

**BAB 2**  
**KAJIAN PUSTAKA**

**2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu berdasarkan jurnal penelitian internasional, jurnal penelitian nasional, dan tesis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Daftar Peneliti Terdahulu

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	2013	Wateno Oetomo <sup>1</sup> , Arif Sugiharto <sup>2</sup>	Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi dan Perawatan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Jalan Kaku Pada Proyek <i>Frontage Road</i>	Analisis Ekonomi perhitungan BCR	Perbandingan biaya konstruksi dan perawatan kedua konstruksi perkerasan, dengan umur rencana 20 tahun maka pilihan alternatif yang menguntungkan adalah perkerasan jalan kaku
2	2018	Koespiadi <sup>1</sup> , Sri Wiwoho Mudjanarko <sup>2</sup>	Pengujian Kualitas Beton untuk Model Trapesium Pondasi Prapabrikasi	Model <i>Cost Significant</i>	Pondasi pracetak saat ini masih memerlukan studi desain lebih lanjut, khususnya pembuatan model skala penuh. Pondasi dengan model lain masih perlu dikembangkan baik dari segi dimensi, kualitas material, persyaratan material, metode implementasi sekaligus pondasi aplikasi di lapangan.

3	2017	Pradeep N. Payghan1, Prof. Girish Sawai2	Analisis dan Desain Pondasi Jembatan	Model <i>Cost Design Significant</i>	Desain dan analisis pondasi jembatan menggunakan STAAD Pro. Dalam proyek, kami membuat data struktur super yang diperlukan untuk desain pondasi. Untuk itu kami menggunakan Autodesk Infracore di mana kami membuat seluruh jembatan dan menganalisisnya. Setelah menganalisis detail hasil yang diambil untuk merancang pondasi tiang pancang di STAAD Pro. Beava.
4	2016	Muhammad Tariq A. Chaudhary	Pengaruh interaksi dan non-linearitas kolom pilar tanah-pondasi-struktur pada respons seismik jembatan yang didukung pada pondasi dangkal	Model <i>Cost Design Significant Model</i>	Ketidaklenturan kolom pilar berkontribusi signifikan terhadap percepatan jembatan, perpindahan, dan gaya geser kolom baik SSI dimasukkan atau diabaikan. Oleh karena itu, kelenturan kolom dermaga tidak boleh diabaikan dalam desain/evaluasi seismik jembatan sederhana, lurus dan tidak miring dengan pondasi dangkal yang didirikan di tanah dan batu yang keras.
5	2014	Zulkifli Faisal	Analisis Struktur Pondasi dan Abutmen Jembatan pada Proyek Jalan Tol Cimanggis-Cibitung	Perkiraan Biaya Konstruksi	Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan sekaligus prioritas kriteria pemilihan alternatif alat pancang adalah sebagai berikut: biaya operasional, kecocokan dengan tiang pancang, keterampilan tenaga kerja, kecocokan dengan lokasi/site proyek, produktivitas alat, ketersediaan alat, biaya

					mobilisasi dan demobilisasi, tingkat kesulitan pelaksanaan, pengalaman tenaga kerja, dan teknologi
6	2016	Estevão de Carvalho	Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Jembatan Welolo pada Ruas Jalan Viqueque-Same-Timor Leste	Perkiraan Biaya Konstruksi	
7	2012	Elfran Budy Prastowo	Analisis Penerapan <i>Value Engineering</i> (VE) pada Proyek Konstruksi Menurut Presepsi Kontraktor dan Konsultan	Penerapan analisis <i>value engineering</i> untuk menentukan nilai biaya proyek yang paling ekonomis pada proyek konstruksi	Penerapan VE pada proyek di Indonesia, mengkaji faktor sukses dalam praktik tersebut, pengetahuan dan pengalaman tentang VE, dan kendala-kendala yang sering dihadapi dalam praktik VE.
8	2016	Mario Christian Sombah	Studi Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pemancangan dengan Metode <i>Value Engineering</i> pada Proyek <i>Interchange</i> Maumbi-Manado	Metode Nilai Sekarang ( <i>Present Worth Method</i> ) Metode Anuitas ( <i>Annualized Method</i> )	Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan sekaligus prioritas kriteria pemilihan alternatif alat pancang adalah sebagai berikut: biaya operasional, kecocokan dengan tiang pancang, keterampilan tenaga kerja, kecocokan dengan lokasi/site proyek, produktivitas alat, ketersediaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, tingkat kesulitan pelaksanaan, pengalaman tenaga kerja, dan teknologi.

