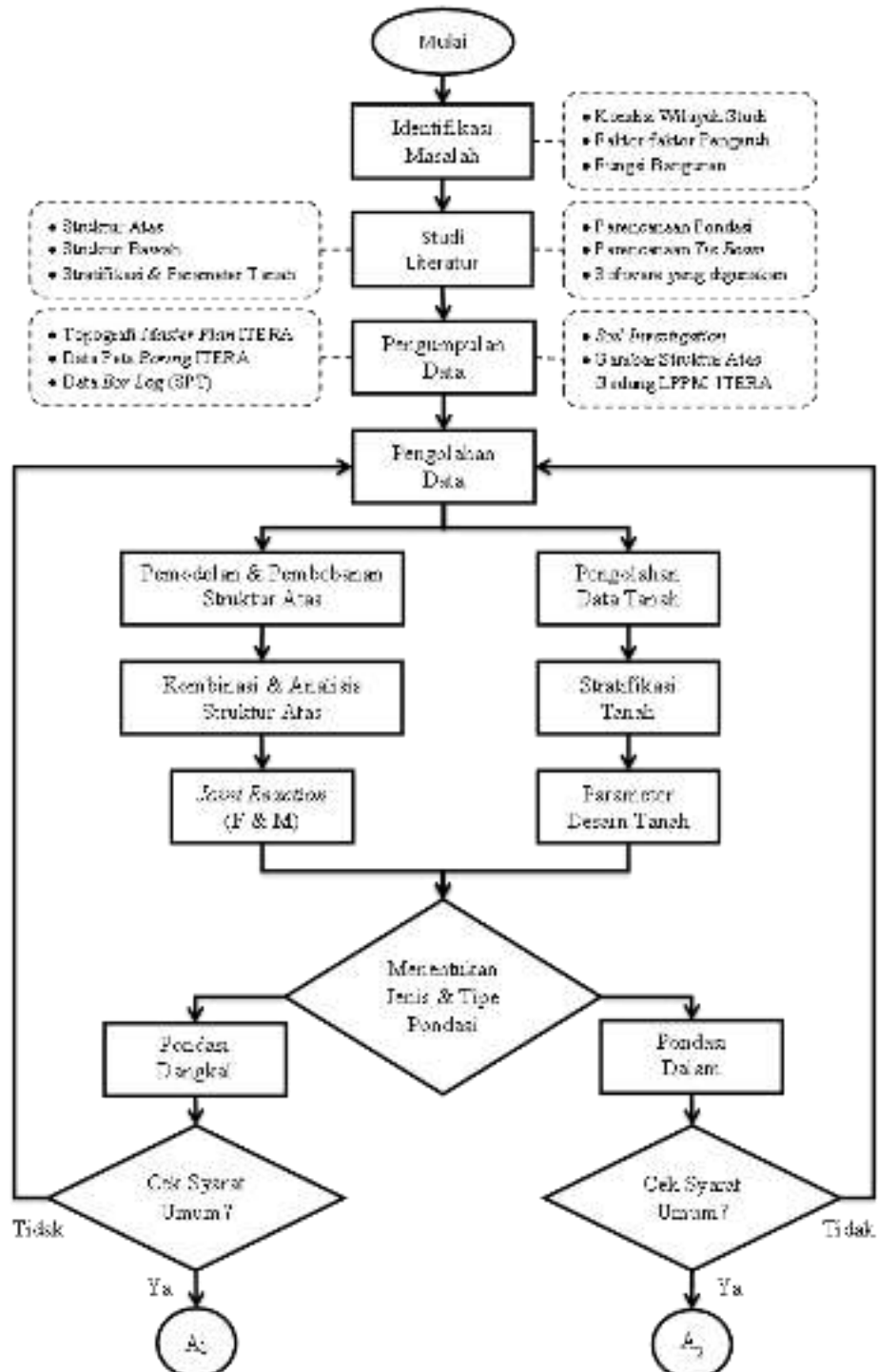
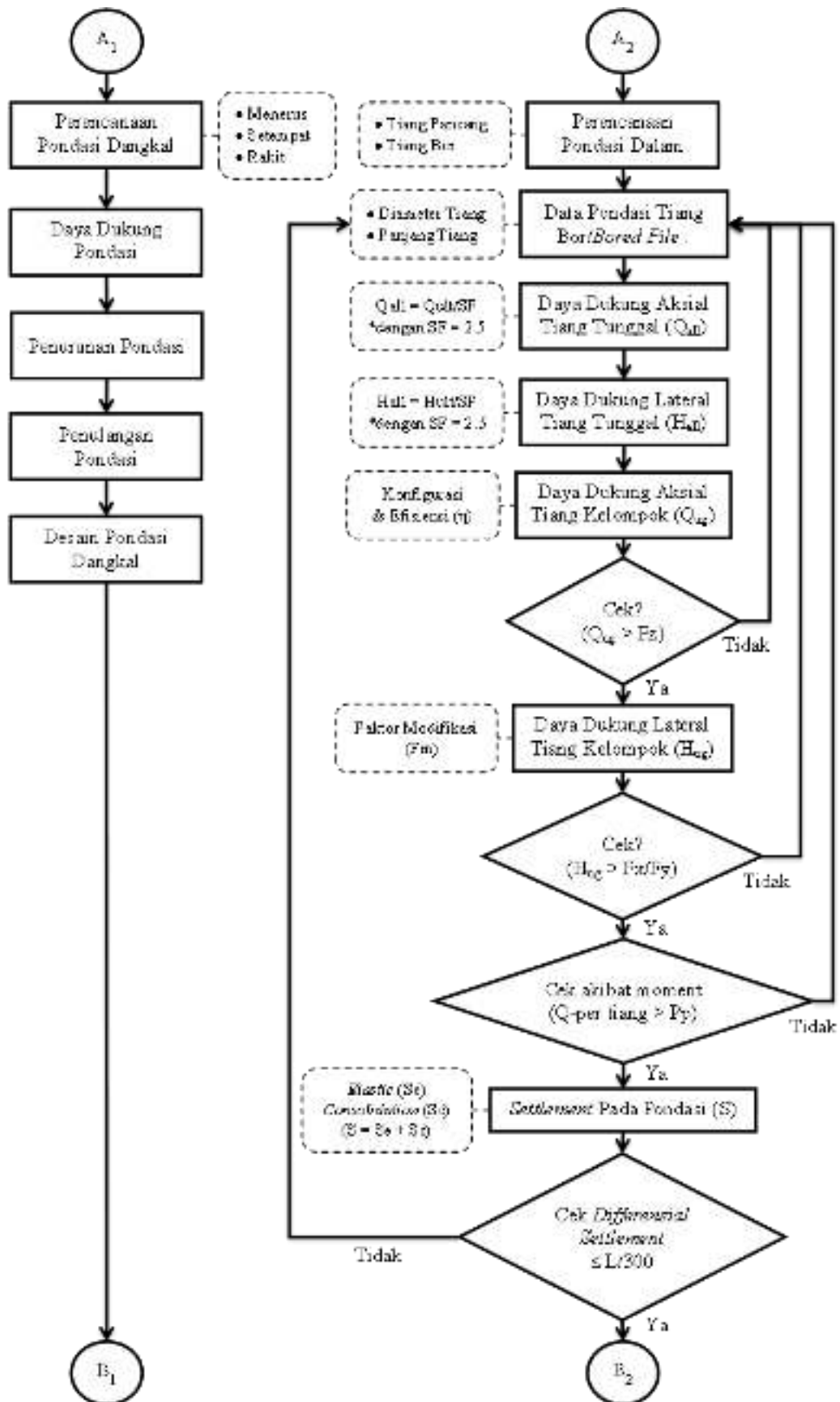


