

Pemodelan Rodit untuk Menghitung Gaya Lateral pada Pondasi Tiang Pancang Ujung Bebas pada Tanah Kohesif Menggunakan Metode *Brom's* Berbasis Mit App Inventor

Liong Leandro Liongono¹, Ardito Prangadji Saharuddin², Daniel Hartanto³, Hironimus Leong⁴

Email: ¹arditoshrdn@gmail.com

^{1,2} Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

^{3,4} Dosen Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

Abstrak

Pondasi adalah salah satu bagian awal dari sebuah struktur yang berperan sangat penting untuk menopang beban di atasnya. Pondasi tiang pancang termasuk ke dalam bagian struktur bawah bangunan yang berguna untuk menahan beban aksial dan juga beban lateral pada perencanaannya. Tiang pancang yang digunakan pada penelitian ini merupakan tipe tiang pancang panjang ujung bebas yang memiliki berbagai bentuk penampang antara lain: tiang pancang segitiga, bujur sangkar dan lingkaran dengan jenis tanah kohesif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang ujung bebas akibat gaya lateral, pemodelan Rodit berbasis MIT App Inventor dan juga melakukan perbandingan hasil perhitungan manual dengan Rodit. Hasil penelitian ini dapat mengetahui besarnya gaya lateral ultimit (Q_u), gaya lateral ijin (Q_{ijin}), defleksi (y_0) dan rotasi (θ) yang terjadi pada pondasi tiang tiang pancang tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Brom's*. Dari hasil perbandingan perhitungan manual dengan model Rodit diperoleh hasil $Q_u = 1.195,012$ kg, $Q_{ijin} = 478$ kg, defleksi tiang (y_0) = 0,475 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00205 rad, untuk tiang pancang bujur sangkar memiliki hasil $Q_u = 3.111,58$ kg, $Q_{ijin} = 1.244,63$ kg, defleksi tiang pancang (y_0) = 0,993 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,0031 rad dan tiang pancang lingkaran memiliki hasil $Q_u = 6.572,98$ kg, $Q_{ijin} = 2.629,19$ kg, defleksi tiang pancang (y_0) = 0,777 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00181 rad. Selisih yang didapat sebesar 0 dengan presentase *error* 0%.

Kata Kunci: Gaya Lateral, Metode *Brom's*, Pondasi Tiang Pancang dan MIT App Inventor.

Abstract

The foundation is one of the initial parts of a structure that plays a very important role in supporting the load on it. The pile foundation is included in the substructure of the building which is used to withstand axial loads and also lateral loads in its design. The piles used in this study are long free-end piles which have various cross-sectional forms, including: triangular, square and circular piles with cohesive soil types. This study aims to analyze the bearing capacity of free end pile foundations due to lateral forces, modeling Rodit based on the MIT App Inventor and also to compare the results of manual calculations with Rodit. The results of this study can determine the ultimate lateral force (Q_u), allowable lateral force (Q_{ijin}), deflection (y_0) and rotation (θ) that occur in the pile foundation. The method used in this research is Brom's method. From the comparison of manual calculations with the Rodit model, the results obtained are $Q_u = 1,195.012$ kg, $Q_{ijin} = 478$ kg, pile deflection (y_0) = 0.475 cm and pile rotation (θ) = 0.00205 rad, for square piles the results are $Q_u = 3111.58$ kg, $Q_{ijin} = 1244.63$ kg, pile deflection (y_0) = 0.993 cm and pile rotation (θ) = 0.0031 rad and circular pile has $Q_u = 6572.98$ kg, $Q_{ijin} = 2629, 19$ kg, pile deflection (y_0) =

0.777 cm and pile rotation (θ) = 0.00181 rad. The difference obtained is 0 with a percentage error of 0%.

Keywords: Lateral Force, Brom ' Methods, Pile Foundation and MIT App Inventor.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian paling awal dari pembangunan sebuah struktur yang memiliki peran yang sangat penting untuk menerima beban bangunan di atasnya antara lain beban mati dan beban hidup dan pada beban tersebut akan diteruskan ke dalam tanah hingga pada kedalaman tertentu. Struktur dibagi menjadi dua bagian yaitu struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah merupakan bagian dari pondasi yang menopang struktur atas dan memiliki interaksi langsung dengan tanah sehingga dapat memberikan keamanan pada struktur bagian atas (Aulia R, et al., 2019).

Pondasi tiang pancang termasuk salah satu jenis pondasi dalam dan memiliki berbagai jenis material yang berbeda antara lain tiang pancang beton, tiang pancang baja, tiang pancang kayu, yang digunakan untuk menyalurkan beban-beban dari struktur bagian atas melewati tanah lunak menuju tanah keras. Pondasi tiang pancang direncanakan selain menahan beban aksial juga harus direncanakan perhitungan beban lateral. Beban lateral memiliki sumber dari beban angin, beban gempa dan tekanan tanah pada dinding penahan. (Aulia R, et al., 2019).

Tiang pancang dapat dibedakan dari model pada ikatannya dengan plat penutup tiang. Pada model ikatan tersebut dapat memengaruhi kelakuan pada tiang dalam mendukung beban lateral. Model ikatan dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu tiang ujung jepit (*fixed end pile*) dan tiang ujung bebas (*free end pile*) (Alihudien A, et al.,).

Pondasi tiang pancang juga memiliki peran penting dalam segi keamanan yaitu menahan gaya angkat (*up-lift force*). Faktor keamanan digunakan untuk menghindari

penurunan yang berlebih di atas batas wajar dan dapat membahayakan struktur bagian atas. Faktor keamanan sangat berperan penting dalam sebuah konstruksi karena faktor keamanan memiliki batasan tertentu supaya konstruksi tersebut tidak gagal.

Saat ini teknologi informasi memiliki perkembangan yang sangat pesat. Dengan pesatnya perkembangan ini dapat mengubah cara pandang masyarakat dalam mengenal teknologi informasi antara lain teknologi informasi ini dapat digunakan sebagai surat kabar, media belajar, menghubungkan seseorang dari jarak jauh dan lain-lain. Tentunya hal ini akan mempermudah kegiatan masyarakat yang menggunakannya (Edriati S, et.al., 2021).

Massachusetts Institute of Technology (MIT) merupakan sebuah universitas swasta di Kota *Cambridge, America*. *App Inventor* adalah aplikasi *web* dengan sumber terbuka yang awalnya dikembangkan *Google* dan sekarang dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology*. *App Inventor* menggunakan *interface* secara grafis, maka dari itu pengguna dapat melakukan *drag and drop* untuk dapat mengubah ide ke dalam bentuk objek visual sehingga bisa dioperasikan ke dalam perangkat *smartphone*.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Perumusan pada laporan tugas akhir Pemodelan Rodit Untuk Menghitung Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Ujung Bebas Pada Tanah Kohesif Menggunakan Metode *Brom's* Berbasis *MIT App Inventor* sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil gaya lateral ultimit, gaya lateral ijin, defleksi dan rotasi pada program aplikasi perhitungan tiang pancang ujung bebas.

