



BAB 3

METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi penjelasan mengenai tahapan – tahapan dalam pembuatan bentuk maupun tampilan aplikasi perhitungan pondasi tiang pancang, yang dibuat menggunakan MIT *App Inventor*. Untuk menyukseskan pembuatan aplikasi berikut, dimulai dengan membaca dan memahami buku referensi pembuatan aplikasi berbasis MIT *App Inventor*. Aplikasi berikut diharapkan dapat membantu dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dengan penggunaan aplikasi yang mudah melalui *smartphone android*.

3.1 Perangkat Keras (*Hardware*) dan Perangkat Lunak (*Software*)

Untuk membuat aplikasi perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berbasis MIT *App Inventor* dibutuhkan perangkat komputer yang memadai. Perangkat komputer yang digunakan terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras (*hardware*) didefinisikan sebagai perangkat komputer yang dapat diketahui bentuk fisiknya. Perangkat keras membantu dalam menyelesaikan pembuatan aplikasi perhitungan pondasi tiang pancang. Perangkat keras yang digunakan antara lain:

1. *Processor Intel Core i3 2 GHz*
2. *RAM 4 GB*
3. *Harddisk 1000 GB free*
4. *VGA card Nvidia Geforce*
5. *Monitor, mouse, keyboard*
6. *USB port*

Perangkat lunak (*software*) didefinisikan sebagai perangkat komputer yang tidak diketahui bentuk fisiknya, namun dapat diketahui fungsinya. Perangkat lunak ini membantu dalam pembuatan aplikasi *android* dan pengolahan data perhitungan pondasi tiang pancang. Perangkat lunak yang digunakan antara lain:

1. *MIT App Inventor*
2. *Database CloudDB / TinyDB*



3.2 Diagram Alir (*Flowchart*)

Diagram alir atau bagan alir (*flowchart*) merupakan gambar yang dapat dijadikan sebagai alat komunikasi dalam pembuatan suatu program. Diagram alir dapat membantu dalam perencanaan pembuatan aplikasi *android* perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang. Pada pembuatan diagram alir ini digunakan 3 tahapan yaitu *input*, proses, dan *output*. Penjelasan dari 3 tahapan diagram alir dalam pembuatan aplikasi *android* perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. *Input*

Pengumpulan data yang akan digunakan dalam perhitungan pondasi tiang pancang. Data yang digunakan berupa data tanah, data pondasi, dan beban (P). Data tanah yang digunakan yaitu hasil uji SPT. Data pondasi terdiri dari lebar pondasi dan kedalaman penanaman pondasi. Lebar pondasi berarti diameter (d) penampang untuk tiang pancang lingkaran, dan berarti sisi (s) penampang untuk tiang pancang persegi dan segitiga.

