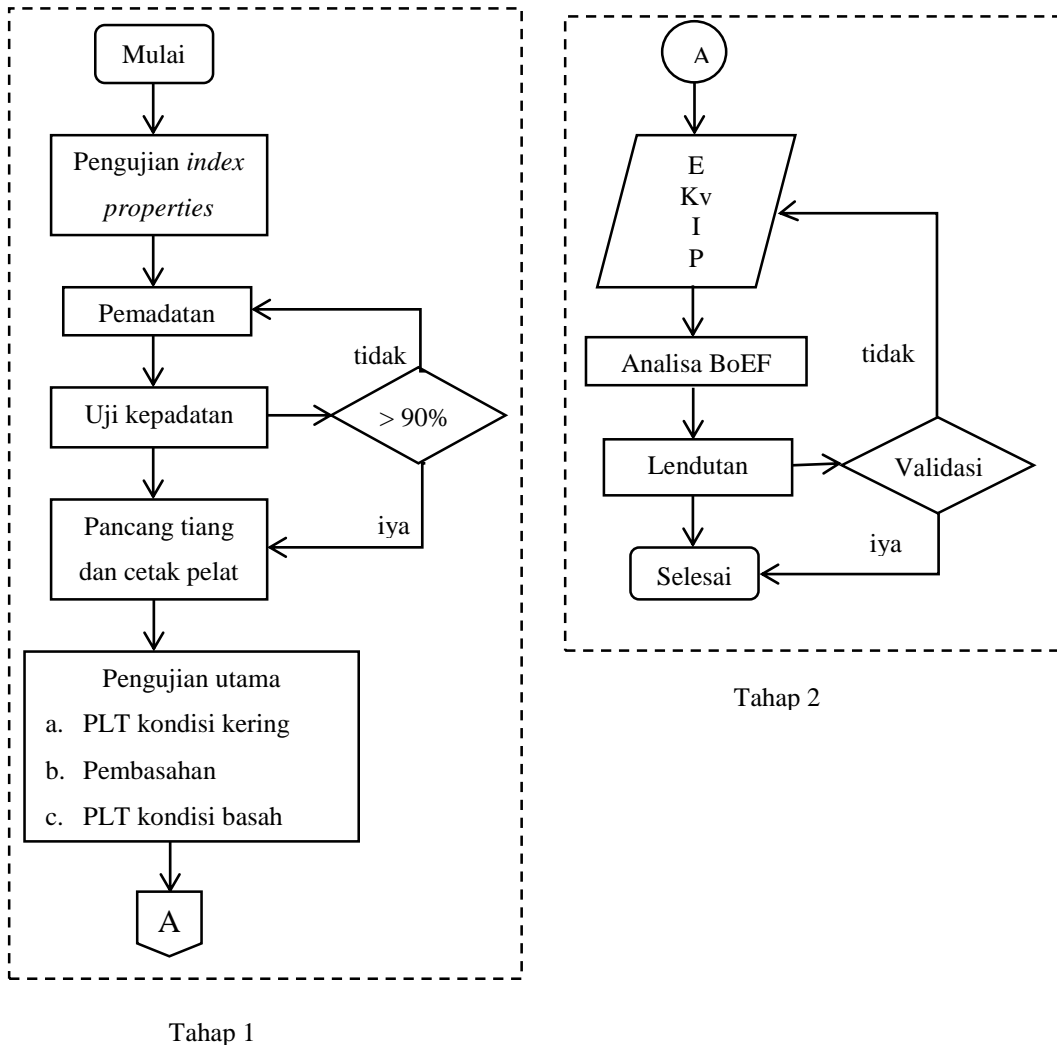


BAB III

METODE PENELITIAN

Analisa lendutan pelat dengan perkuatan tiang dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Beam on Elastic Foundation* (BoEF) yang diperkenalkan oleh Hetenyi pada tahun 1974. Analisa BoEF membutuhkan beberapa data pendukung seperti lendutan pelat dan modulus reaksi *subgrade* dan penambahan nilai modulus reaksi *subgrade*. Langkah-langkah analisa dibagi menjadi dua tahap, tahap pertama merupakan tahap pengujian di laboratorium, sedangkan tahap dua merupakan tahap analisa dengan Program *Beam on Elastic Foundation*. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 bagan alir pengujian.