2. Membuat program aplikasi perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* berbasis MIT *App Inventor*.
3. Menganalisis perbandingan perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas secara manual dengan perhitungan menggunakan program aplikasi berbasis MIT *App Inventor*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada laporan tugas akhir sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil gaya lateral ultimit, gaya lateral ijin, defleksi dan rotasi pada program aplikasi perhitungan tiang pancang ujung bebas pada penampang segitiga, bujur sangkar dan lingkaran.
2. Membuat program aplikasi untuk menghitung gaya lateral pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* berbasis MIT *App Inventor*.
3. Menganalisis perbandingan hasil perhitungan menggunakan program aplikasi dengan perhitungan manual.

1.4. Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah penelitian pada Pemodelan Rodit Untuk Menghitung Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Ujung Bebas Pada Tanah Kohesif Menggunakan Metode *Brom's* Berbasis MIT *App Inventor* sebagai berikut:

1. Program dasar menggunakan MIT *App Inventor*.
2. Penelitian ini hanya dibatasi dalam perhitungan gaya lateral.
3. Perhitungan dilakukan secara manual dan diaplikasikan ke model Rodit berbasis MIT *App Inventor*.
4. Perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*.
5. Pondasi tiang pancang memiliki bentuk penampang segitiga, bujur sangkar dan lingkaran.

6. Data yang digunakan yaitu data lapangan uji SPT (N-SPT) dan data tiang pancang (mutu beton, dimensi tiang pancang (b), panjang tiang yang muncul dari permukaan tanah dan kedalaman tertanam).
7. Kedalaman tertanam tiang harus lebih besar dari dimensi tiang pancang (b).
8. Studi kasus yang digunakan merupakan rumah tinggal 2 lantai di Jl. Puri Anjasmoro Blok N.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Pemodelan Rodit Untuk Menghitung Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Ujung Bebas Pada Tanah Kohesif Menggunakan Metode *Brom's* Berbasis MIT *App Inventor* sebagai berikut:

1. Mempermudah dan membantu pengguna dalam melakukan perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* berbasis aplikasi Rodit.
2. Meminimalisir terjadinya *error* pada perhitungan pemodelan Rodit berbasis MIT *App Inventor*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gaya Lateral

Beban lateral adalah satu beban yang mempunyai arah *horizontal*. Beban lateral dapat berasal dari dua sumber yaitu angin dan gempa bumi. Akibat kedua pembebanan lateral tersebut adalah *overturning* pada bangunan yang dapat menyebabkan bertambah atau berkurangnya beban vertikal. Besarnya beban lateral yang terjadi harus mempunyai dukungan oleh pondasi yang memiliki ketergantungan pada struktur bangunan yang meneruskan beban tersebut ke kolom bagian bawah. Momen dan beban lateral pada pondasi tiang dapat bekerja ketika adanya gaya angin, gaya gempa pada struktur atas, adanya tekanan aktif pada penyangga jembatan dan tumbukan samping dari kapal pada dermaga. Secara jenis tiang dibedakan atas tiang panjang dan tiang

pendek serta untuk kondisi kepala juga dibedakan dengan tiang bebas dan kepala tiang terjepit. (Aulia R, et al., 2019).

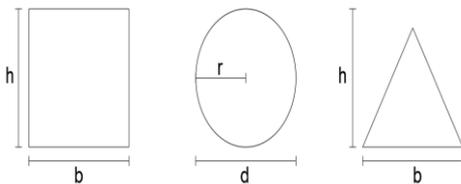
Menurut (Sujatmiko, A.F., 2011) pondasi tiang pancang memiliki berbagai bentuk jenis penampang antara lain: segitiga, bujur sangkar dan lingkaran. Ketiga jenis pondasi tiang pancang tersebut memiliki bentuk yang berbeda sehingga memiliki perhitungan yang berbeda. Rumus momen inersia untuk berbagai macam penampang yang ada akan dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Momen Inersia Penampang

| Penampang Pondasi | Momen Inersia |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Segitiga | $\frac{1}{36} \times b \times h^3$ $h = \frac{1}{2} \times a \times \sqrt{3}$ |
| Bujur Sangkar | $\frac{1}{12} \times b \times h^3$ |
| Lingkaran | $\frac{1}{2} \times r \times r^3$ |

(Sumber: Sujatmiko, A.F., 2011)

Macam bentuk penampang pada pondasi tiang pancang serta masing-masing ukuran untuk b (alas) dan h (tinggi) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Macam Bentuk Penampang

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang letaknya berada dibawah bangunan yang memiliki fungsi untuk menyalurkan beban bangunan diatasnya menuju tanah dibawahnya. Pondasi dapat dikategorikan pondasi dangkal jika kedalaman pondasi kurang atau sama dengan lebar pondasi ($L \leq b$).

Menurut Prakash S dan Sharma H dalam metode analisis yang digunakan pada perhitungan beban lateral terdapat dua metode yang berbeda. Adapun metode perhitungan gaya lateral pada tiang pancang ialah *Brinch Hansen's* dan *Brom's*. Sebelum

menjelaskan lebih dalam akan dijelaskan kelemahan serta kelebihan pada metode *Brinch Hansen's* dan metode *Brom's* sebagai berikut:

1. *Brinch Hansen's Method*

Kelebihan menggunakan metode *Brinch Hansen's*:

- a. Dapat digunakan pada tanah $c-\phi$.
- b. Dapat digunakan pada tanah berlapis.

Kekurangan menggunakan metode *Brinch Hansen's*:

- a. Hanya dapat digunakan pada tiang pendek.
- b. Dibutuhkan perhitungan coba-coba untuk menemukan titik rotasi.

2. *Brom's Method*

Pada metode ini menggunakan asumsi bahwa sepanjang tiang mengalami perlawanan tanah. Adapun kelebihan:

- a. Dapat digunakan pada tiang panjang dan tiang pendek.
- b. Dapat digunakan pada tanah kohesif dan non kohesif.
- c. Dapat diterapkan pada kondisi ujung tiang bebas dan ujung tiang jepit.

Kelemahan menggunakan metode *Brom's*:

- a. Tidak bisa digunakan pada tanah berlapis.
- b. Tidak bisa digunakan pada tanah $c-\phi$.
- c.

2.2. Metode *Brinch Hansen's*

Metode *Brinch Hansen's* hanya dapat digunakan pada perhitungan gaya lateral ultimit untuk tiang pendek, metode ini berdasarkan teori tekanan tanah dan memiliki keuntungan karena dapat digunakan pada tanah homogen, tanah $c-\phi$ serta tanah berlapis. Untuk mendapatkan titik rotasi dari tiang dibutuhkan dengan cara coba – coba atau dengan asumsi sendiri.