2. Proses

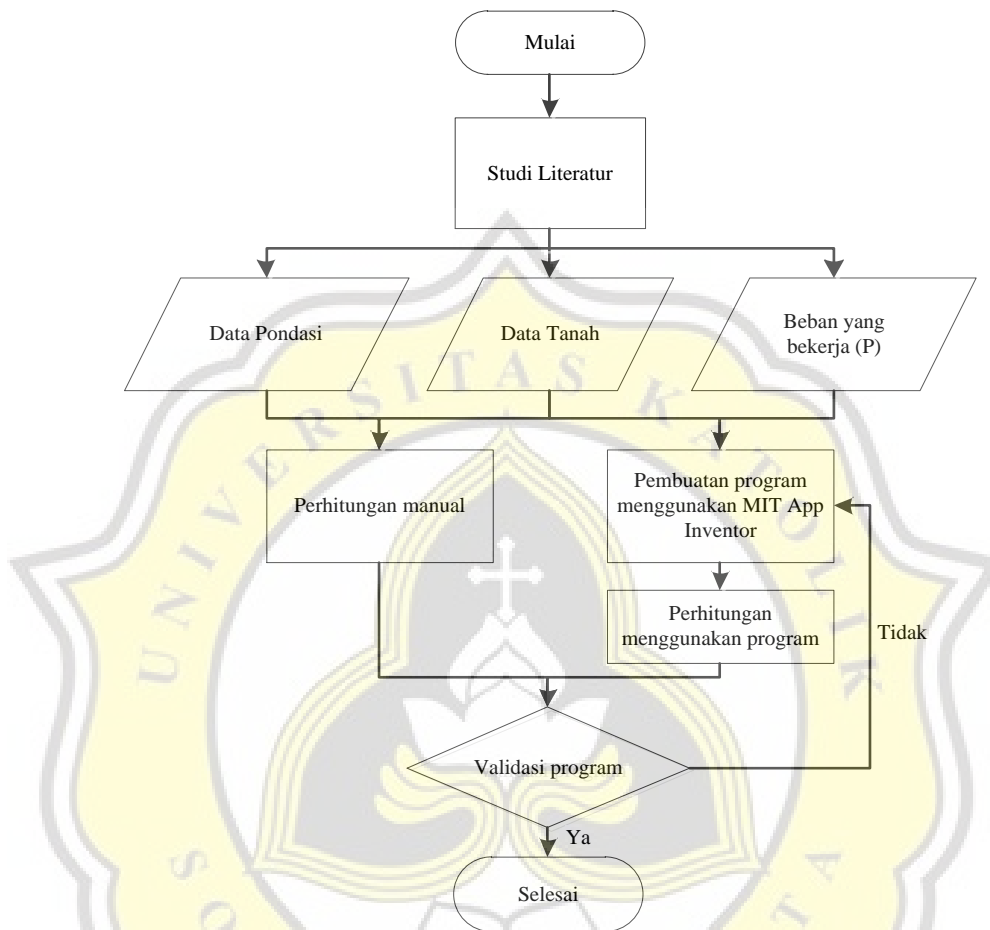
Data tanah dan pondasi kemudian diolah menggunakan rumus perhitungan pondasi tiang pancang (persamaan rumus 2.1 sampai dengan persamaan rumus 2.23). Pengolahan data berdasarkan hasil uji SPT menggunakan rumus teori *Meyerhof* (tanah non kohesif) dan *O'Neill and Reese* (tanah kohesif), dengan tiga bentuk penampang pondasi yaitu lingkaran, persegi, segitiga. Rumus – rumus disusun pada *block area* yang terdapat pada program MIT App Inventor.

3. *Output*

Hasil dari perhitungan pondasi tiang pancang berupa nilai daya dukung ijin pondasi (Q_a) dan jumlah tiang (n) dalam *pile cap*. Hasil tersebut tersimpan pada *database internal* dari MIT App Inventor. Hasil dari perhitungan oleh program tidak dapat diakses kembali, sehingga hasil tersebut sebaiknya didokumentasikan terlebih dahulu melalui *screenshot*. Jika ingin mengganti atau mengedit data yang dimasukkan, pengguna dapat kembali ke halaman *input data*.



Diagram alir pembuatan aplikasi perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir (Flowchart).

Untuk mengetahui kebenaran dari ketelitian dan langkah perhitungan pada program, hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang melalui program dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan secara manual.

3.3 Tahap Pembuatan Aplikasi Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

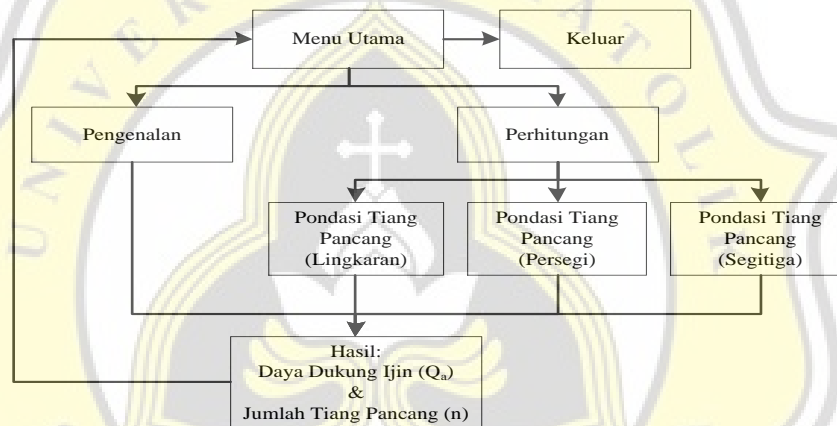
Dalam pembuatan aplikasi perhitungan pondasi tiang pancang melalui beberapa tahap, dari tahap *input* sampai dengan tahap *output*. Untuk lebih mudah dalam menjelaskan suatu proses atau tahapan pekerjaan pembuatan aplikasi, maka dibuatlah gambar rangkaian tahap – tahap pekerjaan skala besar berupa diagram alir. Diagram Alir dalam pembuatan aplikasi perhitungan pondasi tiang pancang



dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Diagram alir program aplikasi