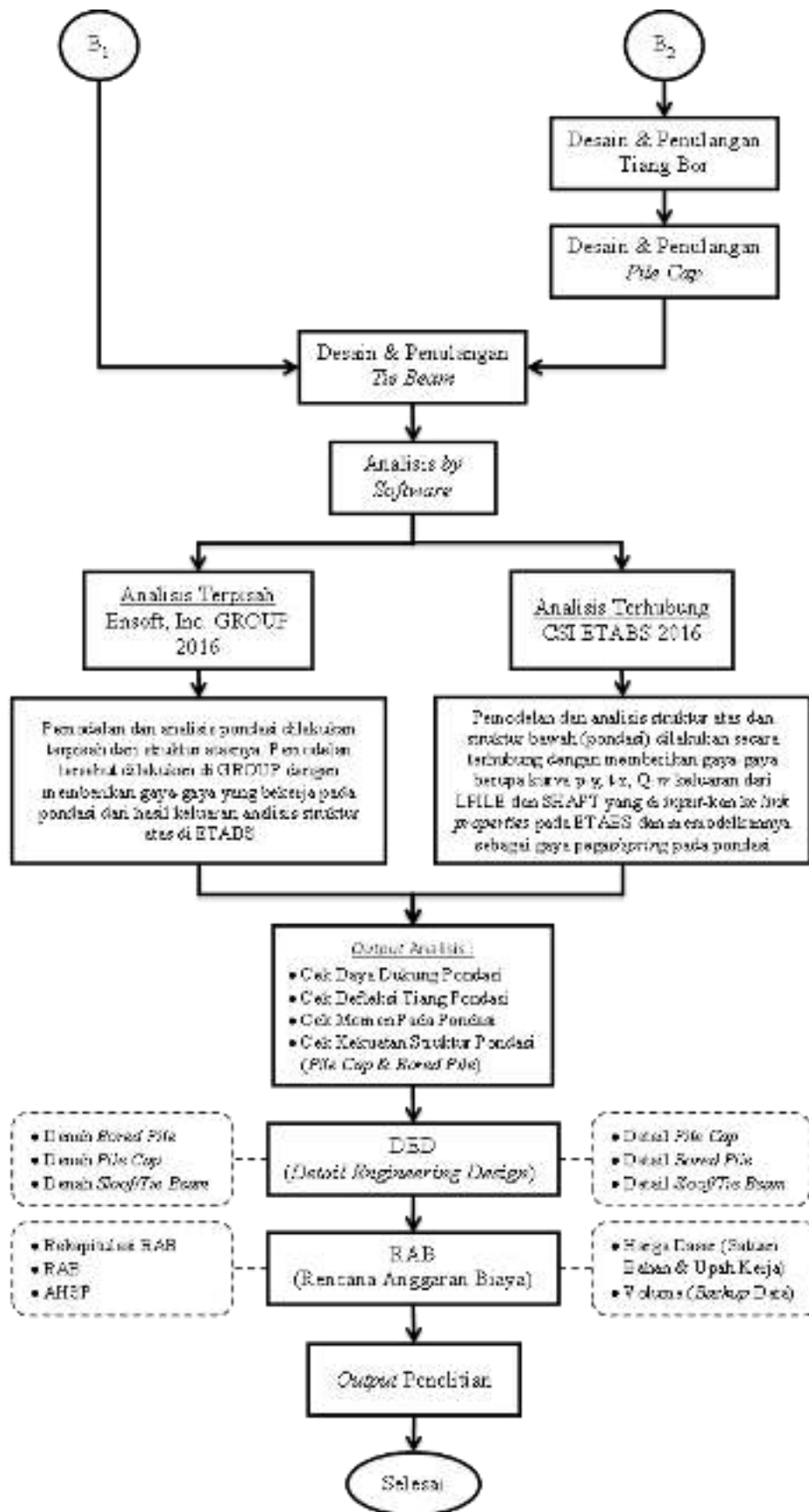
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

## **3.2. Rangkaian Kegiatan Penelitian**

Dalam rangkaian kegiatan penelitian ini yaitu berisi tentang penjelasan dari diagram alir pada Gambar 3.1.

### **3.2.1. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi sehingga perlu dilakukan penelitian. Penelitian yang dilakukan yaitu terkait perencanaan struktur bawah gedung. Identifikasi yang dilakukan mengenai kondisi wilayah studi, faktor-faktor pengaruh, dan fungsi bangunan yang akan direncanakan.