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

3.1. Objek Penelitian

3.1.1. Tanah

Benda uji berupa tanah lempung ekspansif yang berasal dari Ngawi, Jawa Timur. Tanah yang digunakan berupa contoh tanah kering udara dan lolos saringan No. 4 (4,75 cm). Benda uji dimasukkan kedalam box ukuran $300 \times 50 \times 80$ cm. Box terbuat dari baja dengan tiang penyangga beban. Salah satu sisi box terbuat dari *fiber glass*. Tanah yang digunakan sebelumnya telah diuji di Laboratorium Geoteknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan standar acuan American Standard Test Material (ASTM). Hasil pengujian menunjukkan hasil seperti ditampilkan pada tabel 3.1. Analisa index properties tanah dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 3.1 *Index properties* tanah

| Jenis Pengujian | Standar | Nilai |
|--|-------------|-------|
| Berat Jenis | ASTM D 854 | 2,69 |
| Gradasi | ASTM D 422 | |
| Fraksi lolos saringan 200 | | 88,06 |
| Klasifikasi USCS | | CH |
| Klasifikasi AASHTO | | A-7-6 |
| Batas-batas atterberg | | |
| Batas cair (%) | ASTM D 4318 | 95,8 |
| Batas plastis (%) | ASTM D 4318 | 29,13 |
| Batas susut (%) | ASTM D 4318 | 10,9 |
| Indeks plastisitas PI (%) | | 66,66 |
| Berat volume kering maksimum, (kN/m ³) | | 13,64 |
| Kadar air optimum, OMC (%) | ASTM D 698 | 14,9 |
| Aktifitas tanah | ASTM D 698 | 3,7 |
| Tekanan pengembangan (kPa) | | 140 |
| Persen pengembangan (%) | | 13,56 |

Berdasarkan data OMC (*Optimum Moisture Content*) dan (*Maximum Dry Density*) didapatkan jumlah kebutuhan tanah untuk satu benda uji sebesar 1205 kg. Satu benda uji terdiri dari lima lapis tanah. Sehingga setiap lapis tanah membutuhkan benda uji sebesar 241 kg. Kemudian tanah yang telah siap dimasukkan kedalam *box* yang telah disiapkan dengan langkah-langkah seperti berikut ini.

- Box dengan dimensi $300 \times 50 \times 80$ cm dibersihkan, kemudian pada bagian sambungan antar kaca diberi lem supaya air tidak meresap keluar.
- Setiap ketinggian 10 cm diberi tanda hingga ketinggian 50 cm.
- Setiap jarak 75 cm diberi tanda untuk tempat pipa pengukur tinggi muka air.

- d. Pipa diameter $\frac{1}{2}$ inchi dan $\frac{3}{4}$ inchi dipotong dengan ukuran 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. masing-masing berjumlah dua.
- e. Pipa diameter $\frac{1}{2}$ inchi dimasukkan kedalam pipa diameter $\frac{3}{4}$ inchi. Kemudian pipa dengan ukuran panjang 50 cm dipasang pada sudut box di salah satu sisi ujung.
- f. Tanah lolos saringan nomor 4 dimasukkan sedikit demi sedikit lalu dipadatkan hingga ketinggian 10 cm.
- g. Tanah yang telah dipadatkan diuji kepadatannya. Apabila kepadatan tanah belum mencapai 90% maka tanah dipadatkan ulang hingga memenuhi syarat yang telah ditentukan.
- h. Setelah lapis pertama selesai, pipa PVC dengan panjang 40 cm diletakan 75 cm dari pipa 50 cm, kemudian tanah dihamparkan lalu dipadatkan dan diuji kepadatannya.
- i. Hal yang sama dilakukan sampai lapis tanah ke lima.