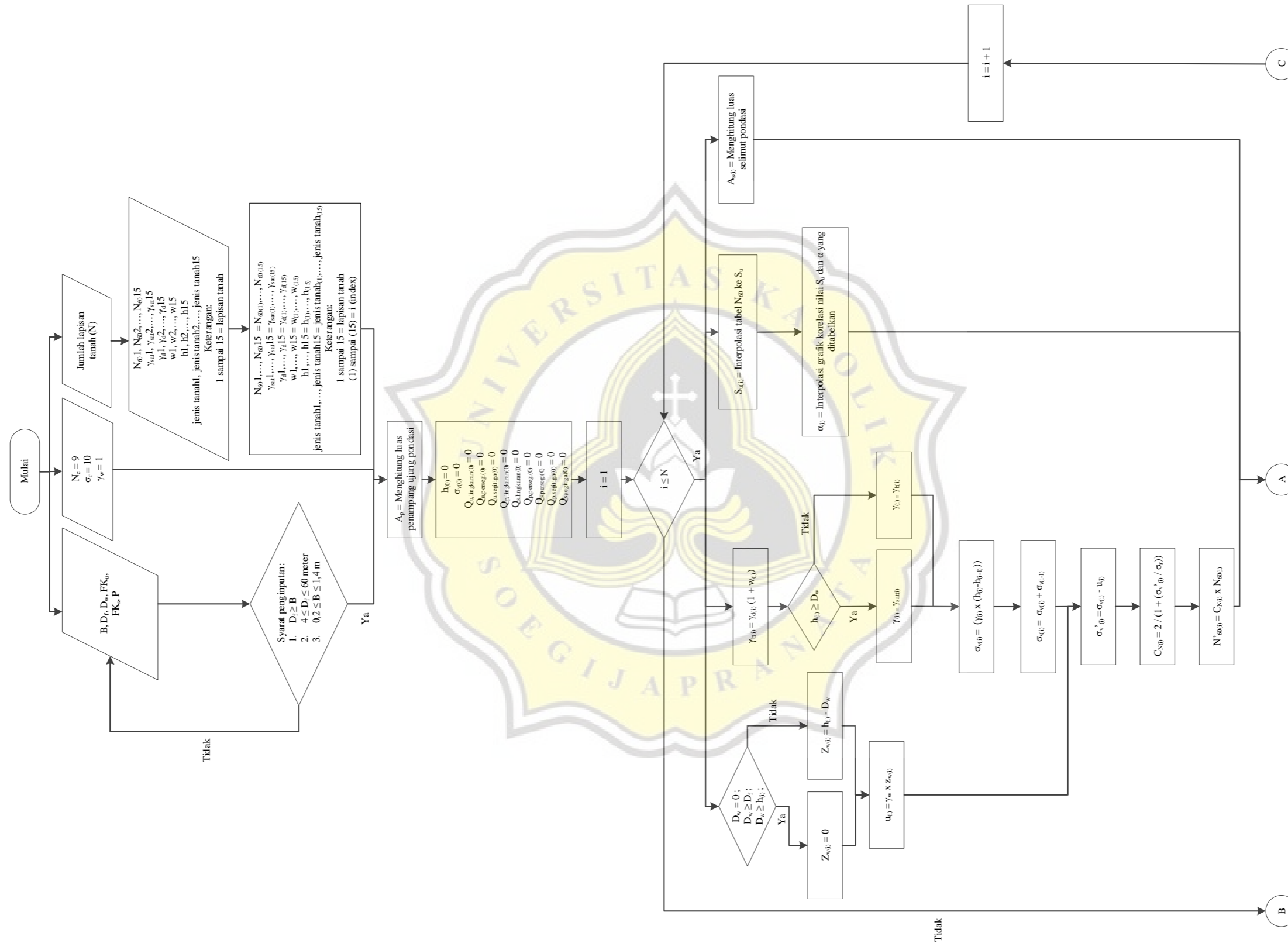
Diagram alir program aplikasi menjelaskan tentang tampilan layar dari aplikasi. Tampilan awal program terdapat sebuah menu utama yang menampilkan opsi pengenalan dan perhitungan. Pengenalan berisi dasar teori dari pondasi tiang pancang serta informasi mengenai aplikasi. Perhitungan berisi layar *input* data yang kemudian data tersebut diproses dengan rumus pondasi tiang pancang menggunakan data uji SPT. Hasil dari program berupa daya dukung ijin (Q_a) dan jumlah tiang (n) dalam *pile cap*. Diagram alir program aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