1. **Wateno Oetomo<sup>1</sup>, Arif Sugiharto<sup>2</sup>, 2013** “Pemerintah Kota Surabaya berupaya menanggulangi kemacetan lalu lintas kota terutama di pusat kota Jl. Ahmad Yani dengan jalan pembuatan *Frontage Road*. Pada saat pelaksanaan konstruksi ditemukan kondisi daya dukung tanah yang kurang memadai sehingga harus dilakukan upaya untuk melakukan stabilisasi tanah dalam pelaksanaan pembuatan lapis pondasi yang pada akhirnya akan menyebabkan penambahan biaya pelaksanaan pekerjaan dari anggaran yang telah ditentukan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk melakukan pengkajian apakah konstruksi jalan *Frontage Road* Jl. A. Yani ruas BRI-Siwalankerto yang semula menggunakan konstruksi perkerasan lentur apabila digantikan dengan konstruksi perkerasan jalan kaku akan memberikan keuntungan dari segi biaya pelaksanaan maupun aspek biaya perawatan operasional jalan tersebut sesuai umur rencana yang telah ditetapkan. Obyek pada penelitian ini adalah perkerasan jalan kaku dan lentur pada proyek *frontage road* Jl. A Yani ruas BRI-Siwalankerto Kota Surabaya. Instrumen dalam penelitian ini adalah efisiensi biaya antara jalan perkerasan kaku (*rigid*) dengan jalan perkerasan lentur (ATB) pada *frontage road* Jl. A. Yani ruas BRI-Siwalankerto Kota Surabaya, meliputi penentuan kelas jalan, analisis desain tebal perkerasan, dan penentuan biaya-biaya”.
2. **Koespiadi<sup>1</sup>, Sri Wiwoho Mudjanarko<sup>2</sup>, 2018** “Perubahan pada struktur konstruksi rumah minimalis skala kecil di Indonesia semakin waktu terdapat perubahan. Perubahan yang terjadi khususnya mempertimbangkan

penggunaan material konstruksi yang lebih ekonomis namun memenuhi syarat struktur. Perubahan structural yang terjadi yaitu pada bagi bawah rumah. Bagian struktur bawah air yang dimaksud ada pondasi. Selama ini rumah di Indonesia menggunakan pondasi batu daripada pondasi lainnya. Pondasi batu dianggap relative murah, mudah dikerjakan, materialnya mudah dan tanpa membutuhkan keahlian khusus. Permasalahan yang terjadi pada pembangunan dengan pondasi batu adalah sedikitnya kemauan atas dampak kontinuitas lingkungan alam sekitar. Penelitian dengan menggunakan pondasi yang berbeda dari pondasi batu yang telah digunakan dengan hasil yang baik pada konstruksi rumah. Penelitian ini merupakan perpanjangan dari penelitian sebelumnya yang juga mencoba spesifikasi model pondasi yang berbeda. Harapan utama dari manufaktur menggunakan model yang berbeda yaitu akan diketahui seberapa pentingnya pondasi menerima tekanan kompresif untuk membuktikan pondasi yang layak digunakan. Harapan lainnya ada bahwa pondasi yang diteliti memiliki manfaat yang berbeda dibandingkan dengan pondasi batu. Berbagai eksperimen campuran beton menggunakan material yang berbeda telah dilakukan untuk memperoleh hasil yang baik termasuk eksperimen specimen uji pondasi. Pondasi trapesium pada percobaan ini diharapkan bersandar pada kekuatan tanah pada kondisi minimum. Elemen pada tanah akan mempengaruhi kapasitas bawaan pondasi. Model pondasi trapesium diharapkan dapat memenuhi implementasi dengan kondisi tanah yang kurang stabil. Pengembangan konstruksi pondasi trapesium dapat

dilakukan dengan melibatkan pihak swasta sehingga dapat digunakan dengan lebih luas.

3. **Pradeep N. Payghan<sup>1</sup>, Prof. Girish Sawai<sup>2</sup>, 2017** “Jembatan adalah struktur yang mencakup sangat banyak komponen struktur baik yang terlihat maupun yang berada di bawah tanah, jembatan bias terlihat sederhana namun analisis dan desain struktur dari semua komponennya, bahkan jembatan yang paling sederhana sekalipun bisa cukup menyusahkan dan rumit terutama sehubungan dengan berbagai elemen superstruktur dan substruktur jembatan. Untuk jembatan yang terletak di sungai besar harus dibuat dengan dukungan pondasi seperti pondasi sumur atau tiang pancang, desain yang melibatkan upaya komputasi yang panjang. Insinyur jembatan harus dilengkapi dengan perlengkapan komputasi yang berguna untuk secara cepat dan andal dalam menentukan kesesuaian berbagai layout dan konfigurasi dari substruktur sebelum finalisasi desain paling optimum dari substruktur. Dalam tesis ini telah dilakukan upaya untuk menganalisis dan mendasin substruktur untuk jembatan dengan bentang sederhana dengan dukungan berbagai software teknik structural yang tersedia. Program komputer seperti *Autodesk InfraWorks*, *STAAD Pro*, *BEAVA* & *Staad Foundation* akan digunakan untuk tujuan ini. Program tersebut mencakup analisis dermaga melingkar dan juga termasuk opsi untuk analisis dan desain pondasi tiang pancang berdasarkan *IS Codes of Practice* yang relevan”.

4. **Muhammad Tariq A. Chaudhary, 2016** “Secara tradisional, pondasi tipe pijakan penyebaran dangkal digunakan untuk jembatan bentang menengah yang didukung tanah keras dan strata batuan. Jembatan seperti itu dimodelkan dengan penyangga tetap dan tidak ada *Soil-Foundation-Structure Interaction* (SSI) yang biasa dipertimbangkan. Investasi yang disajikan di sini menggunakan teknik substruktur dan model *Finite Element Method* (FEM) untuk analisi jembatan empat bentang yang didesain untuk lima kelas batu yang berbeda dan mengalami ansambel gerakan tanah aktual. SSI yang tergabung melalui *Winkler spring* selagi perilaku *column non-linear* beton bertulang dimodelkan oleh model linear yang setara. Hasil dari penelitian dievaluasi untuk menggabarkan efek dari SSI dan *column non-linear* pada parameter respon seismic dari jembatan yang berpondasi batu. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa SSI tidak dapat diabaikan dalam semua kelas batuan dan input gerakan tanah. Lebih lagi, *pier column non-linearity* mempengaruhi perpindahan jembatan dan pergeseran dasar lebih signifikan daripada SSI. Dampak dari pondasi goyangan juga diperiksa dan ditemukan bahwa lebih kurang signifikan terhadap parameter respons karena impedansi goyangan tinggi dari pondasi jembatan yang dirancang dengan baik.
  