### **3.2.2. Studi Literatur**

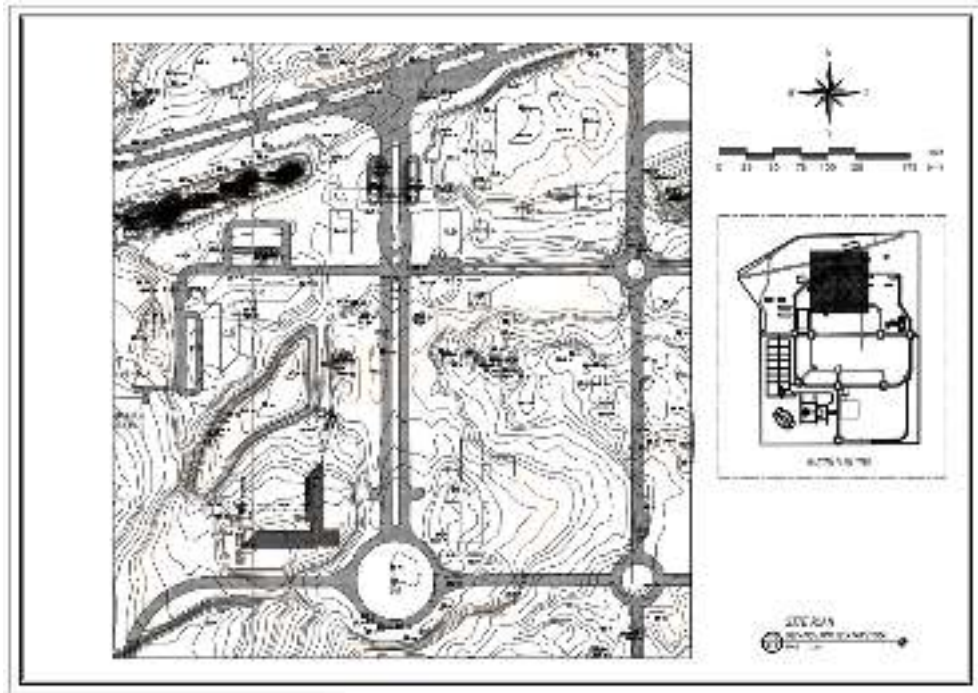
Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Adapun bahan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Cara pemodelan, pembebanan, dan analisis pada struktur atas mengacu pada SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, PPPURG-1987, SNI 1727-2013;
2. Teori terkait perencanaan struktur bawah dan Persyaratan Perancangan Geoteknik berdasarkan SNI 8460-2017;
3. Cara stratifikasi tanah;
4. Cara menentukan nilai parameter tanah dengan korelasi;
5. Teori menentukan jenis dan tipe fondasi yang tepat berdasarkan syarat umum pemilihan fondasi;
6. Teori terkait perencanaan fondasi tiang bor mengenai daya dukung, penurunan, penulangan tiang bor, dan penulangan *pilecap*;
7. Teori perencanaan *tie beam*/balok sloof;
8. *User's manual* dan *technical manual software* yang digunakan.

### 3.2.3. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut meliputi:

1. Data topografi *master plan* ITERA;



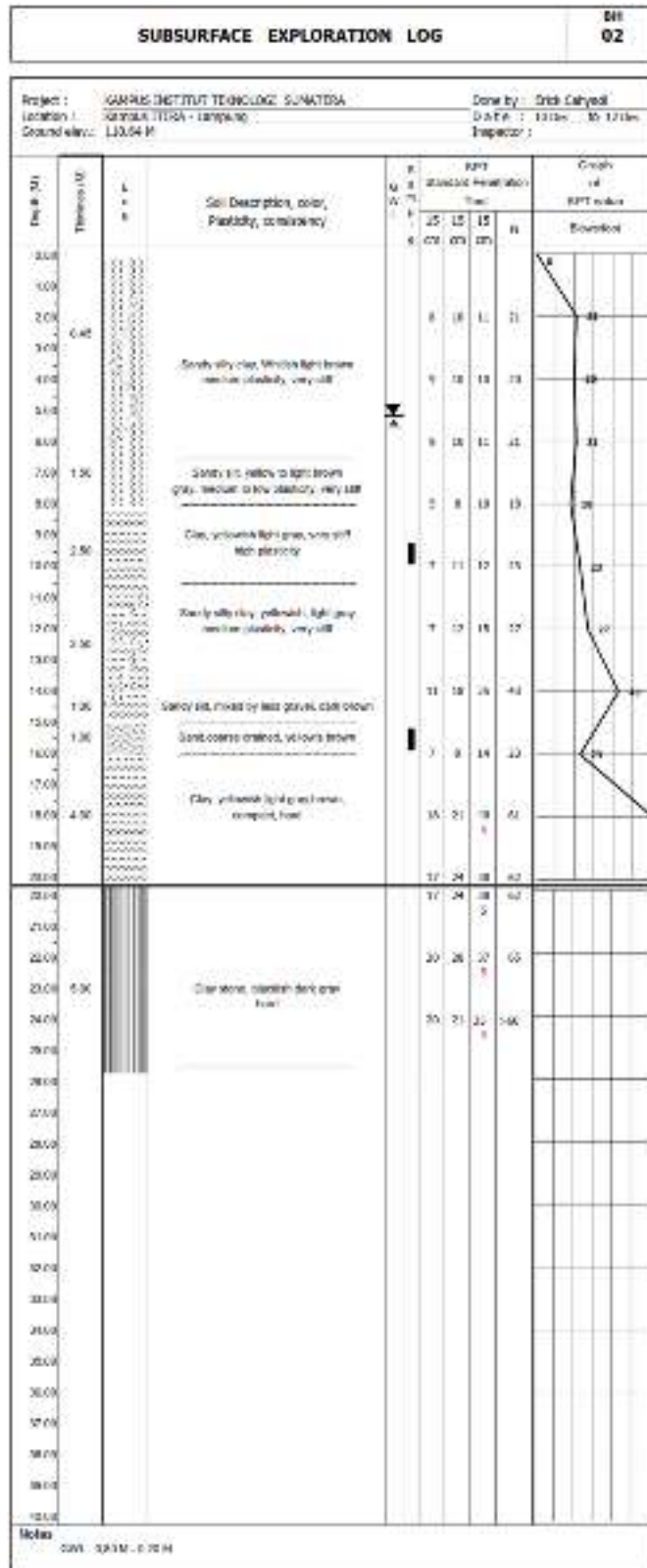
**Gambar 3.2.** *Master Plan* ITERA  
(Sumber: Dokumen ITERA)