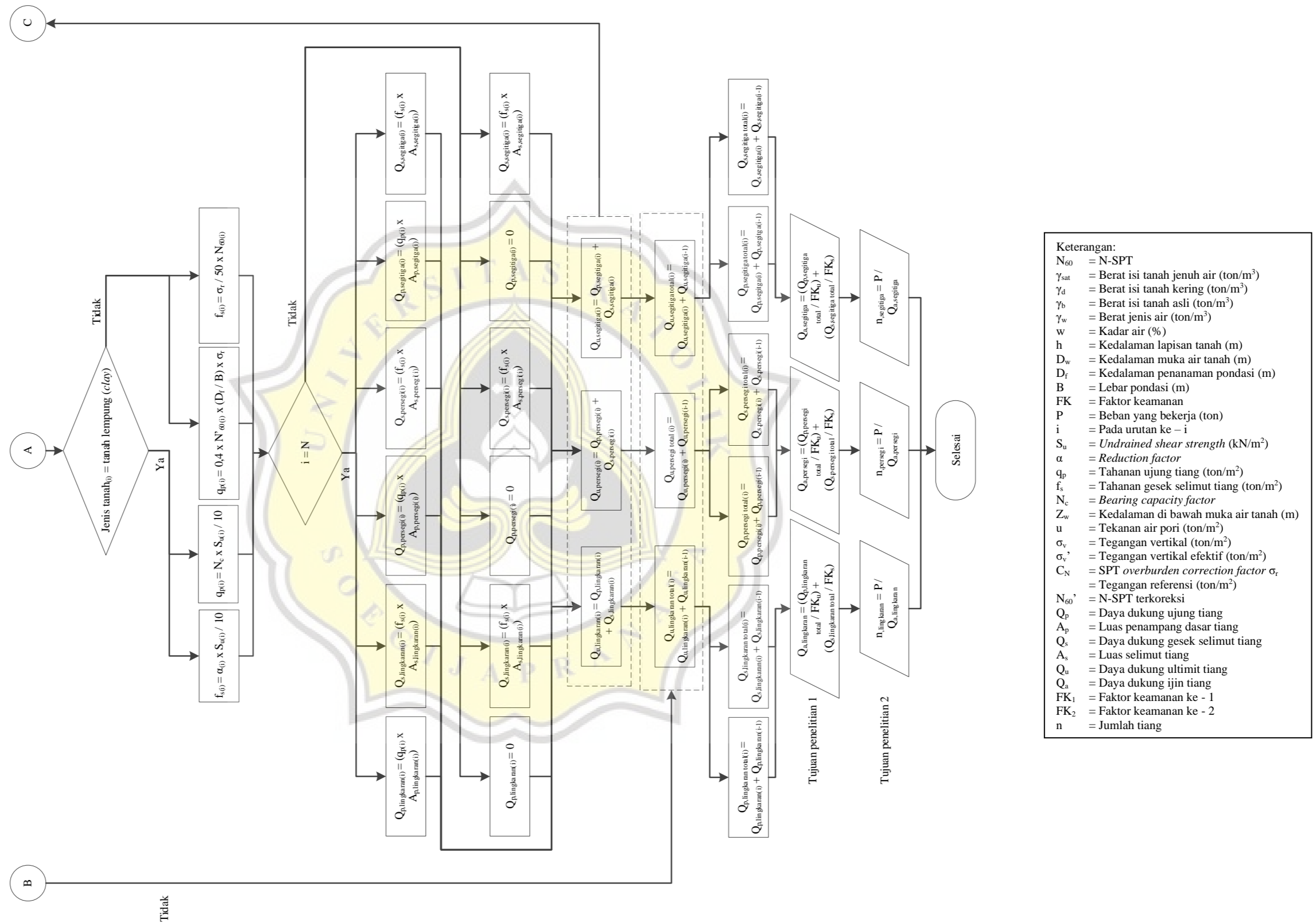
Gambar 3.2 Diagram Alir Program Aplikasi.

2. Diagram alir perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT

Menghitung daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data uji SPT. Data yang digunakan berupa data tanah suatu lokasi, pondasi, dan beban yang bekerja (P) atau beban dari kolom yang diterima oleh pondasi. Data tanah yang dimasukkan yaitu nilai N_{60} (jumlah pukulan) yang merupakan hasil dari uji SPT. Ada data tanah lainnya yang perlu dimasukkan yaitu berat isi tanah, tebal tanah, kedalaman muka air dan jenis tanah. Data pondasi yang dimasukkan yaitu dimensi dan kedalaman penanaman pondasi. Kemudian data *input* diproses untuk memperoleh nilai daya dukung ijin (Q_a) dan jumlah tiang (n). Diagram alir perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT dapat dilihat pada Gambar 3.3.