5. **Zulkifli Faisal, 2014** “Analisis Struktur Pondasi dan Abutmen Jembatan pada Proyek Jalan Tol Cimanggis-Cibitung” Rancangan Jembatan Cibereum dengan di ruas jalan Ciawi-Singaparna mengalami beberapa kali *review design* khususnya bagian struktur bawah dikarenakan kurangnya dana pembangunan

daerah dari Pemerintahan Kabupaten Tasikmalaya. Penulis mencoba mencari desain alternatif struktur bawah dengan mengurangi jumlah bentang dari 5 (lima) menjadi 3 (tiga). Desain alternatif struktur bawah terdiri dari 2 (dua) abutmen, 2 (dua) pilar, dan 4 (empat) pondasi. Setelah dilakukan analisa perhitungan, maka diperoleh hasil sebagai berikut: Abutmen yang terpilih adalah tipe kantilever dengan tinggi 4 meter, lebar 3,8 meter, dan panjang 10 meter. Pilar yang terpilih adalah tipe pilar portal bertingkat dengan tinggi 30,22 meter, lebar 12,5 meter, dan panjang 12,5 meter. Pondasi pada titik A1 dan A2 digunakan tipe pondasi sumuran dengan diameter 2 m dan kedalaman 5 meter. Pondasi pada titik P1 dan P2 digunakan tipe pondasi sumuran dengan diameter 3 m dan kedalaman 7 meter. Untuk struktur atas, pada ketiga bentang digunakan jembatan rangka baja agar didapat nilai bentang yang lebih besar dari bentang sebelumnya yang menggunakan jembatan komposit”.

6. **Estevão de Carvalho. 2016 Nurmansyah Alami2. 2012** “Analisis Penggunaan Pondasi Telapak Gabungan pada Jembatan Bentang Pendek” Bangunan bawah Jembatan merupakan suatu bagian dari struktur bangunan Jembatan yang sangat menentukan dalam komposisi struktur jembatan itu sendiri baik itu dari segi kemampuan menerima beban apakah itu beban horizontal, beban vertikal, beban gempa maupun beban angin dan lain lain, struktur bangunan bawah ikut memegang peranan sangat penting, karena tanpa sesuatu perencanaan yang baik pada struktur bangunan bawah jembatan yang meliputi “Abutment, Oprit jembatan, Plat injak dan Retaining wall, maka



bangunan atas jembatan pun tidak akan berfungsi dengan baik kalau bangunan bawahnya tidak mampu menerima beban beban yang disalurkan dari bangunan atas jembatan ke struktur bangunan bawah jembatan. Kedua abutment yang direncanakan memiliki ketinggian 6 m, tanpa pilar tengah karena lebar sungai adalah 60 m dengan satu bentangan. Perencanaan yang dilakukan yaitu menghitung beban - beban yang bekerja pada abutment serta gunakan metode perbaikan tanah untuk menstabilkan lereng yang mengakibatkan longsor pada daerah disekitar kedua pangkal jembatan. Kerusakan struktur pada timbunan akibat penurunan tanah di bawah struktur sering menyebabkan kerugian bagi berbagai pihak, sehingga perencanaan struktur bangunan bawah jembatan yang meliputi abutment, oprit jembatan, plat injak dan retaining wall merupakan solusi untuk menyelesaikan kegagalan konstruksi akibat timbunan di atas lereng dengan material pembentuk tanah lunak adalah perbaikan tanah (*prefabricated*)”.

7. **Elfran Budy Prastowo, 2012 “**

Penerapan VE pada bidang konstruksi merupakan suatu pendekatan yang dilakukan secara sistematis oleh tim dari banyak disiplin ilmu yang melakukan fokus pada nilai dan fungsi. Penerapan VE pada proyek konstruksi mempunyai potensi penghematan yang cukup besar dari anggaran biaya proyek. Penerapan VE yang dilakukan pada proyek konstruksi, teknik dan alternatif yang dipakai berbeda-beda, hal ini disebabkan karena pendekatan yang dipakai, kondisi budaya, dan sistem procurement yang berbeda. Tujuan

dari penelitian ini untuk mengidentifikasi praktik VE di Indonesia, mengkaji faktor sukses dalam praktik tersebut, pengetahuan dan pengalaman tentang VE, dan kendala-kendala yang sering dihadapi dalam praktik VE. Metode penelitian dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden yang memiliki pengetahuan tentang VE. Data yang didapat dari kuesioner dianalisis menggunakan analisa deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan VE di Indonesia dilakukan pada proyek yang sedang diusulkan maupun pada proyek yang sedang berjalan, pengetahuan dan pengalaman pelaku konstruksi menjadi factor sukses utama, pelaku konstruksi memiliki pengetahuan yang cukup tentang VE, dan kurangnya pengetahuan tentang VE menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan VE di Indonesia”.