Dalam cara ini tahanan rotasi tiang yang kaku pada titik x diberikan oleh jumlah momen tahanan – tahanan tanah diatas dan di bawah titik tersebut. Menurut (Prakash S dan Sharma H, 1990) metode *Brinch*

Hansen's dapat digunakan pada jenis tanah kohesif dan non kohesif.

2.3. Metode Brom's

Metode perhitungan Brom's ini menggunakan diagram tekanan tanah yang disederhanakan dengan beranggapan jika sepanjang kedalaman tiang atau tahanan tanah mencapai nilai ultimit. Brom's juga membedakan kriteria tiang termasuk dalam kriteria tiang pancang panjang atau tiang pancang pendek serta untuk kondisi ujung kepala Brom's juga membedakan ujung kepala tiang kondisi terjepit (*fixed end pile*) dan ujung kepala tiang kondisi bebas (*free end pile*).

Metode perhitungan ini dapat digunakan pada jenis tanah kohesif maupun non kohesif, namun tidak bisa digunakan pada pondasi dangkal seperti batu belah. Pada metode ini juga menghitung dari defleksi (y_0) pada tiang pancang serta rotasi tiang pancang (θ). Selain menentukan gaya lateral (Q_u) menggunakan perhitungan manual pada metode Brom's juga dapat menentukan gaya lateral (Q_u) juga dapat menggunakan grafik.

2.4. Kriteria Tiang Pancang

Tiang pancang memiliki dua kriteria yaitu tiang pancang panjang dan tiang pancang pendek, dalam hal ini pada tanah kohesif jenis tiang pancang tidak dipatok sebuah angka namun dapat diketahui faktor tak berdimensi βL . Tiang dapat dianggap sebagai tiang panjang jika $\beta L > 2,5$. Momen inersia (I_p) dapat dilihat pada Tabel 2.1. Untuk mendapatkan nilai β dan k_h dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$k_h = \frac{k_1}{1,5} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$E_p = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\beta = \left(\frac{k_h \times b}{4 \times E_p \times I_p} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

k_h = Modulus *subgrade* lateral (kN/m³)

k_1 = Modulus reaksi *subgrade* (kg/cm³)

E_p = Modulus elastisitas tiang (kg/cm²)

f'_c = Mutu beton (Mpa)

β = Faktor tak berdimensi

b = Dimensi tiang (cm)

Nilai-nilai k_1 yang disarankan oleh Barounis *et,al.*, (2007) dapat diketahui dari menentukan nilai N-SPT terlebih dahulu lalu dapat menggunakan nilai k_1 yang digunakan. Tabel nilai-nilai k_1 Barounis *et,al.*, (2007) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

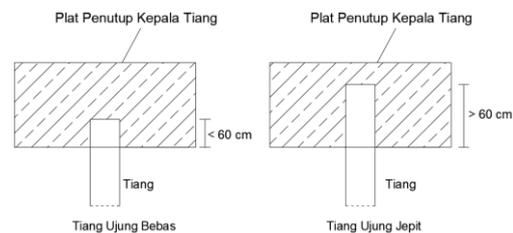
Tabel 2.2 Nilai k_1 Barounis, *et.al.*,

| Konsistensi | Very soft to soft | Soft to medium stiff | Medium stiff to very stiff |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|
| k_1 (MN/m ³) | 1,6-19 | 19-50 | 50-90 |
| k_1 (kg/cm ³) | 0,16-1,9 | 1,9-5 | 5-9 |
| N-SPT | 0-4 | 4-8 | 8-30 |

(Sumber: Barounis *et,al.*, 2007)

Metode Brom's juga membedakan kondisi kepala tiang menjadi 2 yaitu ujung jepit (*fixed end pile*) atau tiang pancang yang ujung atasnya tertanam paling sedikit 60 cm dan ujung bebas (*free end pile*) yang bagian atasnya tidak tertanam atau terjepit namun jika dalam kondisi tertanam maka dapat dikatakan tiang pancang ujung bebas bila tertanam kurang dari 60 cm.

Metode Brom's memiliki banyak persamaan dan tiap jenis tiang serta jenis tanah memiliki persamaan sendiri. Perbedaan tersebut memiliki pengaruh dalam hasil perhitungan gaya lateral karena menggunakan persamaan yang berbeda (Alihudien, A dan Proyono, P). Adapun perbedaan pada tiang ujung bebas dan tiang ujung jepit dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Definisi Tiang Ujung Bebas dan Jepit (Sumber: Alihudien, A dan Proyono, P)

Untuk menentukan besarnya gaya lateral ultimit (Q_u) pada tiang pancang maka harus menghitung terlebih dahulu besarnya kekuatan beban tiang dalam menahan

momen. Persamaan kuat lentur tiang menurut SNI-2847-2013, tahanan momen didapat dari momen inersia dibagi jarak dari sumbu tengah ke sisi terluar, dan menentukan momen maksimum dapat dilihat di bawah ini.

$$f_b = 0,45 \times f_c' \dots\dots\dots (2.6)$$

$$W = \frac{I_p}{b/2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$M_{maks} = f_b \times W \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

f_b = Kuat lentur tiang (kg/cm²)

W = Tahanan momen (cm³)

M_{maks} = Momen maksimum tiang (kg.cm)

Untuk menentukan nilai c_u dengan menggunakan N-SPT menurut *Terzaghi* dan *Peck* (1967) memberikan hubungan variasi nilai N-SPT dengan nilai kohesi (c_u) dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Korelasi N-SPT dengan c_u

| Konsistensi | N | c_u (kN/m ²) |
|--------------|-------|----------------------------|
| Sangat Lunak | 0-2 | <12 |
| Lunak | 2-4 | 12-25 |
| Sedang | 4-8 | 25-50 |
| Kaku | 8-15 | 50-100 |
| Sangat Kaku | 15-30 | 100-200 |
| Keras | >30 | >200 |

(Sumber: Terzaghi dan Peck, 1967)

Untuk dapat menentukan rata-rata nilai N-SPT pada jenis tanah yang memiliki nilai N-SPT yang beragam sesuai pada SNI 1726-2019 maka dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\sum_{i=1}^n di = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + \dots \dots (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni} = \frac{d1}{N1} + \frac{d2}{N2} + \frac{d3}{N3} + \frac{d4}{N4} + \frac{d5}{N5} + \dots\dots\dots (2.10)$$

Maka setelah hasil dari tebal lapisan tanah (di) diketahui dan hasil penjumlahan dari di/Ni nilai N-SPT (Ni) hingga kedalaman yang diinginkan diketahui untuk mendapatkan nilai rata-rata N-SPT dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}} \dots\dots\dots (2.11)$$

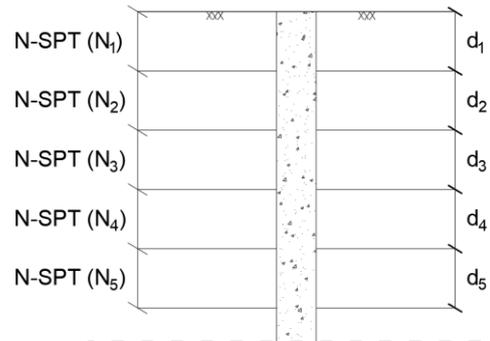
Keterangan:

di = Tebal tiap lapisan (m).