3.1.2. Pelat

a. Pelat beton

Pelat beton yang digunakan terbuat dari campuran mortar dan *wiremesh* diameter 1 mm dengan jarak 0,5 inchi sebagai tulangan. Pelat beton yang digunakan dibagi menjadi dua, yaitu pelat untuk uji lentur dan pelat untuk pemodelan struktur *rigid pavement*. Pelat untuk uji modulus elastisitas beton memiliki dimensi $70 \times 10 \times 2$ cm. Sedangkan pelat sebagai pemodelan *rigid pavement* memiliki dimensi $70 \times 30 \times 2$ cm.

b. Uji lentur pelat

Kuat lentur ialah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari hasil bagi antara momen lentur dengan momen penahan penampang balok uji. Balok uji yang digunakan adalah balok beton dengan ukuran panjang lebih dari empat kali lebar benda uji. Uji lentur menggunakan metode *two point load* dengan acuan ASTM C78/C78M-15a (*Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam with Third-Point Loading*). Nilai regangan yang didapatkan dapat berbeda

tergantung kepada ukuran benda uji, persiapan, kelembaban, lama perawatan, atau cara pembuatan benda uji.

Alat-alat yang digunakan untuk uji lentur beton antara lain

- 1) Mesin uji, mesin yang digunakan harus memenuhi standar *basis of verification, correction, dan time interval between verifications of practice*. Mesin uji harus dilengkapi perekam (*dial gauge*) nilai pembebanan dengan nilai ketelitian 1%. Mesin harus mampu bergerak secara kontinyu tanpa menyebabkan gangguan dan gerakan yang mendadak.
- 2) *Loading apparatus*, alat ini digunakan untuk memastikan bahwa beban yang bekerja tegak lurus permukaan benda uji dan tidak ada eksentrisitas yang terjadi. Semua alat yang digunakan harus mampu mempertahankan kondisi awal. Posisi antar blok beban dan tumpuan hanya diijinkan bergeser sebesar ± 1 mm. rasio jarak horizontal antara titik pembebanan dan reaksi terdekat $1 \pm 0,03$ mm.
- 3) Penyangga yang digunakan tidak boleh memiliki tinggi lebih dari 2,5 in (65 mm) dari pusat pivot dan harus melintang di seluruh lebar benda uji. Tumpuan hanya boleh diijinkan bergeser sebesar 0,05 mm (0,002 in). Tumpuan harus mampu kontak dengan benda uji dan pivot.

Metode pengujian seperti yang dijelaskan dalam ASTM Uji Lentur adalah sebagai berikut ini.

- 1) Kalibrasi alat uji tekan bebas.
- 2) Mesin uji dan blok tumpuan diatur sehingga jarak antar blok dengan mesin tekan sesuai dengan persyaratan.
- 3) Pelat diletakan simetris diatas tumpuan dengan bidang bekas cetakan sebagai bagian atas dan bawah.
- 4) Pelat ganjal diletakan di atas pelat beton sebagai penyebar beban terpusat dari mesin sehingga beban terbagi menjadi dua.
- 5) *Dial* beban diturunkan sampai menyentuh pelat penyebar beban.
- 6) *Dial gauge* dipasang pada titik-titik yang telah ditentukan.
- 7) Tuas penggerak beban dikunci, kemudian tombol up ditekan.

- 8) Nilai lendutan dan beban dibaca setiap 15 detik sekali hingga benda uji patah.

3.1.3. Tiang

Tiang yang digunakan merupakan tiang beton bertulang pre cast mini dengan dimensi 4 cm. Tiang yang digunakan memiliki panjang 10 dan 20 cm. Tiang dimodelkan sebagai tiang pancang. Berikut ini merupakan langkah-langkah pemancangan tiang benda uji.

- a. Batas-batas pelat diberi tanda.
- b. Titik-titik dimana tiang dipancang diberi tanda.
- c. Di setiap titik, tanah digali hingga kedalaman tiang yang akan dipancang.
- d. Tiang-tiang yang digunakan dimasukkan ke dalam lubang galian.
- e. Tanah yang sebelumnya digali ditambahkan kembali lalu dipadatkan menggunakan proktor modifikasi sehingga tanah tetap padat.

3.2. Analisa

3.2.1. Modulus elastisitas beton

Nilai modulus elastisitas dianalisa menggunakan prinsip *conjugated beams*. Dimana metode ini mengacu pada pengujian three point load untuk mengetahui lendutan yang terjadi. Berikut ini langkah-langkah analisa modulus elastisitas beton.