2. Data peta *boring* ITERA;

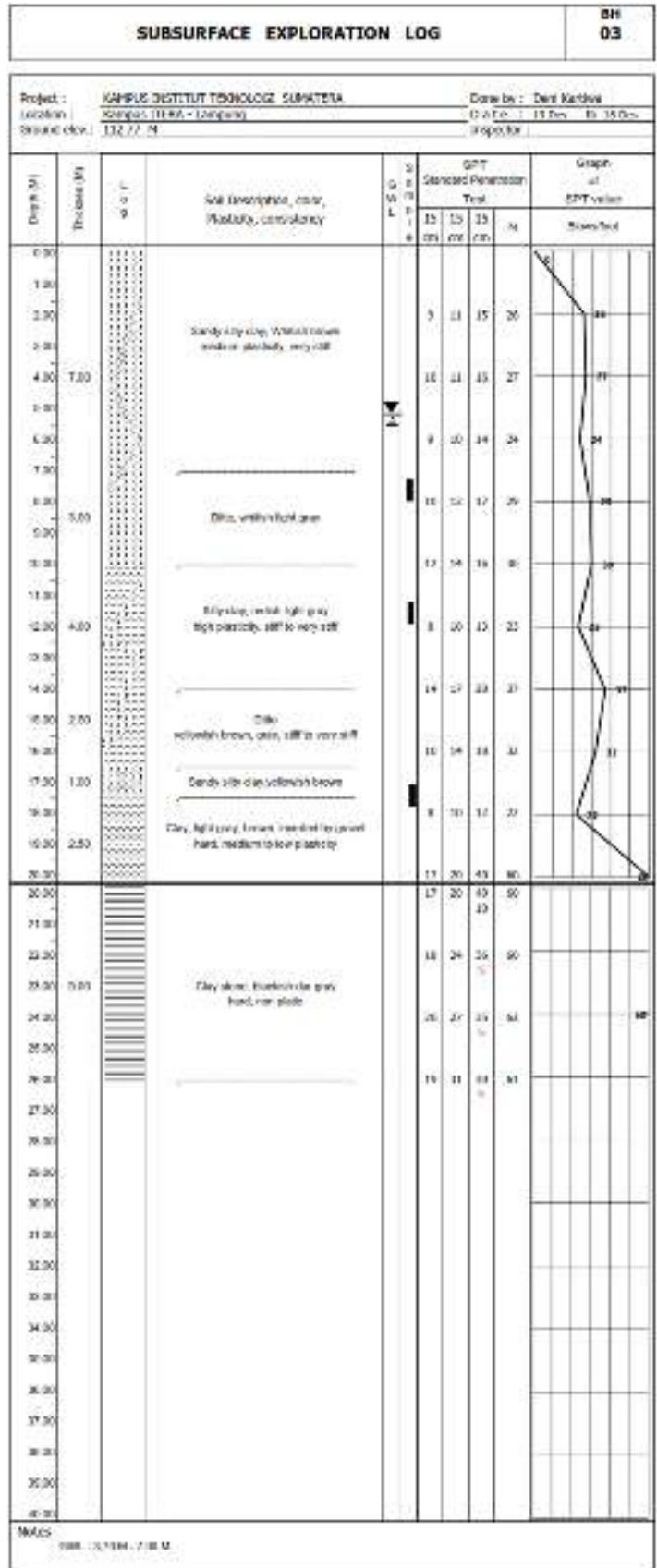


**Gambar 3.3.** Peta *Boring* ITERA  
(Sumber: Dokumen ITERA)

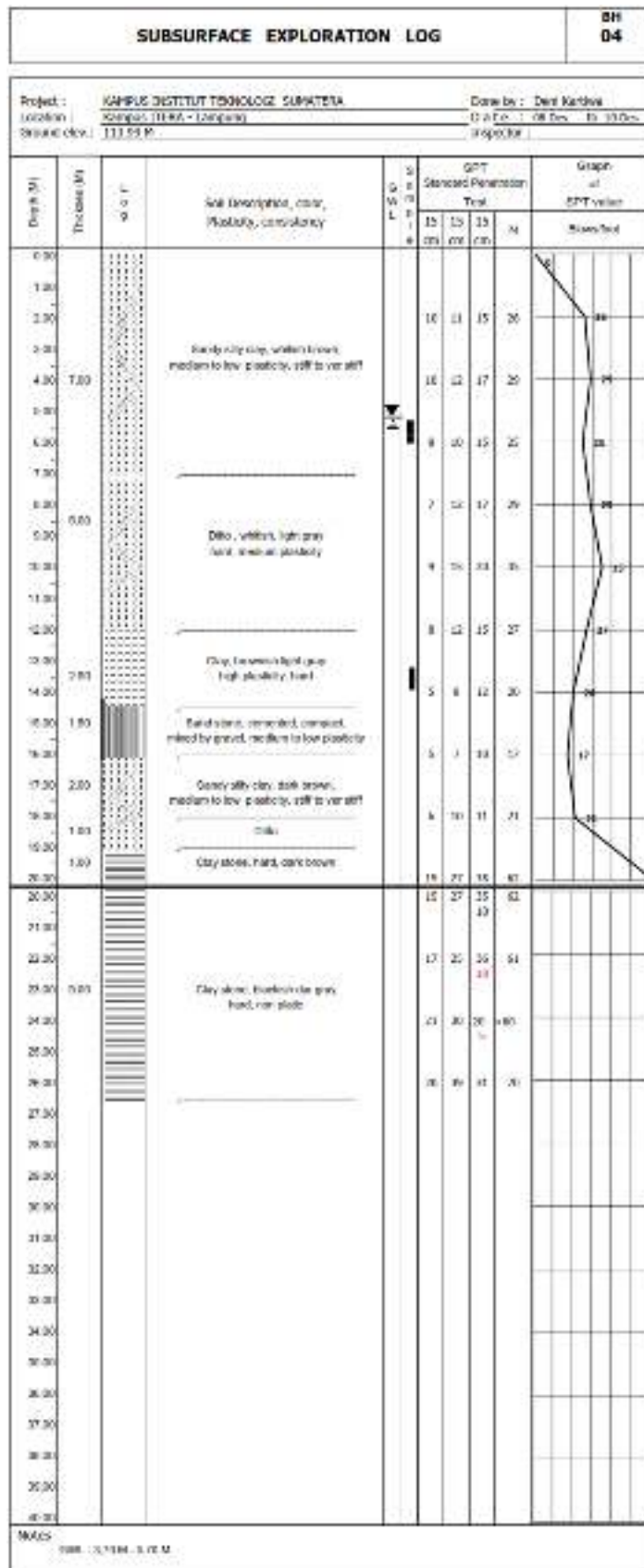
3. Data bore log (SPT) ITERA;