Ni = Nilai N-SPT.

\bar{N} = Nilai N-SPT rata-rata.

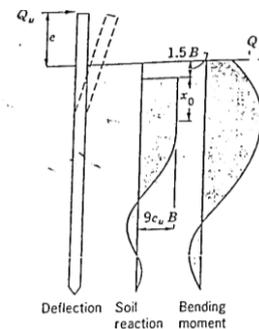
Penjelasan terhadap di ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 \dots$) dan Ni ($N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 \dots$) dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penjelasan di dan Ni

2.4.1. Tanah Kohesif

Pada tiang pancang panjang dengan kondisi ujung bebas (*free head*) pada jenis tanah kohesif pola keruntuhan yang akan terjadi serta distribusi tahanan ultimit dari tanah dan momen lentur dapat dilihat pada Gambar 2.18.

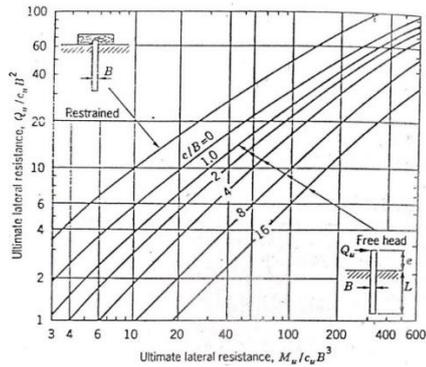


Gambar 2.18 Reaksi Tanah dan Momen Lentur Tiang Panjang *Free Head* Tanah Kohesif (Sumber: Prakash S dan Sharma H, 1990)

Untuk tiang panjang *free head* pada tanah kohesif dapat dicari momen maksimal dengan persamaan di bawah.

$$M_{maks} = Q_u (e + 1,5.b + 0,5.x_0) \dots\dots\dots (2.24)$$

Sedangkan untuk nilai x_0 dapat menggunakan Persamaan 2.23 dan untuk mencari nilai Q_u dapat menggunakan grafik pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Kapasitas Lateral Tiang Panjang *Free Head* dan *Fixed Head* Tanah Kohesif (Sumber: Prakash S dan Sharma H, 1990)

2.5. Defleksi Dan Rotasi Tiang Pancang

Sebuah perencanaan pondasi tiang pancang tidak diperbolehkan pondasi mengalami kondisi defleksi lateral yang terlalu besar karena jika pada kemiringan tiang mempunyai nilai yang besar maka dapat membahayakan stabilitas gedung tersebut. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode *Brom's*. Persamaan defleksi pada ujung tiang pada permukaan tanah (y_0) dibagi menjadi 2 macam tipe jepitan dari tiang pancang sebagai berikut:

1. Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang Panjang jika $\beta L > 2,5$ dengan besaran defleksi.

$$y_0 = \frac{4 \cdot Q_{ijin} \cdot \beta \cdot (e \cdot \beta + 1)}{k_h \cdot b} \dots \dots \dots (2.31)$$

Rotasi tiang:

$$\theta = \frac{2 \cdot Q_{ijin} \cdot \beta^2 \cdot (1 + 2 \cdot e \cdot \beta)}{k_h \cdot b} \dots \dots \dots (2.32)$$

Keterangan:

- Q_{ijin} = Gaya lateral diijinkan (kg)
- k_h = Modulus *subgrade* (kg/cm²)
- β = Koefisien tanah kohesif (cm)
- b = Lebar tiang (cm)
- e = Jarak tiang yang muncul dari permukaan tanah (cm)
- L = Panjang tiang tertanam tanah (cm)

2.6. Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan faktor yang menunjukkan tingkat untuk kemampuan sebuah bangunan menerima beban dari luar. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan ijin dengan tegangan terbesar yang terjadi. Menurut (F. Riza, et.al, 2021) faktor keamanan perlu diterapkan dengan utnuk meyakinkan bahwa tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja. Sehubungan dengan hasil dari banyak pengujian beban tiang, baik tiang pancang atau tiang bor yang memiliki diameter kecil hingga sedang (60 cm) untuk faktor keamanan yang diperlukan tidak kurang dari 2,5. *Reese* dan *O'Neill* (1989) menyarankan faktor keamanan harus mempertimbangkan faktor berikut:

1. Tipe dan kepentingan dari struktur.
2. Variabilitas tanah.
3. Ketelitian penyelidikan tanah.
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan.
5. Pengawasan atau kontrol kualitas di lapangan.

2.7. MIT App Inventor

MIT App Inventor merupakan sebuah lingkungan pemrograman visual yang dapat memungkinkan kepada semua orang dapat membangun sebuah aplikasi yang mempunyai fungsi untuk *smartphone* maupun PC. Alat berbasis blok ini mempunyai fasilitas pembuatan aplikasi yang sangat kompleks dan memiliki dampak yang tinggi dalam waktu yang singkat dibanding pemrograman lainnya. *Programing* memiliki sebuah makna menulis program, kode, atau instruksi yang menyebabkan komputer melakukan beberapa jenis tindakan, menurut (Chang C J, 2015).

MIT App Inventor merupakan sistem yang berbasis *web* dan dapat digunakan tanpa harus melakukan *code*. *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) adalah sebuah *tools* yang dapat digunakan untuk membuat sebuah aplikasi *android* dengan bentuk pemrograman visual. *App Inventor* bisa dilakukan untuk pemrograman komputer

atau menciptakan sebuah aplikasi dengan dasar berbasis *android*. *App Inventor* ini adalah sebuah *platform* yang dapat memudahkan penggunaanya dalam pembuatan aplikasi dengan sederhana tanpa *coding* atau bahasa program yang tidak terlalu rumit, menurut (Salamah K T, et.al., 2020).

Menurut (Chang C J, 2015) memiliki cara berpikir yang diluar nalar pada manusia biasa karena memiliki ide menggabungkan beberapa elemen dari seorang yang pintar dalam matematika dengan menggunakan bahasa yang formal untuk menunjukkan idenya khususnya dalam perhitungan , seorang *engineer* yang pandai dalam merancang sesuatu, merakit sebuah komponen hingga melakukan evaluasi dengan beberapa cara alternatif dan ilmuwan komputer dengan memiliki sifat pengamatan pada sistem yang kompleks dari hipotesis hingga uji prediksi.