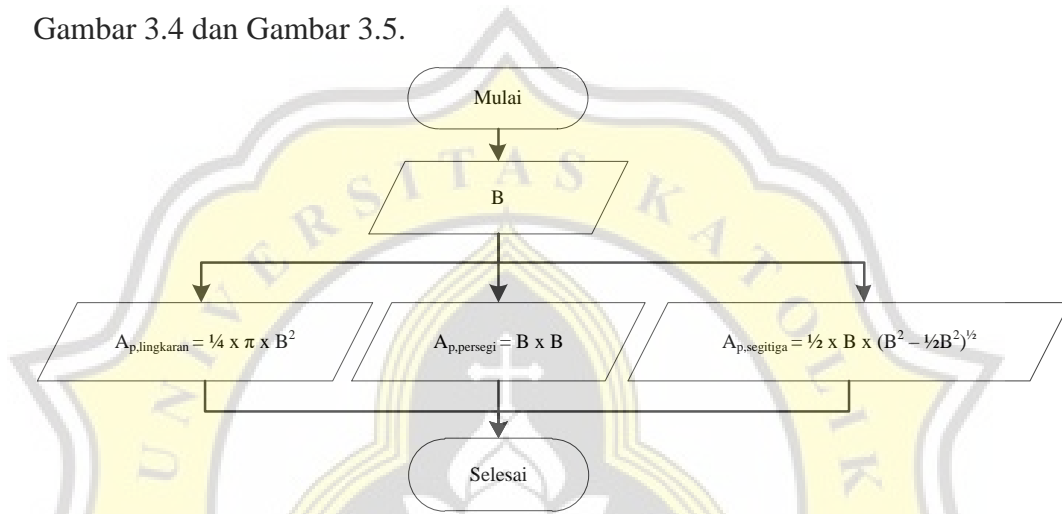
Gambar 3.3 Diagram Alir Daya Dukung Berdasarkan Data SPT.



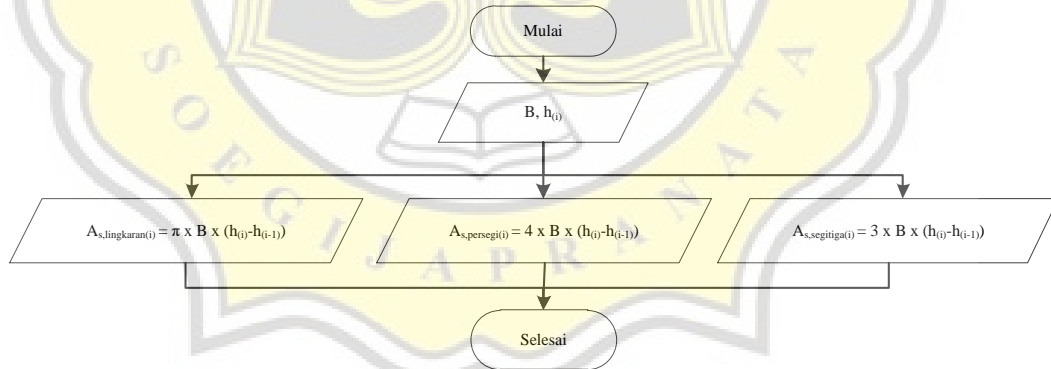
Gambar 3.3 Diagram Alir Daya Dukung Berdasarkan Data SPT (Lanjutan).



Daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang pancang merupakan penjumlahan antara daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung gesek selimut tiang (Q_s). Untuk menghitung daya dukung ujung tiang (Q_p) diperlukan menghitung luas penampang dasar tiang (A_p). Untuk menghitung daya dukung gesek selimut tiang (Q_s) diperlukan menghitung luas selimut tiang (A_s). Diagram untuk menghitung luas penampang dasar tiang (A_p) dan luas selimut tiang (A_s) dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

