).

Pada perencanaan pendekatan ini, tegangan dibawah beban kerja dibatasi dengan tegangan ijin dan struktur diasumsikan elastis linier. Keamanan dipenuhi dengan memilih komponen material. Tegangan ijin ditetapkan dalam bermacam-macam peraturan dan kemungkinan berbeda satu sama lain. (*Naaman*, 1982).

2.6 *ABUTMENT* DAN PILAR

Abutment mempunyai dua fungsi pokok, yaitu mendukung ujung-ujung jembatan dan menyediakan dukungan lateral paling tidak bagi tanah atau batu sekitar jembatan. Oleh karena itu, *abutment* merupakan kombinasi dari fungsi pilar dan dinding penahan tanah. (*Peek, Hanson, Toohrnburn*, 1973)

Bentuk pilar jembatan meliputi: masif (*solid*), kotak, bundar, oval dan bisa juga terdiri dari beberapa kolom atau berdiri dari satu kolom. Berdasarkan data yang ada serta memperhatikan segi arsitektural, maka perencanaan jembatan layang Jombor menggunakan pilar yang terdiri dari beberapa kolom.

2.7 FONDASI

Fondasi adalah struktur paling bawah dari suatu bangunan. Fondasi suatu bangunan berfungsi untuk meneruskan beban-beban pada struktur atas ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Dasar fondasi harus diletakkan pada tanah keras, apabila tanah keras masih berada pada kedalaman 2 meter dapat digunakan fondasi dangkal. Untuk kedalaman 6 – 8 meter maka harus digunakan fondasi sumuran dan untuk kedalaman lebih dari 8 meter digunakan fondasi tiang pancang atau bor pile. (*Hary Christady Hardiyatmo*, 2003)

Fondasi merupakan elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban yang bekerja di atasnya ke tanah. Kegagalan perencanaan fondasi akan mengakibatkan bangunan secara keseluruhan tidak stabil dan mudah runtuh meskipun struktur atas kuat dan aman.

Oleh karena itu, data yang diperlukan untuk menentukan jenis fondasi suatu bangunan adalah:

1. Susunan, tebal dan sifat lapisan tanah,
2. besar, macam dan sifat khusus bangunan
3. peralatan yang tersedia,
4. beban yang harus didukung,
5. biaya dan tenaga kerja serta lingkungan sekitar bangunan.

Selain data di atas, ada persyaratan teknis lain yang harus diperhatikan dalam merencanakan fondasi, yaitu:

1. tanah dasar harus mampu mendukung beban yang bekerja,
2. fondasi aman terhadap bahaya guling dan geser yang terjadi,
3. dapat menahan tekanan air yang mungkin terjadi,
4. dapat menyesuaikan terhadap kemungkinan terjadi gerakan-gerakan tanah, seperti penyusutan tanah, tanah yang labil, ataupun gaya horizontal akibat beban gempa bumi.

Adapun jenis-jenis fondasi sebagai berikut:

1. Fondasi dangkal

Fondasi dangkal yaitu fondasi dengan kedalaman < 3 m. Adapun jenis-jenis fondasi yang termasuk dalam fondasi dangkal yaitu:

a. Fondasi staal, yaitu fondasi batu kali yang menerus dan biasanya digunakan pada rumah tinggal sederhana.
b. Fondasi plat kaki (*foot plat*) yaitu fondasi yang berbentuk plat dengan pembebanan terbalik dan kedalaman pondasinya ± 2,5 m.

2. Fondasi dalam

Fondasi dalam yaitu fondasi dengan kedalaman ≥ 3 m. Adapun jenis-jenis fondasi yang termasuk dalam fondasi dalam yaitu:

a. Fondasi tiang pancang, yaitu fondasi yang dikerjakan dengan cara tiang fondasi dibuat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tanah. Untuk

memasukkan tiang ke dalam tanah sampai dengan kedalaman yang direncanakan adalah dengan cara memukul kepala tiang berulang kali dengan menggunakan palu khusus.

b. Fondasi tiang bor, yaitu fondasi yang dikerjakan dengan cara membuat lubang bor dengan diameter yang direncanakan. Umumnya tulangan yang telah dirangkai kemudian dimasukkan ke dalam lubang tersebut dan diikuti dengan pengisian material beton ke dalam lubang bor tersebut.

3. Fondasi Sumuran/Siklop (*Cyclop*)

Fondasi Sumuran/Siklop adalah beton normal/beton biasa, yang menggunakan ukuran agregat yang relatif besar. Ukuran agregat kasar mencapai 20 cm. Fondasi Sumuran/Siklop terdapat dibawah fondasi yang berfungsi untuk perbaikan tanah sehingga fondasi dapat berdiri diatasnya.

Berdasarkan data yang tersedia dan dengan berbagai pertimbangan teknis kondisi di lapangan, maka jembatan layang Jombor direncanakan menggunakan fondasi tiang bor (*bored pile*) untuk *pier* dan *abutment*.