8. **Mario Christian Sombah, 2016** “Metode Value Engineering adalah suatu metode yang menganalisa masalah – masalah suatu proyek melalui pendekatan yang sistematis dan terorganisir dengan menghilangkan biaya – biaya yang tidak diperlukan tanpa mengurangi fungsi, penampilan, kualitas dan keandalan dari proyek tersebut. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui besarnya penghematan biaya pelaksanaan pemancangan dan faktor – faktor yang mempengaruhinya. Proyek Interchange Manado By Pass merupakan bagian dari pembangunan outter ring road Manado. Proyek ini menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya. Untuk mengerjakan pekerjaan pondasi pada proyek yang menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya tentunya diperlukan suatu alat yang disebut alat pancang.

Pemilihan alternatif alat pancang merupakan masalah multi kriteria yang meliputi faktor-faktor kuantitatif dan kualitatif. Salah satu metode yang bisa digunakan dalam pemilihan alternatif alat pancang adalah dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Analisis VE dilakukan berdasarkan pembobotan kriteria kuantitatif hasil perhitungan yang dinormalisasi dan kriteria kualitatif’.

## **2.2. Dasar Teori**

Perencanaan Jembatan yang dilakukan oleh peneliti memakai persyaratan teknis dan kriteria perencanaan teknis jembatan BM 100 tahun 2017 dan Standart Gempa tahun 2017 sebagai berikut:

### **2.2.1. Jenis Pondasi Berdasarkan Kedalaman**

Terdapat 2 (dua) jenis pondasi berdasarkan kedalaman yaitu:

1. Pondasi dangkal yaitu pondasi yang kedalamannya masih dekat dengan permukaan tanah.
2. Pondasi dalam yaitu pondasi yang kedalamannya cukup jauh dari permukaan tanah.

### **2.2.2. Daya Dukung Pondasi**

Daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan Pondasi beserta struktur di atasnya. Daya dukung tanah yang diharapkan untuk

mendukung Pondasi adalah daya dukung yang mampu memikul beban struktur, sehingga Pondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi.

Tanah memiliki sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila mendapat tekanan berupa beban. Apabila beban yang bekerja pada tanah Pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan di dalam tanah melampaui ketahanan geser Pondasi, maka akan terjadi keruntuhan geser pada tanah Pondasi.

Tujuan dari analisis daya dukung adalah untuk mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban Pondasi dan struktur di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan.

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan Pondasi adalah:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung harus dipenuhi.
2. Penurunan Pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khusus untuk penurunan tak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan struktur.

Persamaan-persamaan daya dukung yang berkaitan dengan sifat-sifat tanah, umumnya dibagi menjadi dua klasifikasi tanah, yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*granular soil*)

Contoh tanah berbutir kasar adalah tanah pasir. Salah satu parameter penting tanah pasir adalah sudut geser dalam,  $f$ . (*internal friction*).

2. Tanah berbutir halus (*cohesion soil*)

Contoh tanah berbutir halus adalah tanah lempung (*clay*) dan tanah lanau (*silt*). Parameter penting yang ada pada tanah ini adalah nilai kohesi tanah

Asumsi **Terzhagi** dalam menganalisis daya dukung:

1. Pondasi memanjang tak terhingga
2. Tanah di dasar Pondasi dianggap Homogen
3. Berat tanah di atas Pondasi dapat diganti dengan beban terbagi rata sebesar  $q = D \times g$ , dengan  $D$  adalah kedalaman dasar Pondasi,  $g$  adalah berat volume tanah di atas dasar Pondasi.
4. Tahanan geser tanah di atas dasar Pondasi diabaikan.
5. Dasar Pondasi kasar.
6. Bidang keruntuhan terdiri dari lengkung spiral logaritmis dan linier.
7. Baji tanah yang terbentuk di dasar Pondasi dalam keadaan elastis dan bergerak bersama-sama dengan dasarnya.
8. Pertemuan antara sisi baji dengan dasar Pondasi membentuk sudut sebesar sudut gesek dalam tanah  $\phi$ .
9. Berlaku prinsip superposisi.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah yaitu:

1. Pengaruh Bentuk Pondasi

Terzhagi memberikan pengaruh factor bentuk terhadap daya dukung ultimit yang didasarkan pada analisis Pondasi memanjang, yang diterapkan pada bentuk pondasi yang lain:

- Pondasi bujur sangkar:

$$q_u = 1.3 c.NC + 0.4 g.B.Ng \dots \dots \dots (2.1)$$

- Pondasi lingkaran:

$$q.U = 1.3 c.NC + .oNQ + 0,3. g.B.Ng \dots\dots\dots(2.2)$$

- Pondasi empat persegi panjang:

$$q.U = c.NC (1+0.3 B/L) + .oNQ + 0,5. g.B.Ng (1-0.2 B/L) \dots\dots\dots(2.3)$$

## 2. Pengaruh Air Tanah

Daya dukung tanah dipengaruhi oleh Berat Volume Tanah. Berat volume tanah sendiri dipengaruhi oleh kadar air dan kedudukan air tanah.