Gambar 3.4. Bore Log (BH-02) ITERA  
(Sumber: Dokumen ITERA)



Gambar 3.5. Bore Log (BH-03) ITERA  
(Sumber: Dokumen ITERA)



**Gambar 3.6. Bore Log (BH-04) ITERA**  
(Sumber: Dokumen ITERA)



4. Data hasil penyelidikan tanah (*soil investigation*);

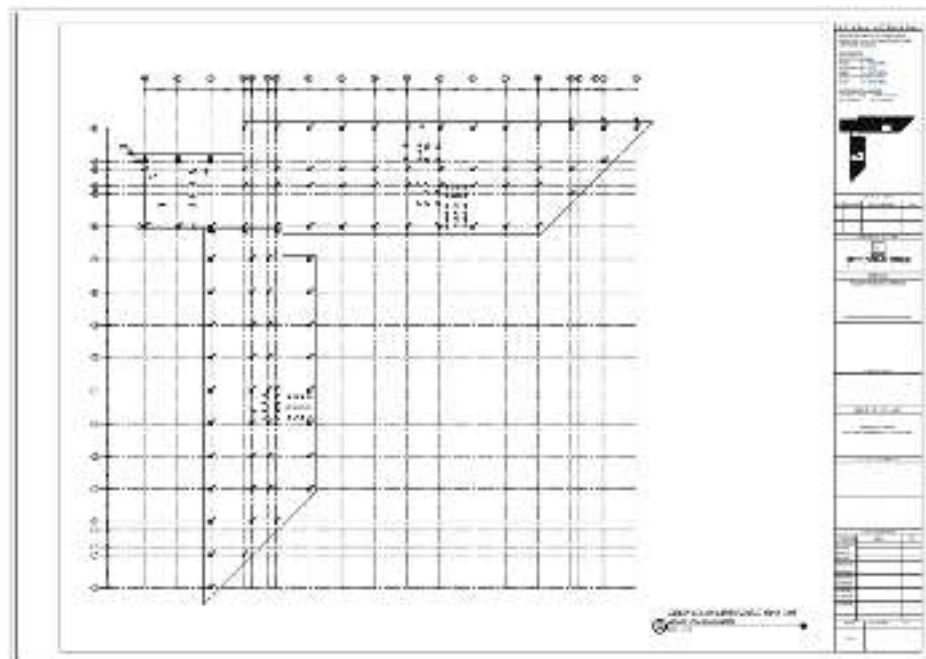
Boring No	Kedalaman (M)	Wn (%)	yt t/m <sup>3</sup>	Gs	LL (%)	PL (%)	Unif Class	# 200 (%)	C <sub>u</sub> (mm)	φ (deg)	Cc
BH-01	1,50 - 2,00	34,98	1,678	2,632					0,244	28,1	
	5,50 - 6,00	31,16	1,734	2,643					0,113	24,86	
	13,50 - 14,00	34,48	1,850	2,600					0,235	14,1	
	21,50 - 22,00	49,14	1,651	2,584					0,900	13,9	
BH-02	9,50 - 10,00	23,91	1,989	2,674					0,882	23,3	
	15,50 - 16,00	53,50	1,597	2,608					0,504	20,1	
BH-03	7,50 - 8,00	33,85	1,733	2,643					0,155	24,5	
	11,50 - 12,00	21,24	2,046	2,653					0,982	17,5	
	17,50 - 18,00	36,85	1,825	2,625					1,287	10,5	
BH-04	5,50 - 6,00	33,10	1,727	2,646					0,190	25,0	
	13,50 - 14,00	29,25	1,850	2,653					0,752	19,3	
BH-05	9,50 - 10,00	28,94	1,798	2,622					1,342	9,9	
	15,50 - 16,00	54,30	1,658	2,614					1,114	8,3	
BH-06	3,50 - 4,00	33,77	1,668	2,651					0,426	28,2	
	7,50 - 8,00	29,51	1,918	2,652					0,660	17,3	
BH-07 (DS)	2,35 - 2,70	39,49	-	2,624							

Wn = kadar air tanah ; yt = Berat volume ; Gs = Berat Jenis ; LL = Batas Cair ; PL = Batas Plastis ; # 200 = Analisa saringan ;  
 c & φ = nilai kohesi dan sudut geser dalam ; Cc = koefisien kompresibilitas

**Gambar 3.7. Factual Report ITERA**

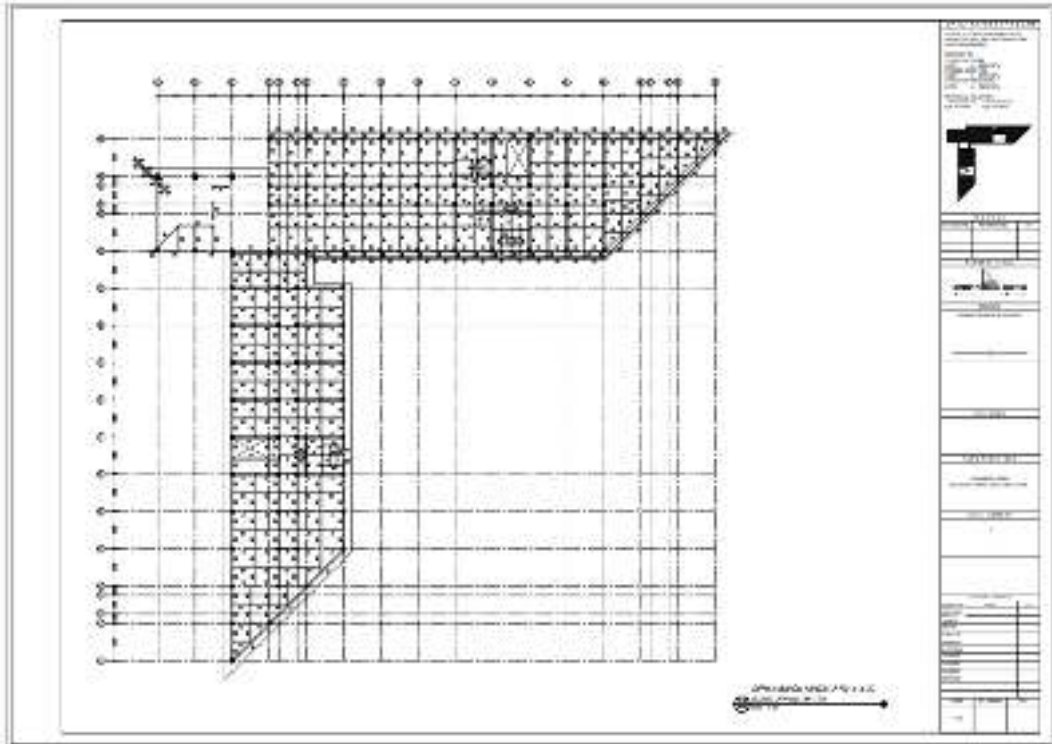
(Sumber: Dokumen ITERA)