Salah satu hal terpenting dalam mengerjakan sebuah program yaitu memiliki kemampuan untuk memecahkan sebuah permasalahan untuk merumuskan masalah untuk berfikir kreatif tentang solusi serta melakukan penjelasan terkait solusi dengan jelas dan akurat. Memiliki proses belajar pemrograman yang baik dalam kesempatan untuk melakukan pelatihan keterampilan dalam memecahkan sebuah masalah yang akan dihadapi.

2.7.1. Desain MIT App Inventor

Adapun desain dari MIT App Inventor ini memiliki desain yang cukup mudah dimengerti untuk pemula, beberapa *tools*nya juga dapat dipahami oleh orang awam karena pada dasarnya MIT App Inventor ini merupakan pembuat aplikasi sederhana. Untuk perintah atau wadah melakukan penempatan menggunakan *tool* sisi kiri, sedangkan untuk melakukan *edit* dapat menggunakan *tool* pada sebelah kanan. Tampilan pada MIT App Inventor dibuat seminimal mungkin supaya pengguna baru dapat menggunakan dengan mudah. Adapun tampilan awal pada MIT

App Inventor dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Tampilan Awal MIT App Inventor

2.7.2. Pemrograman MIT App Inventor

MIT App Inventor memiliki dua bagian yang memiliki peran penting yaitu desain dan *block code*. Pada bagian desain merupakan bagian yang berfungsi untuk membuat tampilan antarmuka dan untuk *block code* merupakan bagian menuangkan logika kedalam bagian desain atau antarmuka menjadi luaran. Dalam hal ini tentunya dapat memudahkan pengguna dalam proses pengerjaannya karena memiliki dasar keahlian yang tidak rumit.

MIT App Inventor juga mendapat dukungan oleh emulator yang bisa mengoprasikan aplikasi secara *realtime* dan dapat diekspor menjadi sebuah *file* dengan format apk. Pembuat program juga dapat berbagi proyeknya dengan mengekspor ke dalam format aia. Adapun bahasa pemrograman yang digunakan pada MIT App Inventor ialah menggunakan konsep seperti potongan *puzzle* yang hanya tinggal *drag and drop* saja tanpa perlu ada bahasa khusus, menurut (Salamah K S, et.al., 2020). *Block code* dan *output* format dapat dilihat pada Gambar 2.23 dan Gambar 2.24.



Gambar 2.23 Block Code



Gambar 2.24 Output format pada MIT App Inventor

Penggunaan App Inventor ini pun hanya melakukan *drag and drop* dan desain App Inventor memiliki desain menyusun potongan *puzzle*. Dengan App Inventor pengguna dapat membuat aplikasi yang sederhana atau juga dapat membuat aplikasi

yang sangat kompleks. Lebih dari 400 ribu pengguna aktif berasal dari 195 juta negara yang sudah menciptakan 22 juta aplikasi. Untuk dapat memulai menggunakannya hanya perlu membuat akun dengan akun *google* dan sangat mudah untuk mengunjungi *website* tersebut (Salamah K S, et.al., 2020). Pada penelitian ini peneliti akan mengembangkan model *software* berbasis MIT *App Inventor* yang akan dicoba untuk perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang panjang pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*.

Menurut *website* resmi dari MIT *App Inventor* jumlah pengguna tiap harinya selalu meningkat hingga mendekati stabil, pada hari Selasa, 18 Oktober 2022 pada pukul 23.02 WIB terhitung ada sekitar 135,4 ribu pengguna aktif pada hari tersebut sedangkan pada bulan Oktober 2022 mencapai 1,1 juta pengguna aktif yang menggunakan MIT *App Inventor* sebagai kebutuhan pekerjaan hingga pendidikan. Untuk keseluruhan pengguna mencapai angka 14,9 juta serta sekitar 67,8 juta aplikasi telah diciptakan untuk memudahkan pekerjaan manusia. Tentunya data tersebut diambil dari <http://appinventor.mit.edu/>.

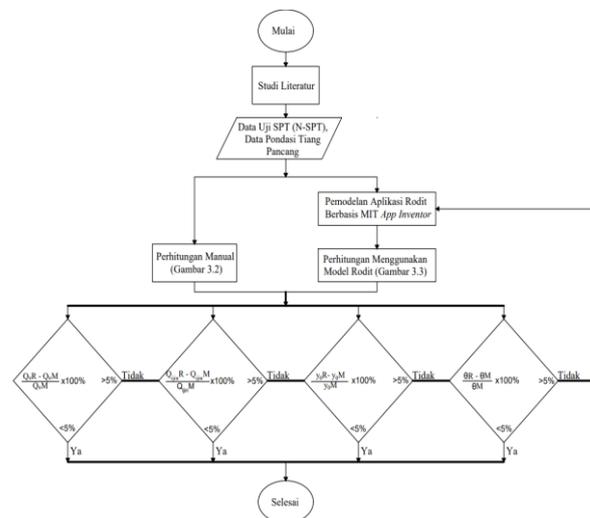
Uji coba akan dilakukan sebelum penelitian ini dilaksanakan lebih dalam lagi, adanya uji coba ini diharapkan untuk membuktikan bahwa pada perhitungan MIT *App Inventor* ini dapat digunakan serta mendapatkan hasil yang sama dengan perbandingan menggunakan kalkulator hitung *Casio*. Adanya uji coba ini merupakan sebuah penentuan apakah penelitian ini dapat dilanjutkan pada bab selanjutnya atau tidak. Jika terdapat selisih tidak terlalu banyak maka penelitian akan tetap dilanjutkan. Pada tahap ini merupakan tahap komparasi antara perhitungan manual dengan menggunakan model *software* MIT *App Inventor* dijelaskan di bab 3.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Metode penelitian ini berisi tentang penjelasan tahapan dalam pembuatan tampilan aplikasi dan *coding* dari rumus perhitungan gaya lateral yang dibuat menggunakan MIT *App Inventor*. Untuk menyelesaikan pembuatan aplikasi serta menghitung manual gaya lateral pada tiang pancang dapat dimulai dari membaca serta memahami buku referensi yang ada. Aplikasi berikut diharapkan dapat membantu dalam melakukan perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan perhitungan manual dengan program. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1