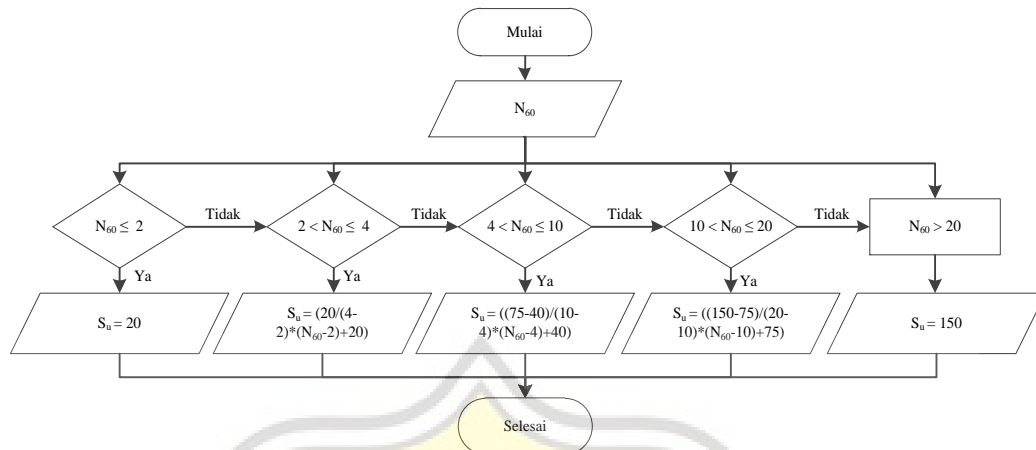


Gambar 3.4 Diagram Alir Menghitung Nilai A_p .

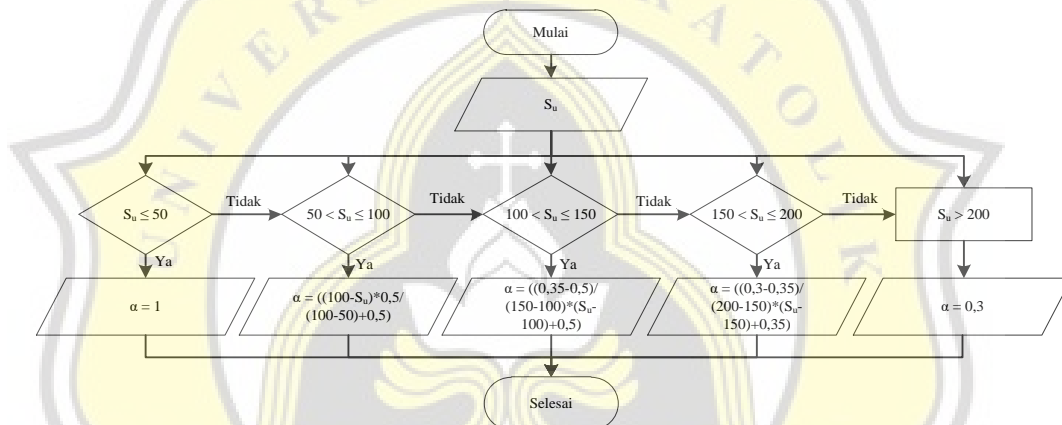


Gambar 3.5 Diagram Alir Menghitung Nilai A_s .

Dalam menghitung daya dukung pondasi tiang pancang di tanah lempung memerlukan perhitungan nilai S_u dan α . Untuk memperoleh nilai S_u dilakukan interpolasi nilai N_{60} menjadi S_u , dan untuk memperoleh nilai α dilakukan interpolasi nilai S_u menjadi α . Diagram interpolasi nilai N_{60} menjadi S_u dan interpolasi nilai S_u menjadi α dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Diagram Alir Interpolasi Nilai N_{60} Menjadi S_u .



Gambar 3.7 Diagram Alir Interpolasi Nilai S_u Menjadi α .

3.4 Langkah Perhitungan Pondasi Tiang Pancang dengan Data SPT

Dalam perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang diperlukan data beban bangunan yang ditopang oleh pondasi dan data tanah letak pondasi direncanakan. Beban bangunan menjadi faktor penentu jumlah pondasi tiang pancang dalam satu kelompok tiang. Data tanah digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah dari lokasi tersebut. Untuk mempermudah dalam perhitungan pondasi tiang pancang digunakan sebuah aplikasi perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang. Langkah kerja untuk menggunakan aplikasi daya dukung pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. *Input* data – data ke dalam aplikasi, dengan data – data yang dimasukkan yaitu:
 - a. Beban yang bekerja, P (ton)