5. Data gambar struktur atas gedung LPPM Selatan ITERA.

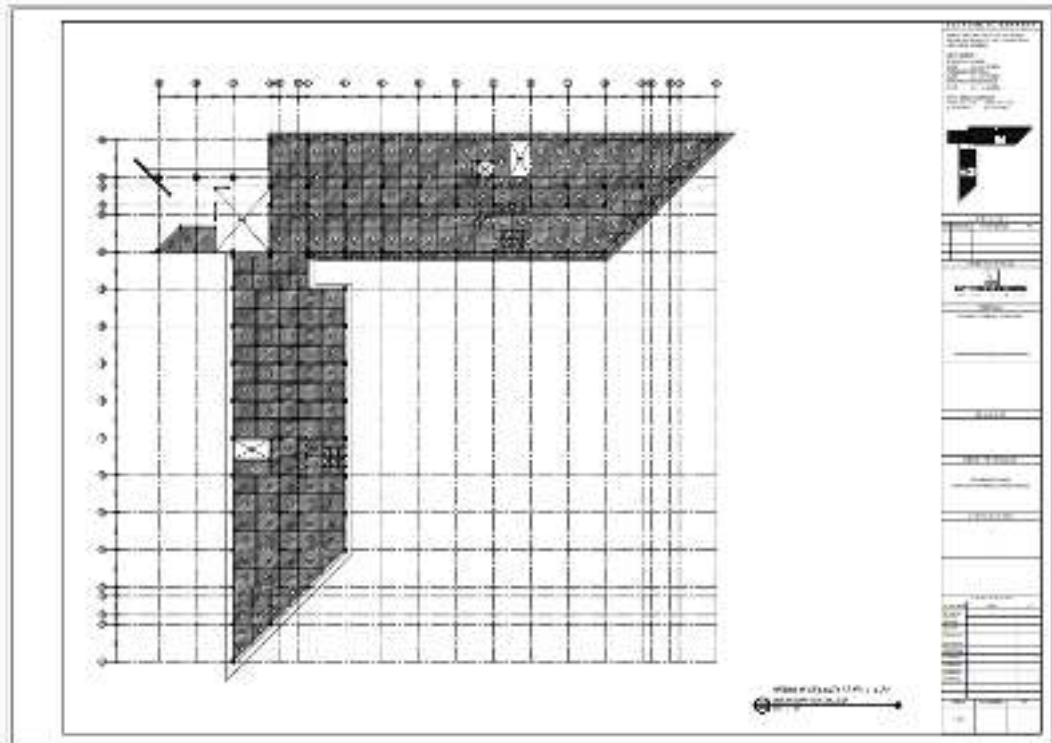


**Gambar 3.8. Denah Kolom Lantai 1**

(Sumber: Dokumen ITERA)



**Gambar 3.9.** Denah Balok Lantai 2  
*(Sumber: Dokumen ITERA)*



**Gambar 3.10.** Denah Plat Lantai 2  
*(Sumber: Dokumen ITERA)*

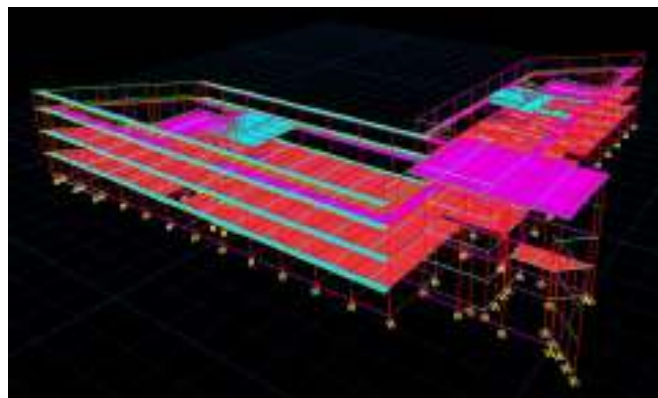
Berikut merupakan sebagian data gambar struktur atas gedung LPPM Selatan ITERA. Untuk gambar keseluruhan dari data gambar tersebut akan dilampirkan pada halaman terakhir tugas akhir ini.

#### 3.2.4. Pengolahan Data

Data-data yang diolah yaitu data sekunder yang telah dikumpulkan sebelumnya. Pengolahan data yang dilakukan yaitu:

##### 1. Pemodelan dan Analisis Struktur Atas

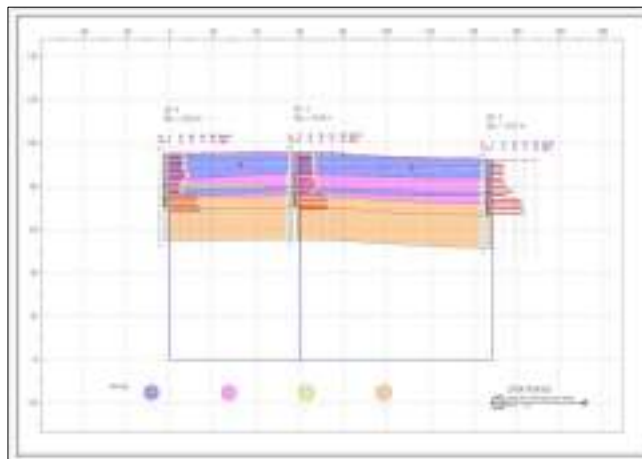
Pemodelan ini menggunakan CSI ETABS 2016 sebagai software analisis struktur atas untuk mendapatkan nilai Fz (Beban axial), Fx (Beban lateral arah x), Fy (Beban lateral arah y), Mx (Momen arah x), dan My (Momen arah y) pada setiap *joint reaction* titik kolom ke fondasi yang akan direncanakan. Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut perlu dilakukan perencanaan pembebanan, definisi kelas situs, dan menentukan kombinasi pembebanan yang digunakan pada struktur atas. Pemodelan dan pembebanan yang dilakukan mengacu pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 (PPPURG-1987), SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Berikut merupakan contoh pemodelan dan analisis struktur atas di CSI ETABS 2016 yang dapat dilihat pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11.** Contoh Pemodelan dan Analisis Struktur Atas di ETABS 2016