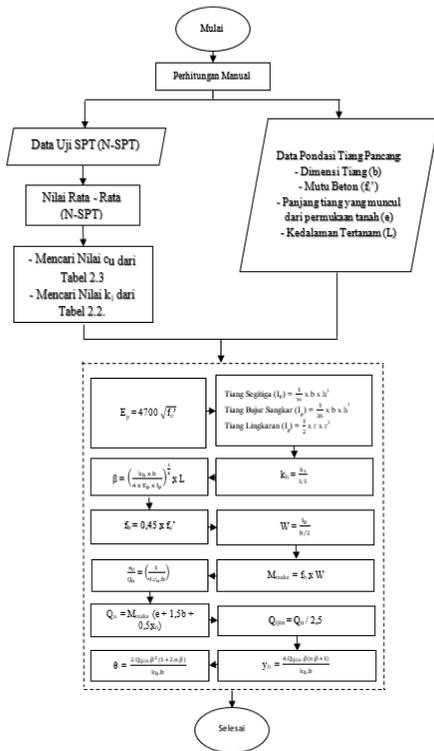


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

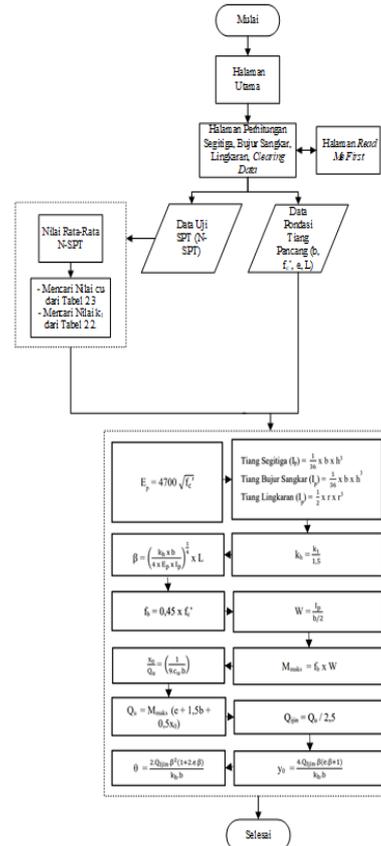
Untuk mengetahui kebenaran dari ketelitian dan langkah perhitungan pada program maka hasil perhitungan gaya lateral pondasi tiang pancang ujung bebas melalui program akan dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan secara manual. Perbandingan dinyatakan berhasil apabila presentase *error* <5% maka penelitian dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya sedangkan jika >5% maka akan kembali ke pemodelan aplikasi Rodit.

Data yang diperlukan pada penelitian ini merupakan uji SPT lapangan (N-SPT) dan data pondasi tiang pancang (dimensi tiang, mutu beton, panjang tiang yang muncul dari permukaan tanah dan

kedalaman tertanam tiang pancang. Diagram alir perhitungan manual menggunakan metode *Brom's* untuk tiang pancang ujung bebas dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan diagram alir perhitungan menggunakan model rodit dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Manual



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan Menggunakan Model Rodit

Pada tahap mengembangkan pemodelan Rodit berbasis MIT *App Inventor* memiliki diagram alir tersendiri atau biasa disebut *waterfall model*, adapun *waterfall model* pada tahap pengembangan model Rodit berbasis MIT *App Inventor* dapat dilihat pada Gambar 3.4.

IV PERHITUNGAN DAN PEMODELAN

4.1. Uraian Umum

Penelitian ini membahas perhitungan gaya lateral pada tiang pancang pendek ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*, besarnya defleksi yang terjadi akibat gaya lateral dan momen maksimal pada tiang pancang akibat gaya lateral yang terjadi. Pada penelitian ini menggunakan uji lapangan *borelog* N-SPT untuk menentukan rata – rata N-SPT yang nantinya akan dikorelasikan dengan c_u sesuai Tabel 2.3. Studi kasus yang dipilih dari penelitian ini adalah rumah tinggal 2

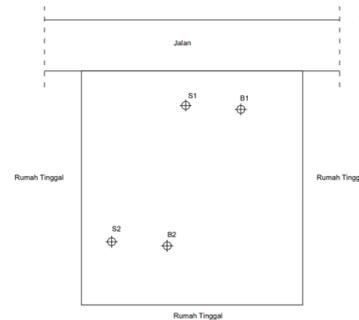
lantai di Jl. Puri Anjasmoro Blok N 22 – 23 Semarang.

Jenis pondasi yang digunakan merupakan jenis pondasi tiang pancang dengan mutu beton 25 Mpa dan memiliki kedalaman tertanam 6 meter. Penelitian ini tidak hanya menggunakan satu jenis pondasi saja melainkan tiga jenis pondasi dengan bentuk yang berbeda antara lain: tiang pancang segitiga, tiang pancang bujur sangkar dan tiang pancang lingkaran. Dimensi yang digunakannya juga berbeda untuk pondasi tiang pancang segitiga menggunakan dimensi 28cm x 28cm x 28cm, pondasi tiang pancang bujur sangkar menggunakan dimensi 25cm x 25cm dan pondasi lingkaran menggunakan dimensi D50 cm

Penelitian ini akan menyediakan sarana sebuah aplikasi yang dapat melaksanakan perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*. Aplikasi tersebut diharapkan pengguna dapat memudahkan perhitungan pada gaya lateral untuk tiang pancang ujung bebas dengan metode *Brom's* dengan menggunakan data lapangan *borelog* N-SPT. Pada bab ini akan menjabarkan tahapan model aplikasi dengan perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*, dimulai dengan perhitungan secara manual lalu diaplikasikan ke pengembangan aplikasi. Rodit merupakan implementasi aplikasi untuk menghitung gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*.

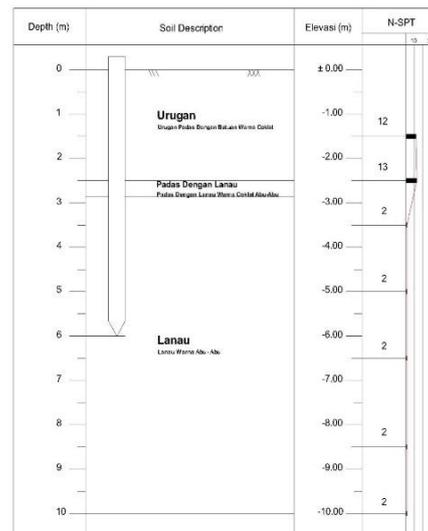
4.2. Penyelidikan Tanah

Pada penelitian ini penyelidikan tanah di Jl. Puri Anjasmoro Blok N 22 – 23, Semarang dilakukan uji *borelog* SPT dan uji sondir sebanyak dua titik, namun data yang digunakan hanya uji *borelog* SPT. Titik pengeboran *borelog* SPT dan uji sondir dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Titik Sondir dan Borelog (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tujuan dari penyelidikan tanah ini untuk mengetahui letak dari lapisan tanah dan nilai N-SPT. Pengeboran tanah yang dilakukan menggunakan bor mesin. Hasil uji lapangan SPT dapat dilihat pada Lampiran L.A-1. Gambar *borelog* titik 1 dan kedalaman tiang pancang tertanam 6 meter dapat dilihat pada Gambar 4.3 sedangkan *borelog* titik 2 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Borelog Titik 1 dan Kedalaman Tiang Pancang

Dari gambar 4.3 diketahui dari kedalaman 0 m – 2,5 m berupa tanah urugan padas dengan batuan, kedalaman 2,5 m – 2,9 m berupa tanah padas dengan lanau warna coklat abu – abu dan kedalaman 2,5 m – 10 m berupa tanah lanau warna abu-abu.