- b. Lebar pondasi, B (meter)
 - c. Kedalaman muka air tanah, D_w (m)
 - d. Kedalaman penanaman pondasi, D_f (meter)
 - e. Faktor keamanan 1, FK_1
 - f. Faktor keamanan 2, FK_2
 - g. Jumlah pukulan pada lapisan – i, $N_{60(i)}$
 - h. Berat isi tanah kering pada lapisan – i, $\gamma_{d(i)}$ (ton/m^3)
 - i. Tebal tanah pada lapisan – i, $h_{(i)}$ (m)
 - j. Kadar air pada lapisan – i, $w_{(i)}$ (%)
 - k. Berat isi tanah jenuh air pada lapisan – i, $\gamma_{\text{sat}(i)}$ (ton/m^3)
 - l. Berat jenis air, γ_w (ton/m^3)
 - m. Tegangan referensi, σ_r (ton/m^2)
 - n. *Bearing capacity factor*, N_c
 - o. Jumlah lapisan tanah, N
 - p. Jenis tanah: lempung (*clay*), pasir (*sand*), dan lanau (*silt*)
2. Dalam *input* lebar pondasi (B) dan kedalaman penanaman pondasi (D_f) harus memenuhi syarat $D_f \geq B$ dan batasan *input* nilai D_f antara 4 - 60 meter.
 3. *Input* kedalaman muka air tanah (D_w) = 0 jika tidak ada muka air tanah.
 4. Menghitung kedalaman di bawah muka air tanah (z_w) menggunakan Rumus 2.14. Nilai $z_w = 0$ jika tidak ada muka air tanah ($D_w = 0$). Satuan dari z_w adalah meter.
 5. Menghitung tekanan air pori (u) dengan menggunakan Rumus 2.13. Satuan dari u adalah ton/m^2 .
 6. Menghitung luas penampang ujung pondasi (A_p). Satuan dari A_p adalah m^2 .
 7. Menghitung luas selimut pondasi (A_s). Satuan dari A_s adalah m^2 .
 8. Pengolahan data untuk jenis tanah lempung (*clay*):
 - a. Mengkonversi nilai N_{60} menjadi S_u dengan metode interpolasi.
 - b. Mengkonversi nilai S_u menjadi α dengan metode interpolasi.
 - c. Menghitung nilai tahanan ujung tiang (q_p) dan tahanan gesek selimut tiang (f_s) dengan menggunakan Rumus 2.4 dan Rumus 2.6. Satuan dari nilai q_p dan f_s adalah ton/m^2 .



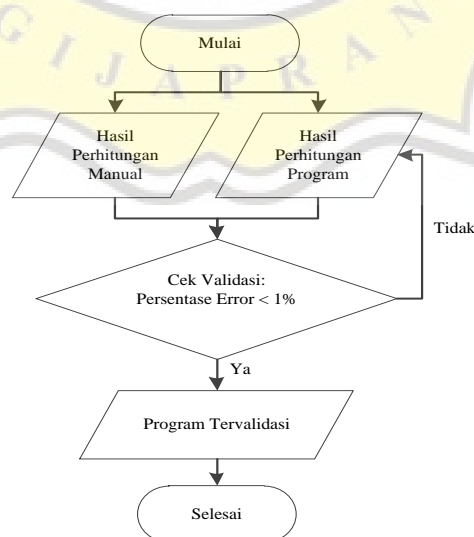
- d. Menghitung nilai daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung gesek selimut tiang (Q_s) dengan menggunakan Rumus 2.3 dan Rumus 2.5. Satuan dari nilai Q_p dan Q_s adalah ton.
9. Pengolahan data untuk jenis tanah pasir (*sand*):
- Menghitung γ_b dengan menggunakan Rumus 2.15.
 - Menghitung tegangan vertikal (σ_v) dengan menggunakan Rumus 2.12. Satuan dari σ_v adalah ton/m².
 - Menghitung tegangan vertikal efektif (σ_v') dengan menggunakan Rumus 2.11. Satuan dari σ_v' adalah ton/m².
 - Menghitung SPT *overburden correction factor* (C_N) menggunakan Rumus 2.10.
 - Menghitung nilai N'_{60} dengan menggunakan Rumus 2.9.
 - Menghitung nilai tahanan ujung tiang (q_p) dengan menggunakan Rumus 2.7. Satuan dari nilai q_p adalah ton/m².
 - Menghitung nilai tahanan gesek selimut tiang (f_s) *for large displacement* dengan menggunakan Rumus 2.16. Satuan dari nilai f_s adalah ton/m².
 - Menghitung nilai daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung gesek selimut tiang (Q_s) dengan menggunakan Rumus 2.3 dan Rumus 2.5. Satuan dari nilai Q_p dan Q_s adalah ton.
10. Pengolahan data untuk jenis tanah lanau (*silt*):
- Menghitung γ_b dengan menggunakan Rumus 2.15.
 - Menghitung tegangan vertikal (σ_v) dengan menggunakan Rumus 2.12. Satuan dari σ_v adalah ton/m².
 - Menghitung tegangan vertikal efektif (σ_v') dengan menggunakan Rumus 2.11. Satuan dari σ_v' adalah ton/m².
 - Menghitung SPT *overburden correction factor* (C_N) menggunakan Rumus 2.10.
 - Menghitung nilai N'_{60} dengan menggunakan Rumus 2.9.
 - Menghitung nilai tahanan ujung tiang (q_p) dengan menggunakan Rumus 2.8. Satuan dari nilai q_p adalah ton/m².