## 2. Stratifikasi Tanah

Stratifikasi tanah adalah penggambaran jenis lapisan tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah dari tes *bore log* dan sondir. Stratifikasi tanah juga dapat diartikan penyelidikan tanah yang berupaya untuk mengetahui bentuk, jenis, ketebalan dan kedalaman lapisan tanah yang berada di bawah permukaan. Dalam penelitian ini, penggambaran jenis lapisan tanah berdasarkan data *bore log* (SPT) dengan melihat data peta *boring* ITERA untuk mendapatkan titik koordinat *bore log* tersebut pada lokasi studi. Penggambaran stratifikasi tanah dibuat dengan bantuan *software* Autodesk Civil 3D 2018 dan AutoCad 2016 untuk mendapatkan kondisi *long section* dan *surface* dari titik-titik *bore log* di lokasi penelitian. Berikut merupakan contoh stratifikasi tanah yang menggambarkan jenis tanah dan lapisan-lapisan tanah di setiap kedalamannya.



**Gambar 3.12.** Contoh Stratifikasi Tanah

## 3. Parameter Tanah

Nilai parameter tanah merupakan hal yang penting dalam perencanaan fondasi agar menghasilkan kekuatan yang tepat sesuai dengan kondisi dilapangan, nilai parameter tanah bisa didapatkan dengan dua cara yaitu dengan pengujian laboratorium dan pengujian lapangan. Dalam penelitian ini, nilai parameter tanah yang digunakan yaitu analisis parameter total yang didapat berdasarkan hasil korelasi dari pengujian lapangan yaitu data *bore log* (nilai N-SPT). Nilai parameter-parameter tanah hasil korelasi dari nilai N-SPT dapat dilihat pada BAB II subbab 2.3.5. Parameter Tanah.

### 3.2.5. Menentukan Jenis dan Tipe Fondasi

Dalam menentukan perencanaan fondasi suatu bangunan ada dua hal yang harus diperhatikan pada tanah yang ada di bawah fondasi yaitu daya dukung dan penurunan yang terjadi. Banyak faktor dalam pemilihan jenis fondasi, faktor tersebut antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor *non*-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Pemilihan jenis fondasi yang digunakan sangat berpengaruh kepada keamanan struktur yang berada di atas fondasi tersebut. Jenis fondasi yang dipilih harus mampu menjamin kedudukan struktur terhadap semua gaya yang bekerja. Selain itu, tanah pendukungnya harus mempunyai kapasitas daya dukung yang cukup untuk memikul beban yang bekerja sehingga tidak terjadi keruntuhan. Dan juga perlu cek syarat umum untuk menentukan jenis dan tipe fondasi yang tepat berdasarkan data hasil pengolahan.

### 3.2.6. Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal adalah fondasi yang mendukung beban secara langsung dengan kedalaman  $Df/B \leq 4$ . Adapun hal-hal atau syarat-syarat umum yang perlu di tinjau terlebih dahulu sebelum menentukan jenis fondasi yang akan digunakan dalam perencanaan struktur bawah. Dalam hal ini, dapat diketahui bahwa fondasi dangkal dibutuhkan untuk kondisi sebagai berikut:

1. Cek data *bore log*;
2. Posisi lapisan tanah keras berada pada kedalaman  $\leq 3$  meter;
3. Bangunan yang di pikul pada umumnya  $\leq 2$  lantai;
4. Daya dukung tanah minimal  $2 \text{ kg/cm}^2$ ;
5. Beban yang bekerja tidak terlalu besar.

Berdasarkan bentuknya, fondasi dangkal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Fondasi Menerus;
2. Fondasi Setempat;
3. Fondasi Rakit (*Raft Foundation*).

### 3.2.7. Fondasi Dalam

Fondasi dalam adalah fondasi yang mendukung beban secara langsung dengan kedalaman  $Df/B \geq 4$ . Fondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman tertentu sampai didapat jenis tanah yang dapat mendukung beban struktur bangunan di atasnya. Biasanya fondasi dalam ini digunakan pada konstruksi bangunan gedung bertingkat. Adapun hal-hal atau syarat-syarat umum yang perlu di tinjau terlebih dahulu sebelum menentukan jenis fondasi yang akan digunakan dalam perencanaan struktur bawah. Dalam hal ini, dapat diketahui bahwa fondasi dalam dibutuhkan untuk kondisi sebagai berikut:

1. Cek data *bore log*;
2. Posisi lapisan tanah keras berada pada kedalaman  $> 3$  meter;
3. Bangunan yang di pikul pada umumnya  $> 2$  lantai;
4. Daya dukung tanah yang memenuhi berada pada kedalaman yang cukup dalam dari atas permukaan tanah;
5. Beban yang bekerja cukup besar;
6. Lapisan tanah bagian atas sangat kompresibel dan terlalu lemah untuk memikul beban dari gedung sehingga beban harus dipikul oleh lapisan tanah yang letaknya lebih dalam;
7. Fondasi mengalami beban lateral dari gedung misalnya beban angin dan beban gempa;
8. Terdapat tanah yang ekspansif dan tanah yang mudah hancur ketika kadar airnya tinggi;
9. Fondasi mengalami gaya *uplift* yang cukup besar.