Diketahui data tanah dan data tiang pancang sebagai berikut:

- Jenis Tanah : Lanau
- Dimensi Tiang Pancang Segitiga : Δ 28 cm x 28 cm x 28 cm

- c. Mutu Beton Tiang Pancang (f_c') : 25 MPa
- d. Kedalaman Tertanam (L) : 6 meter
- e. Jarak Tiang dari Permukaan Tanah (e) : 20 cm

Hubungan variasi nilai N-SPT dengan nilai kohesi (c_u) dapat dilihat pada tabel 2.3. Perhitungan untuk menentukan nilai rata – rata kohesi (c_u) dengan menggunakan data uji lapangan *borelog* titik 1 dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Kohesi (c_u)

| Tebal Lapisan (m) | Jenis Tanah | N-SPT | Konsistensi |
|-------------------|-------------|-------|--------------|
| 0 - 1,5 | Urugan | 12 | Kaku |
| 1,5 - 2,5 | Urugan | 13 | Kaku |
| 2,5 - 3,5 | Padas Lanau | 2 | Sangat Lunak |
| 3,5 - 5 | Lanau | 2 | Sangat Lunak |
| 5 - 6 | Lanau | 2 | Sangat Lunak |
| Rata – rata N-SPT | | 3 | Lunak |

Untuk mendapatkan rata – rata N-SPT maka dapat digunakan Persamaan 2.9 untuk menghitung d_i , Persamaan 2.10 untuk menghitung N_i dan Persamaan 2.11.

$$\sum_{i=1}^n d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$$

$$\sum_{i=1}^n d_i = 1,5 + 1 + 1 + 1,5 + 1$$

$$\sum_{i=1}^n d_i = 6 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{1,5}{12} + \frac{1}{13} + \frac{1}{2} + \frac{1,5}{2} + \frac{1}{2}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = 1,95$$

Nilai N-SPT rata – rata:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{6}{1,95} = 3$$

4.3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Manual

Secara umum rekapitulasi merupakan ringkasan dari sebuah ikhtisar pada akhir laporan atau akhir perhitungan yang dijadikan satu untuk memudahkan pembaca dalam menganalisis hasil. Perhitungan manual gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas hanya diberikan satu contoh saja yaitu bentuk penampang segitiga, untuk bentuk penampang bujur

sangkar dan lingkaran akan masuk ke tabel rekap. Adapun hasil rekapitulasi dari perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* dengan tiga bentuk penampang berbeda sebagai berikut tiang pancang segitiga, tiang pancang bujur sangkar dan tiang pancang lingkaran dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan

| Notasi | Tiang Pancang Segitiga (28 x 28 x 28) | Tiang Pancang Bujur Sangkar (25 x 25) | Tiang Pancang Lingkaran (D50) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| kh (kg/cm ³) | 1,27 | 1,27 | 1,27 |
| E _p (kg/cm ²) | 235.000 | 235.000 | 235.000 |
| I _p (cm ⁴) | 11.089,7 | 32.552 | 195.312 |
| β | 0,00764 | 0,00567 | 0,00431 |
| βL (cm) | 4,6 | 3,4 | 2,6 |
| fb (kg/cm ²) | 112,5 | 112,5 | 112,5 |
| W (cm ³) | 792,125 | 2.604,17 | 7.812,5 |
| M _{maks} (kg.cm) | 89.114,0 | 292.968,75 | 878.906,25 |
| Q _u (kg) | 1.195,012 | 3.111,58 | 6.572,98 |
| Q _{ijin} (kg) | 478 | 1.244,63 | 2.629,19 |
| y ₀ (cm) | 0,475 | 0,993 | 0,777 |
| θ (rad) | 0,00205 | 0,0031 | 0,00181 |

Hasil rekap perhitungan dari perhitungan tiang pancang segitiga didapatkan nilai Q_u = 1.195,05 kg, Q_{ijin} = 478 kg, defleksi tiang pancang (y₀) = 0,475 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00205, untuk tiang pancang bujur sangkar memiliki hasil Q_u = 3.111,58 kg, Q_{ijin} = 1.244,63 kg, defleksi tiang pancang (y₀) = 0,993 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,0031 dan tiang pancang lingkaran memiliki hasil Q_u = 6.572,98 kg, Q_{ijin} = 2.629,19 kg, defleksi tiang pancang (y₀) = 0,777 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00181.

4.7. Perbandingan Hasil Model Rodit Dengan Manual

Pada sub bab ini akan melakukan perbandingan hasil pemodelan Rodit berbasis MIT *App Inventor* dengan

perhitungan manual untuk menguji apakah hasil yang keluar dari pemodelan sudah benar dan akurat. Perbandingan hasil pemodelan dengan perhitungan manual meliputi perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* dengan bentuk tiang pancang segitiga, tiang pancang bujur sangkar, dan tiang pancang lingkaran.

Untuk mengetahui model Rodit yang dibuat valid maka diperlukan perbandingan hasil. Pada perbandingan ini memiliki maksimal selisih dari hasil perhitungan model Rodit dengan perhitungan manual adalah <5% . Jika nilai selisih <5% meminimalisir terjadinya *error* pada model Rodit perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's*.

4.7.1. Pondasi Tiang Pancang Segitiga

Penjabaran pada sub sub bab ini akan direkap terlebih dahulu hasil dari perhitungan manual untuk tiang pancang segitiga, lalu akan ditampilkan hasil perhitungan dari program aplikasi yang sudah dihitung. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan kedua hasil tersebut. Perbandingan hasil perhitungan untuk pondasi tiang pancang segitiga dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Segitiga

| Notasi | Manual | Program | Selisih | Presentase Error (%) |
|---------------------|-----------|-----------|---------|----------------------|
| Qu (kg) | 1.195,012 | 1.195,012 | 0 | 0 |
| Qijin (kg) | 478 | 478 | 0 | 0 |
| y ₀ (cm) | 0,475 | 0,475 | 0 | 0 |
| θ (rad) | 0,00205 | 0,00205 | 0 | 0 |

4.7.2. Pondasi Tiang Pancang Bujur Sangkar

Penjabaran pada sub sub bab ini akan direkap terlebih dahulu hasil dari

perhitungan manual untuk tiang pancang bujur sangkar, lalu akan ditampilkan hasil perhitungan dari program aplikasi yang sudah dihitung. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan kedua hasil tersebut. Perbandingan hasil perhitungan untuk pondasi tiang pancang bujur sangkar dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Bujur Sangkar

| Notasi | Manual | Program | Selisih | Presentase Error (%) |
|---------------------|----------|----------|---------|----------------------|
| Qu (kg) | 3.111,58 | 3.111,58 | 0 | 0 |
| Qijin (kg) | 1.244,63 | 1.244,63 | 0 | 0 |
| y ₀ (cm) | 0,993 | 0,993 | 0 | 0 |
| θ (rad) | 0,0031 | 0,0031 | 0 | 0 |