Bila letak air tanah sangat dalam dari muka tanah dan nilai jarak air tanah jauh lebih besar dibandingkan dengan lebar Pondasi ( $z > B$ ), maka:

- $g$  yang digunakan pada suku kedua dari persamaan daya dukung adalah  $gb$  (berat volume basah) atau  $gd$  (berat volume kering);
- $g$  yang digunakan pada suku ketiga dari persamaan daya dukung adalah  $gb$  (berat volume basah) atau  $gd$  (berat volume kering)

Bila letak air tanah berada di atas atau sama dengan dasar Pondasi ( $dw \leq B$ ), maka:

- $g$  yang digunakan pada suku ketiga dari persamaan daya dukung adalah  $g'$  (berat volume efektif). Karena zona geser terletak di bawah Pondasi yang sepenuhnya terendam air;
- Nilai  $o$  suku kedua pada kondisi muka air ini adalah  $o = g' (Df - dw) + gb.dw$ .

Bila letak muka air tanah berada.ada kedalaman  $z$  di bawah dasar Pondasi ( $z < B$ ), maka:

- Nilai  $g$  ada suku kedua dari persamaan daya dukung diganti dengan  $g_b$  bila tanahnya basah,  $g_a$  bila tanahnya kering.
- Nilai  $g$  ada suku ketiga menjadi  $g_{rt}$  karena masa tanah dalam zona geser sebagian terendam air:  $g_{rt} = g' + (g_b - g')$

Jika letak muka air tanah berada ada permukaan tanah ( $dw = 0$ ), maka:

- $g$  yang digunakan ada suku kedua dari persamaan daya dukung adalah  $g'$  (berat volume efektif).
- $g$  yang digunakan ada suku ketiga dari persamaan daya dukung adalah  $g'$  (berat volume efektif).

### 2.2.3. Keruntuhan Pondasi

Dalam keadaan batas di mana keruntuhan akan terjadi, maka akan terbentuk daerah keseimbangan plastis di sekitar pondasi yang bersentuhan dengan pondasi. Suatu daerah keseimbangan plastis tertentu diperkirakan terbentuk dengan pola yang sama, tidak hanya bila Pondasi ditempatkan pada permukaan, tetapi juga pada pondasi yang dibuat pada galian dalam atau pada bagian ujung tiang pancang.

Berdasarkan pengujian model yang dilakukan oleh Vesic (1963), keruntuhan pondasi ada 3 macam yaitu:

1. Keruntuhan geser umum
2. Keruntuhan geser lokal
3. Keruntuhan penetrasi

Tahapan dalam pengujian model keruntuhan pondasi adalah sebagai berikut:

1. Tahap 1 (Tanah dalam keadaan elastis): ketika beban awal diberikan, tanah di bawah Pondasi turun diikuti oleh doformasi tanah secara lateral dan vertikal.
2. Tahap 2 (Tanah dalam keadaan plastis): pembebanan diberikan lagi. Baji tanah terbentuk tepat di dasar Pondasi dan deformasi plastis tanah menjadi semakin dominan. Gerakan tanah pada kedudukan plastis dimulai dari tepi Pondasi.
3. Tahap 3: pada tahap ini deformasi bertambah akibat penambahan beban. Deformasi yang terjadi diikuti gerakan tanah ke arah luar yang diikuti pengembangan tanah permukaan.

#### **2.2.4. Penurunan Pondasi**

Skempton (1951) memberikan persamaan daya dukung ultimit Pondasi untuk tanah lempung jenuh. Faktor-faktor yang mempengaruhi perumusan daya dukungnya adalah faktor-faktor bentuk dan kedalaman Pondasi.

Penurunan Pondasi dibagi menjadi dua jenis:

1. Penurunan Segera (immediate settlement)

Penurunan yang terjadi segera setelah beban diberikan pada tanah. Biasanya terjadi pada jenis tanah berbutir kasar dan tanah butir halus yang tak jenuh.

2. Penurunan Konsolidasi.

Penurunan ini memiliki dua tahap, yaitu:

- a. Konsolidasi primer



Penurunan yang terjadi karena aliran air yang meninggalkan daerah yang terbebani sehingga terjadi pengurangan volume tanah yang diikuti juga oleh pengurangan kelebihan tekanan air pori. Besarnya penurunan tergantung dari waktu.

b. Konsolidasi Sekunder

Penurunan yang terjadi setelah konsolidasi primer selesai, dimana tegangan efektif akibat pembebanan telah konstan.

3. Penurunan total

Pondasi bila dirumuskan menjadi:

di mana:  $S$  = penurunan total

$S_i$  = penurunan segera (immediate settlement)

$S_C$  = penurunan konsolidasi primer

$S_S$  = penurunan konsolidasi sekunder

### 2.2.5. Perencanaan Bangunan Atas Jembatan

Apabila tidak direncanakan secara khusus maka dapat digunakan bangunan atas jembatan standar Bina Marga sesuai bentang ekonomis dan kondisi lalu-lintas air di bawahnya seperti:

1. Box Culvert (single, double, triple), bentang 1 s/d 10 meter.
2. Voided Slab sampai dengan bentang 6 s/d 16 meter.
3. Gelagar Beton Bertulang Tipe T bentang 6 s/d 25 m.
4. Gelagar Beton Pratekan Tipe I dan Box bentang 16 s/d 40 meter.
5. Girder Komposit Tipe I dan Box bentang 20 s/d 40 meter.

6. Rangka Baja bentang 40 s/d 60 meter.

Penggunaan bangunan atas diutamakan dari sistem gelagar beton bertulang atau box culvert serta Gelagar pratekan untuk bentang pendek dan untuk kondisi lainnya dapat menggunakan gelagar komposit atau rangka baja dan lain sebagainya.