- a. Modulus elastisitas dicari pada setiap beban yang ditambahkan pada balok benda uji.
- b. Momen inersia penampang pelat dihitung dengan persamaan momen inersia untuk penampang persegi.
- c. Nilai penurunan hasil pengujian, panjang pelat, dan momen inersia dimasukkan pada persamaan 2.44.
- d. Modulus elastisitas diambil dari nilai maksimum modulus elastisitas ketiga benda uji pada saat beton berada dalam keadaan elastis.

3.2.2. Analisa BoEF

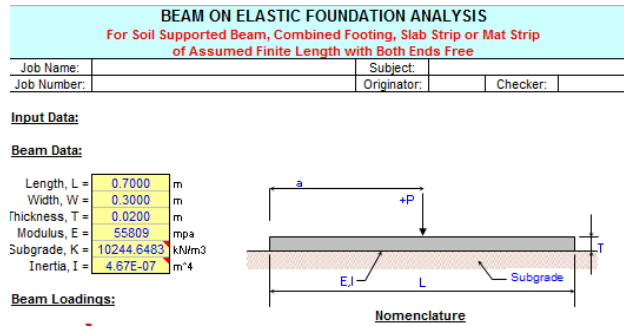
Analisa dengan metode *Beam on Elastic Foundation* dapat dilakukan dengan cara berikut ini.

- a. Data-data yang digunakan seperti dimensi pelat, modulus lentur pelat, dan modulus reaksi tanah dasar dimasukkan ke dalam program. Nilai k_v yang digunakan bervariasi dan dibedakan menjadi tiga variasi yaitu k_v analisa balik, k_v koreksi, dan k_v pengamatan. Data yang digunakan untuk analisa dapat dilihat pada Tabel 3.2. Nilai modulus elastisitas yang digunakan sebesar 55809 MPa.

Tabel 3.2 Nilai modulus reaksi tanah dasar

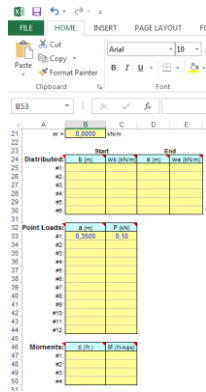
| k_v koreksi | | |
|---------------------|--------------|-------------|
| parameter | k_v kering | k_v basah |
| pelat tanpa tiang | 117647.059 | 8131.34 |
| pelat tiang 10 cm | 128654.971 | 8488.095 |
| pelat tiang 20 cm | 146842.8781 | 10244.648 |
| k_v pengamatan | | |
| parameter | k_v kering | k_v basah |
| pelat tanpa tiang | 50738.7245 | 2762.141 |
| pelat tiang 10 cm | 81894.1574 | 10214.211 |
| pelat tiang 20 cm | 88074.7985 | 38899.744 |
| k_v analisa balik | | |
| parameter | k_v kering | k_v basah |
| pelat tanpa tiang | 823529,412 | 32525,36 |
| pelat tiang 10 cm | 1929824,561 | 212202,381 |
| pelat tiang 20 cm | 1468428,781 | 665902,141 |

Nilai modulus reaksi tanah dasar koreksi berasal dari nilai k_v akibat pembebanan pada pelat lingkaran diameter 20 cm dengan tiang tunggal yang kemudian dikonfersikan ke k_v dengan ukuran 30 cm. modulus reaksi tanah dasar (k_v) pengamatan berasal dari analisa pelat tiang berkelompok. Apabila dari kedua nilai k_v tersebut belum menghasilkan nilai lendutan yang mendekati lendutan di laboratorium, maka diperlukan analisa ulang nilai k_v . Analisa k_v ini disebut k_v analisa balik, nilai k_v ini didapat dengan mengalikan nilai k_v koreksi dengan angka tertentu sehingga mendapatkan nilai k_v yang jika digunakan untuk analisa dapat menghasilkan lendutan yang mendekati lendutan di laboratorium.