- g. Menghitung nilai tahanan gesek selimut tiang (f_s) *for large displacement* dengan menggunakan Rumus 2.16. Satuan dari nilai f_s adalah ton/m^2 .
 - h. Menghitung nilai daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung gesek selimut tiang (Q_s) dengan menggunakan Rumus 2.3 dan Rumus 2.5. Satuan dari nilai Q_p dan Q_s adalah ton.
11. Perhitungan daya dukung ultimit (Q_u) dan daya dukung ijin (Q_a):
 - a. Menghitung daya dukung ultimit (Q_u) dengan menggunakan Rumus 2.1. Satuan dari nilai Q_u adalah ton.
 - b. Menghitung daya dukung ijin (Q_a) dengan menggunakan Rumus 2.2. Satuan dari nilai Q_a adalah ton.
 12. Perhitungan jumlah tiang (n) dalam satu kelompok tiang dengan menggunakan Rumus 2.23.

3.5. Validasi Program

Program yang dibuat merupakan aplikasi untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang. Aplikasi ini dibuat dengan menggunakan program berbasis *web* yaitu MIT App Inventor. Dalam pembuatan aplikasi perhitungan perlu dilakukan perbandingan antara hasil program dengan hasil perhitungan secara manual. Perbandingan hasil perhitungan digunakan untuk mengetahui besar persentase *error* program. Diagram validasi program dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram Validasi Program.



Hasil perhitungan program dianggap valid apabila diperoleh besar persentase error $< 1\%$. Dengan kata lain semakin besar persentase error dapat diartikan bahwa perhitungan program tidak valid.

3.6. Studi Kasus

Data SPT yang digunakan pada penelitian ini didapat dari proyek pembangunan Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata yang berlokasi di Jalan H. Subeno, BSB City, Semarang. Gedung ini memiliki luas bangunan 24.745 m^2 dan tinggi bangunan $25,20\text{ m}$. Peta lokasi proyek IPC Unika Soegijapranata dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Peta Lokasi Proyek IPC Unika Soegijapranata (Sumber: Google Satelit, <https://goo.gl/maps/i88dGc1ECVwBXsWt8> diunduh pada tanggal 10 Oktober 2020 pukul 19.00 WIB).

Gedung IPC ini direncanakan untuk gedung perkuliahan dari mahasiswa fakultas teknik pangan, program studi kedokteran, dan profesi dokter Unika Soegijapranata. Gedung ini direncanakan memiliki laboratorium yang mumpuni untuk melakukan penelitian hingga anatomi dan sebagainya. Gedung ini memiliki 7 lantai yang terdiri dari *Basement*, *Ground Floor*, Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, dan Lantai Atap. Fungsi dari setiap lantai pada gedung IPC dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Fungsi Bangunan

Elevasi (m)	Lantai	Fungsi
-4,90	<i>Basement</i>	Parkiran kendaraan
±0,00	Lantai dasar	<i>Student facilities</i>
+7,00	1 (satu)	Perpustakaan, kelas, teater
+12,60	2 (dua)	Kelas, kantor, ruang seminar
+16,80	3 (tiga)	Kelas, laboratorium
+21,00	4 (empat)	Kelas, laboratorium
+25,20	Atap	Atap

(Sumber: Data proyek pembangunan *Innovative Program Cluster (IPC)* Unika Soegijapranata, BSB City, Semarang, 2020)

Pada proyek pembangunan gedung IPC digunakan pondasi tiang pancang. Pelaksanaan pemancangan pondasi dengan menggunakan alat HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*). Jumlah tiang pancang yang direncanakan sebanyak 636 titik. Gambar perencanaan denah kolom dapat dilihat pada Lampiran C.1 dan pondasi gedung IPC dapat dilihat pada Lampiran C.2.