4.7.3. Pondasi Tiang Pancang Lingkaran

Penjabaran pada sub sub bab ini akan direkap terlebih dahulu hasil dari perhitungan manual untuk tiang pancang bujur sangkar, lalu akan ditampilkan hasil perhitungan dari program aplikasi yang sudah dihitung. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan kedua hasil tersebut. Perbandingan hasil perhitungan untuk pondasi tiang pancang bujur sangkar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Lingkaran

| No tasi | Manual | Program | Selisih | Presentase Error (%) |
|---------------------|----------|----------|---------|----------------------|
| Qu (kg) | 6.572,98 | 6.572,98 | 0 | 0 |
| Qijin (kg) | 2.629,19 | 2.629,19 | 0 | 0 |
| y ₀ (cm) | 0,777 | 0,777 | 0 | 0 |
| θ (rad) | 0,00181 | 0,00181 | 0 | 0 |

Hasil perbandingan dari perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancanh ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* menggunakan program

Rodit dengan perhitungan secara manual diperoleh presentase *error* sebesar 0%.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam pembuatan aplikasi perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Diketahui nilai gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* dengan bentuk penampang segitiga sebesar gaya lateral ultimit (Q_u) = 1.195,012 kg, gaya lateral ijin (Q_{ijin}) = 478 kg, defleksi tiang pancang (y_0) = 0,475 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00205 rad, tiang pancang bujur sangkar memiliki hasil gaya lateral ultimit (Q_u) = 3.111,58 kg, gaya lateral ijin (Q_{ijin}) = 1.244,63 kg, defleksi tiang pancang (y_0) = 0,993 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,0031 rad dan tiang pancang lingkaran memiliki hasil gaya lateral ultimit (Q_u) = 6.572,98 kg, gaya lateral ijin (Q_{ijin}) = 2.629,19 kg, defleksi tiang pancang (y_0) = 0,777 cm dan rotasi tiang (θ) = 0,00181 rad.
2. Aplikasi perhitungan Rodit menghasilkan nilai gaya lateral ultimit (Q_u), gaya lateral ijin (Q_{ijin}), defleksi (y_0) dan rotasi (θ) pada tiang pancang. Pada aplikasi Rodit dapat melakukan *clearing data* yang nantinya dapat memudahkan pengguna jika ingin mengganti data atau menghapus data, *input* data pada aplikasi Rodit menggunakan *layout textbox* supaya dapat membedakan dengan *tools* yang lain karena pada *textbox* pengguna dapat langsung mengisi angka, pada *textbox* juga dibatasi hanya dapat mengisi hanya angka saja dan *keyword* pada *device* pengguna otomatis hanya muncul angka, pada halaman *read me first* dilengkapi referensi untuk pengguna dan terdapat tombol kembali halaman perhitungan.
3. Setelah mendapatkan hasil perhitungan gaya lateral ultimit (Q_u), gaya lateral ijin

(Q_{ijin}), defleksi (y_0) dan rotasi (θ) pada tiang pancang manual dan program didapatkan selisih sebesar 0 dan presentase *error* nya 0%. Jadi untuk aplikasi perhitungan gaya lateral dapat disajikan untuk umum.

5.2. Saran

Dalam pembuatan aplikasi perhitungan gaya lateral pada tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode *Brom's* berbasis MIT *App Inventor* diberikan saran sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian berikutnya dilakukan pemodelan aplikasi perhitungan gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung jepit pada tanah kohesif dan tanah non kohesif menggunakan metode *Brom's*.
2. Diharapkan penelitian berikutnya dilakukan pemodelan aplikasi perhitungan untuk daya dukung aksial, perhitungan *abutment* jembatan, dan perhitungan pada tiang pancang kelompok.
3. File aplikasi Rodit dapat diunduh pada *google drive* melalui *link youtube*

DAFTAR PUSTAKA

- Akon, A., Aprianto dan Faisal, A. (2019): "Studi Daya Dukung Lateral Pada Pondasi Tiang Grup Dengan Konfigurasi 2 x 2." Universitas Tanjungpura.
- Aritonang E.M & Satyaputra A., (2016): "Lets Build Your Android App With Android Studio." PT. Elex Media Komputindo, ISBN : 978-602-02-9759-0.
- Aulia, R., Lukman, H. dan Artiningsih, T.P. (2019): "Analisis Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus: Pembangunan Continous Stirred-Tank Reactor (CSTR) PT. Ultra Jaya Milk Industri Bandung." Universitas Pakuan.
- Badan Standarisasi Nasional, (2013). "Persyaratan Beton Struktural Untuk

- Bangunan Gedung.*” SNI 2847-2013. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019). *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.”* SNI 1726-2019. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Balamba, S. dan Sarajar, A.N. (2018): *“Analisis Daya Dukung Lateral Pada Tiang Pancang Kelompok Di Dermaga Belang”* Jurnal Sipil Statik, 6(9).
- Barounis, N, et.al., (2007): *“Modulus of Subgrade Reaction For Foundation on Clay From Unconfined Compression Test.”* International Society For Soil Mechanics And Geotechnical Engineering.
- Chang C.J., (2015): *“Learn to Program with Python.”* PDFdrive.
- Edriati, A., Husnita, L., Amri E., Samudra A.A dan Kamil N. (2020): *“Penggunaan MIT App Inventor Untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android.”* Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, ISSN 2528-5041, 12(4).
- Fachlepi R, Tanjung, D & Sarifah, J., (2021): *“Analisa Faktor Keamanan Tiang Pancang Pada Jembatab SEI Bone CS Kabupaten Kampar Provinsi Riau”* Buletin Utama Teknik Vol.16, ISSN: 1410-4520).
- Ihsan, M.A., (2021): *“Analisis Daya Dukung Aksial dan Horizontal Tiang Pancang Dengan Metode Analitis, Dengan Aplikasi Pada Rumah Susun Universitas Negeri Medan.”* Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2019). *“Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Fondasi.”*
- Munawaroh, M., Mudianto, A. & Lukman, H. (2017): *“Analisis Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Fly Over Martadinata Bogor.”* Universitas Pakuan.
- Prakash, S dan Sharma H.D., (1990): *Pile Foundation in Engineering Practice, by John Wiley & Sons, Inc. Canada.*
- Salamah, K.S., Kadarina, T.M & Iklima, Z., (2020): *“Pengenalan MIT Inventor Untuk Siswa/I Di Wilayah Kembangan Utara.”* Jurnal Abdi Masyarakat., 5(2).
- Zulhajji, Lamada M.S & Fitri., (2021): *“Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Menggunakan MIT App Inventor di SMKN 2 Waji.”* Jurnal MediaTIK, P-ISSN 2656-1247 & E-ISSN 2715-5919, 4(1).