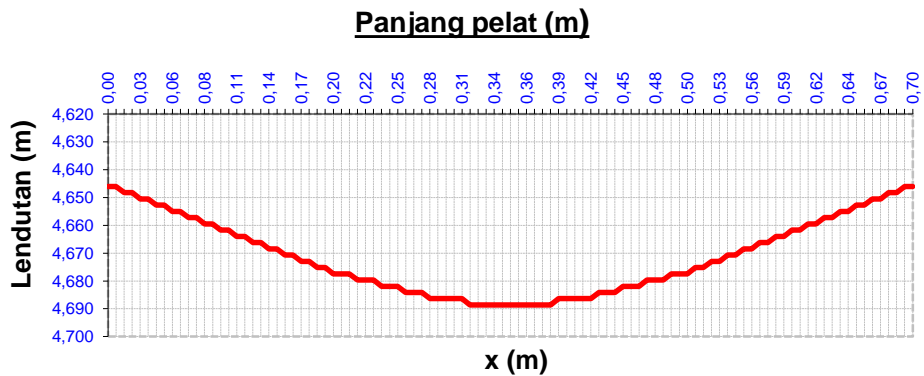
Gambar 3.2 Tampilan pada Program *Beam on Elastic Foundation* untuk memasukkan parameter yang digunakan.

- b. Beban yang bekerja dimasukkan, beban yang digunakan berupa beban terpusat yang berada di tengah bentang dengan rentang nilai 0,1 – 1,86 kN.

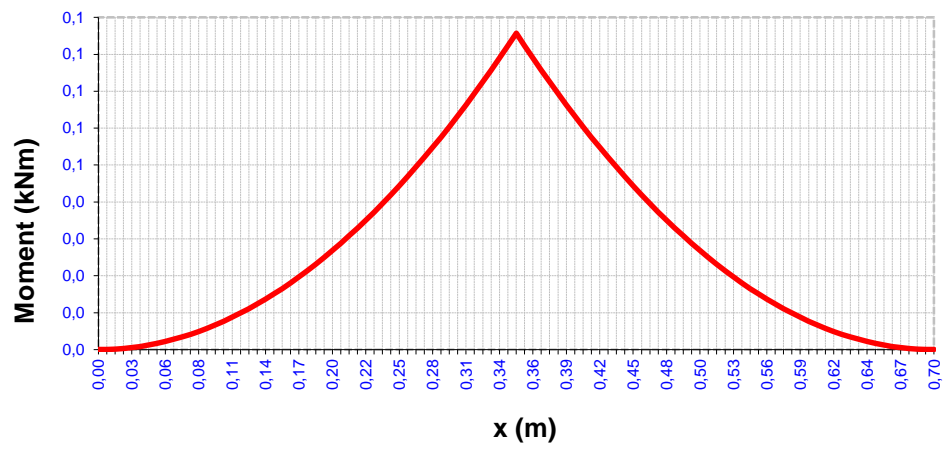


Gambar 3.3 Mengisi tabel beban terpusat pada program

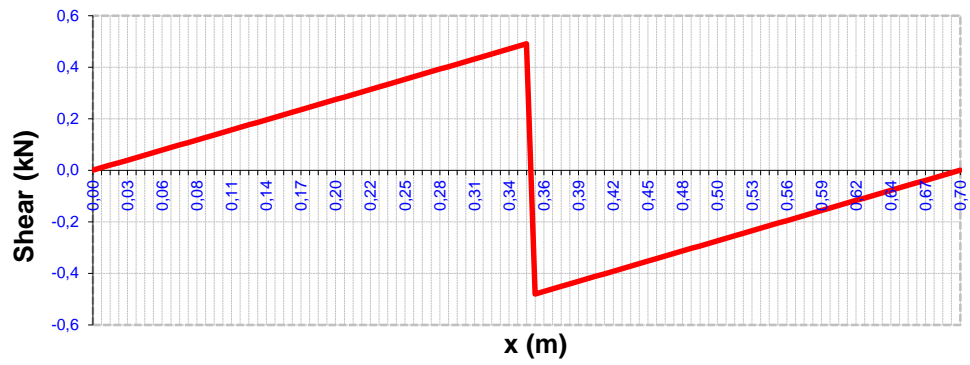
- c. Program akan berjalan secara otomatis setelah semua data dimasukan.
- d. Data lendutan, momen, dan gaya geser yang bekerja ditampilkan secara otomatis oleh program melalui tabel dan grafik. Gambar 3.4 menunjukkan grafik gaya geser, Gambar 3.5 merupakan grafik momen, dan *bearing preassure* yang terjadi dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.4 Lendutan pada setiap titik



Gambar 3.5 Momen pada pelat



Gambar 3.6 Gaya geser pada pelat