Untuk perencanaan bangunan atas jembatan harus mengacu antara lain:

1. Perencanaan struktur atas menggunakan *Limit States* atau Rencana Keadaan Batas berupa Ultimate Limit States (ULS) dan Serviceability Limit States (SLS).
2. Lawan lendut dan lendutan dari struktur atas jembatan harus dihitung dengan cermat, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang agar tidak melampaui nilai batas yang diizinkan yaitu simple beam  $< L/800$  dan kantilever  $L/400$ .
3. Memperhatikan perilaku jangka panjang material dan kondisi lingkungan jembatan berada khususnya selimut beton, permeabilitas beton, atau tebal elemen baja dan galvanis terhadap resiko korosi ataupun potensi degradasi material.

#### **2.2.6. Perencanaan Pondasi Dangkal**

Jenis fondasi yang sering digunakan oleh sebagian orang terutama gedung adalah jenis fondasi telapak atau dikenal juga dengan nama foot plate. Pada penelitian ini digunakan pada struktur pondasi bawah jembatan. Jenis konstruksi ini lazimnya menggunakan beton bertulang dengan ukuran dan detail penulangan tertentu. Sesuai dengan analisa teknis fondasi tersebut harus mampu berfungsi

sesuai dengan peruntukannya ada umumnya, faktor aman untuk beban tarik lebih besar dari beban tekan.

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung beban rencana yang dihasilkan dari struktur atas berdasarkan gambar situasi yang diperoleh.

Untuk merencanakan *abutment* dan fondasi telapak gabungan ini harus memperhatikan beban struktur atas yang ditopang serta kondisi tanah. Selain itu juga harus mempertimbangkan muka air pada irigasi yang digunakan untuk mengaliri persawahan disekitarnya.

Perencanaan *Abutment* dan fondasi telapak gabungan yang telah direncanakan, di cek terhadap stabilitas internal, stabilitas eksternal, dan daya dukung tanah berdasarkan hasil sondir. Jika semua syarat aman terpenuhi maka analisis perhitungan berakhir. Namun, jika terdapat syarat yang tidak terpenuhi maka perlu dilakukan perencanaan dan analisis perhitungan kembali sampai diperoleh hasil bahwa semua syarat aman terpenuhi.

### **2.2.7. Pembebanan**

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Berikut ini akan disajikan jenis-jenis beban, data beban serta faktor faktor dan kombinasi pembebanan sebagai dasar acuan bagi perhitungan struktur (LRFD, 2008).

### 1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan beban yang bekerja akibat gravitasi yang bekerja tetap pada posisinya secara terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Yang termasuk beban mati adalah berat struktur sendiri dan juga semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri.

### 2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu konstruksi dan barang-barang yang dapat berpindah, mesin dan peralatan lain yang dapat digantikan selama masa pakai.

### **Beban Lalu Lintas**

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana

a. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 24. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur "D"

b. Intensitas beban “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa dengan besaran  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  yaitu seperti berikut :

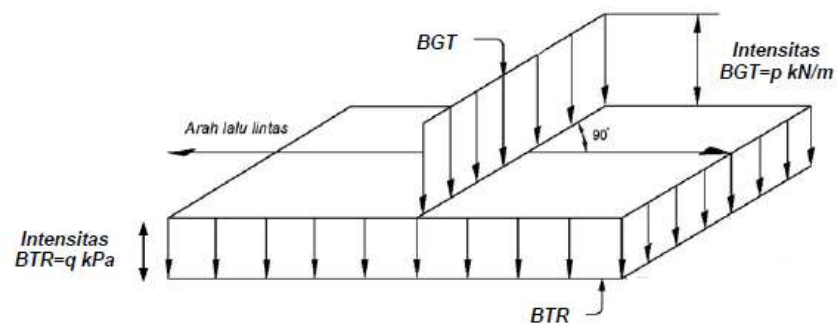
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m : } q = 9,0 \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m : } q = 9,0 (0,5 + L/15) \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

$q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

$L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.1 Beban lajur “D”

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m.

c. Gaya rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau,
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

3. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditunjukkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien – koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan.

4. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Besarnya beban gempa dasar nominal horizontal akibat gempa menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI – 2833 – 2008)

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik ( $C_{sm}$ ) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons ( $R_d$ ) dengan formulasi sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \dots\dots\dots(2.6)$$

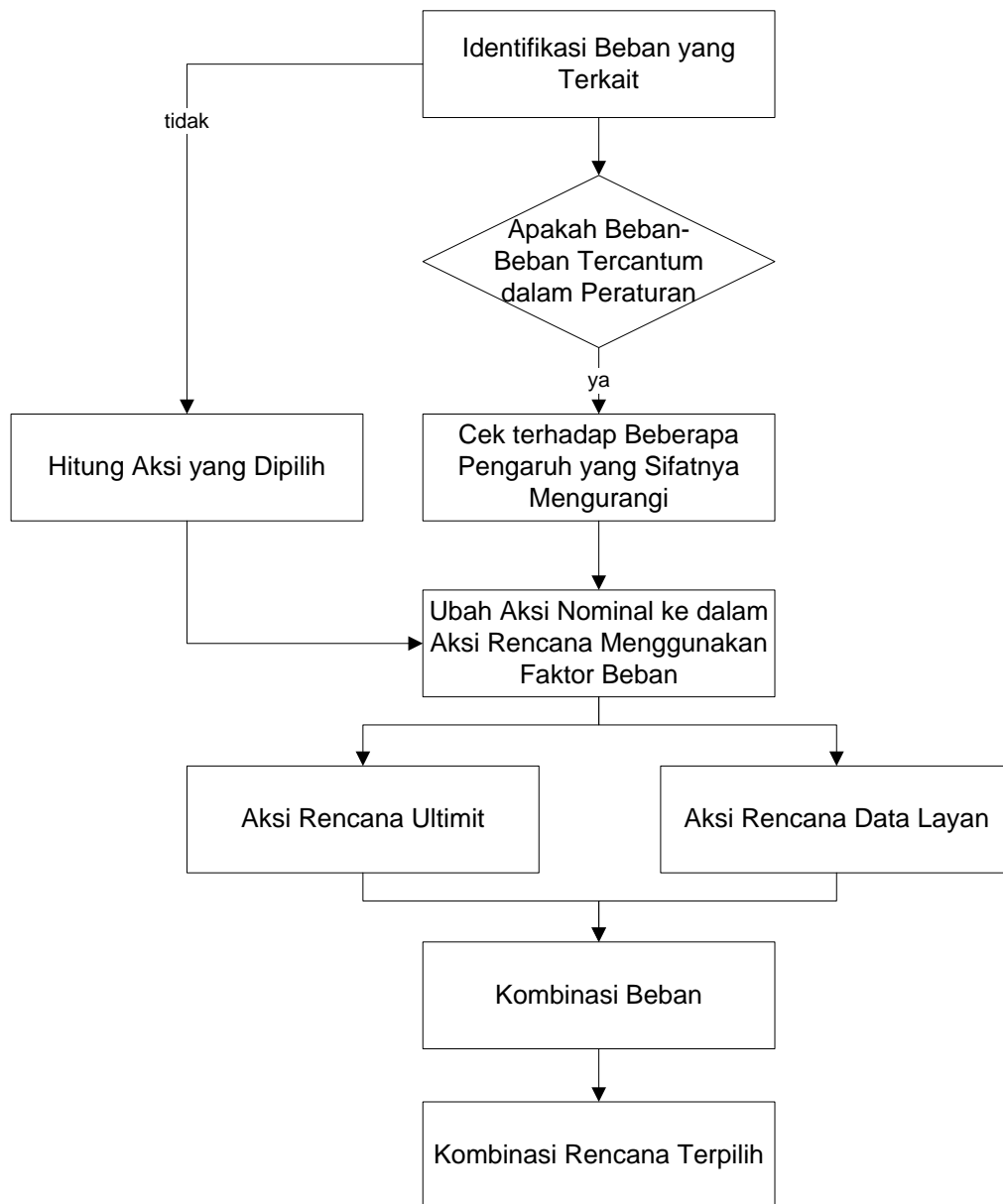
$E_Q$  : gaya gempa horizontal statis (kN)

$C_{sm}$  : koefisien respons gempa elastis

$R_d$  : faktor modifikasi respons

$W_t$  : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Koefisien respons elastik  $C_{sm}$  diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan.



Gambar 2.2 Tahapan Perencanaan Jembatan

Pembebanan untuk jembatan” memuat beberapa penyesuaian berikut:

1. Gaya rem dan gaya sentrifugal yang semula mengikuti Austroads, disesuaikan dengan AASHTO.

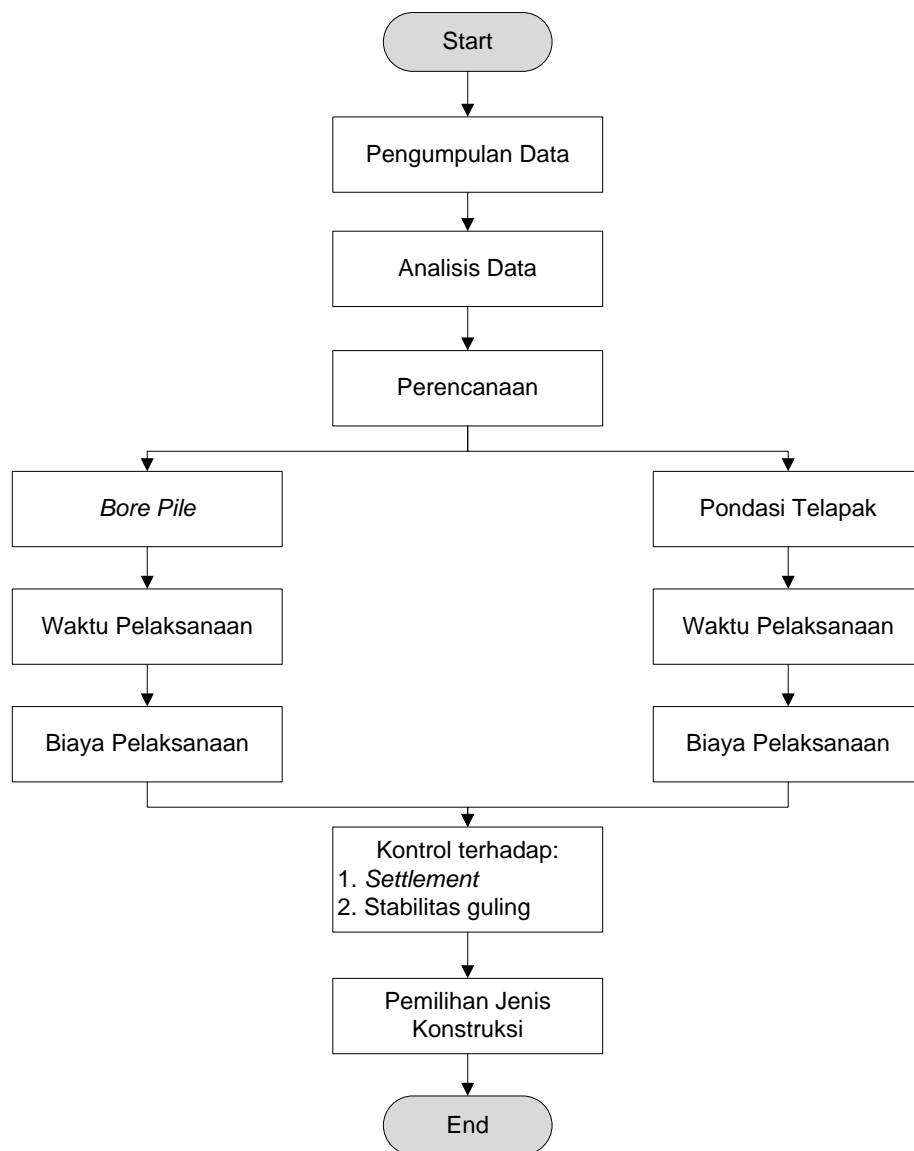


2. Faktor beban ultimit dari “Beban Jembatan” BMS-1992 direduksi dari nilai 2 ke 1,8 untuk beban hidup yang sesuai AASHTO; untuk boks baja faktor beban hidup menjadi 2,0.
3. Kapasitas beban hidup keadaan batas ultimit (KBU) dipertahankan sama sehingga dengan faktor beban 1,8 menimbulkan kenaikan kapasitas beban hidup pada keadaan batas layan (KBL) sebesar 11,1 %.
4. Kenaikan beban hidup layan atau nominal (KBL) meliputi:
  - “Beban T” truk desain dari 45 ton menjadi 50 ton.
  - Beban roda desain dari 10 ton menjadi 11,25 ton.
  - “Beban D” terbagi rata (BTR) dari  $q = 8$  kPa menjadi 9 kPa.
  - “Beban D” garis terpusat (BGT) dari  $p = 44$  kN/m menjadi 49 kN/m.
5. Beban mati ultimit (KBU) diambil pada tingkat nominal (faktor beban = 1) dalam pengecekan stabilitas geser dan guling dari fondasi jembatan.
6. Pembebanan gempa menggunakan peta gempa dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (gempa 1000 tahun).
7. Perhitungan tekanan tanah, lajur lalu lintas rencana, luas permukaan bidang kontak beban truk yang semula mengikuti BMS, disesuaikan dengan AASHTO yaitu sebesar 750 mm x 250 mm.
8. Pembebanan rencana railing dibuat sesuai dengan AASHTO dengan 6 kriteria kinerja.

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1. Bagan Alir Penelitian**

Penelitian dilakukan pada Proyek Strategis Nasional Pandaan Malang pada Pembangunan Proyek Jembatan Kereta Api dengan bagan alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Gambar Alir Penelitian

### **3.2. Subyek Penelitian**

Subyek penelitian dalam hal ini dengan mempertimbangkan kondisi tanah dasar pondasi jembatan yang cukup baik akan menganalisis struktur pondasi bawah jembatan. Dengan kondisi tanah yang cukup baik tersebut mengusulkan value engineering yang awalnya menggunakan pondasi tiang bore pile menjadi struktur pondasi telapak.

### **3.3. Instrumen Penelitian**

Penelitian diambil dari jurnal penelitian internasional, jurnal penelitian Nasional, tesis yang sudah dilakukan, serta data teknis lainnya untuk *review* desain.

### **3.4. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dipakai untuk penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari perencanaan Pembangunan Proyek Strategis Nasional Pandaan Malang dan untuk data primer dengan mengambil pengujian tanah dengan *bore log* dan data lainnya yang digunakan untuk perencanaan teknis.

### **3.5. Metode Analisis Data**

Metode analitis data pada perencanaan awal yang semula menggunakan struktur pondasi jembatan tiang *bore pile* dilakukan *review* desain menjadi struktur pondasi bawah menggunakan pondasi telapak. Tahapan analitis data sebagai berikut:

1. Pada tahap awal dilakukan survey data, baik data dari sumber sekunder (instansi terkait) maupun data primer yang diperoleh dari survey lapangan.
2. Melakukan pengujian data tanah dan properties dengan melakukan *bore log* ulang pada lokasi abutmen 1 dan abutmen 2 yang dilaksanakan oleh penyedia jasa PT. Pembangunan Perumahan (Persero).
3. Pengukuran survey lapangan untuk data alinemen horisontal dan vertikal jalan tol, jalan kereta api dan jaringan jalan desa lainnya.
4. Perhitungan *review* desain struktur pondasi bawah jembatan memakai pondasi telapak dengan program software Plaxis.
5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya pembangunan jembatan KA yang menggunakan struktur pondasi bore pile dan struktur pondasi telapak.