Berdasarkan metode pelaksanaan dilapangan dan bahan yang digunakan, fondasi dalam dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Fondasi Tiang Pancang;
2. Fondasi Tiang Bor/*Bored Pile*;

### 3.2.8. Perencanaan Fondasi

Dalam perencanaan fondasi ini, penulis telah menentukan jenis dan tipe fondasi yang tepat berdasarkan syarat-syarat umum yang telah dijelaskan sebelumnya pada fondasi dangkal dan fondasi dalam dengan melihat hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan maka fondasi yang cocok untuk kondisi wilayah perencanaan studi yaitu jenis fondasi dalam dengan tipe fondasi tiang bor/*bored pile*. Berikut merupakan langkah-langkah dalam perencanaan fondasi dangkal dan fondasi dalam yaitu:

1. Perencanaan Fondasi Dangkal
  - a. Menghitung daya dukung fondasi;
  - b. Menghitung penurunan fondasi;
  - c. Menghitung Penulangan fondasi;
  - d. Desain Fondasi.

2. Perencanaan Fondasi Dalam

Dalam hal ini, perencanaan fondasi dalam yang digunakan yaitu fondasi tiang bor/*bored pile*. Untuk metode perhitungan dan persamaan yang digunakan dalam perencanaan fondasi tiang bor dapat dilihat atau tertera pada BAB II subbab 2.3.7. Fondasi Tiang Bor (*Bored Pile*).

- a. Menghitung daya dukung aksial tiang tunggal;  
Perhitungan yang dilakukan yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II.
- b. Menghitung daya dukung lateral tiang tunggal;  
Dalam menghitung daya dukung lateral tiang tunggal dibantu dengan bantuan *software* Ensoft, Inc. LPILE 2018 sebagai *software* analisis fondasi tiang tunggal untuk mendapatkan nilai *lateral pile deflection* ( $y$ ), *bending momen* ( $M$ ), *shear force* ( $V$ ) sebagai daya dukung lateral dari fondasi tiang tunggal yang di rencanakan, dan juga kurva p-y;
- c. Menghitung daya dukung aksial dan lateral tiang kelompok;  
Perhitungan yang dilakukan yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II. Dalam perhitungan ini juga perlu dilakukan perhitungan terkait konfigurasi dan efisiensi dari tiang kelompok. Untuk pemeriksaan daya

dukung tiang kelompok supaya dapat dikatakan aman atau belum, maka dapat dilakukan dengan *software* Ensoft, Inc. GROUP 2016 sebagai *software* analisis fondasi tiang kelompok untuk mengetahui daya dukung aksial dan lateral dari fondasi tiang kelompok akibat beban aksial dan lateral yang terjadi.

- d. Memeriksa pengaruh beban terfaktor pada tiang kelompok tanpa adanya momen dan dengan adanya momen;

Perhitungan tersebut dilakukan yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II.

- e. Penurunan pada tiang tunggal dan kelompok;

Perhitungan penurunan pada fondasi yang dilakukan yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II.

- f. Desain dan penulangan fondasi tiang bor;

Dalam mendesain dan menghitung penulangan fondasi tiang bor dibantu dengan bantuan *software* Ensoft, Inc. LPILE 2018 dan PCA Column sebagai *software* untuk desain dan investigasi dari kolom beton bertulang;

- g. Desain dan penulangan *pilecap*

Perhitungan yang dilakukan dalam desain dan penulangan *pilecap* yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II. Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan penulangan maka perlu bantuan *software* Ensoft, Inc. GROUP 2016 dan CSI ETABS 2016.

### **3.2.9. Desain dan Penulangan *Tie Beam***

Perhitungan yang dilakukan dalam desain dan penulangan *tie beam* yaitu dengan cara perhitungan manual menggunakan metode dan persamaan yang telah di jelaskan pada BAB II. Adapun *software* pendukung yang digunakan yaitu CSI ETABS 2016 untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan manual tersebut. Dan juga selisih penurunan yang terjadi pada fondasi dapat digunakan untuk menentukan momen dalam merencanakan kebutuhan tulangnya.

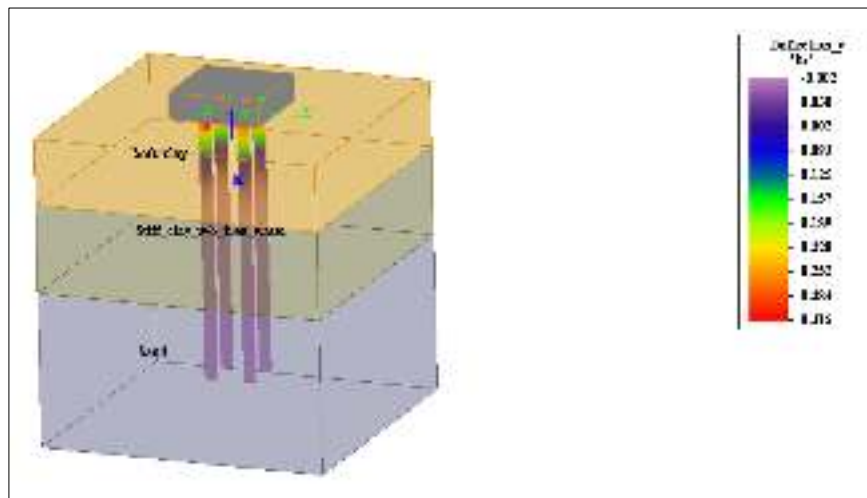


### 3.2.10. Analisis Menggunakan *Software*

Perencanaan fondasi yang dilakukan di wilayah studi menggunakan dua *software* analisis untuk mengetahui daya dukung fondasi, defleksi tiang fondasi, kekuatan struktur fondasi, *joint reaction* antara struktur atas dan struktur bawah, dan data-data lain yang diperlukan dalam perencanaan struktur bawah tersebut. *Software* yang dimaksud yaitu Ensoft, Inc. GROUP 2016 dan CSI ETABS 2016.

#### 1. Ensoft, Inc. GROUP 2016

*Software*/program ini digunakan untuk desain struktur bawah atau fondasi saja. Nilai-nilai parameter yang digunakan untuk analisis fondasi yaitu nilai keluaran dari CSI ETABS 2016. Nilai-nilai tersebut yaitu Fz (Beban axial), Fx (Beban lateral arah x), Fy (Beban lateral arah y), Mx (Momen arah x), dan My (Momen arah y) pada setiap *joint reaction* titik kolom ke fondasi yang akan di rencanakan. Contoh pemodelan dan analisis desain terpisah dengan menggunakan bantuan *software* Ensoft, Inc. GROUP 2016 dapat dilihat pada Gambar 3.13.

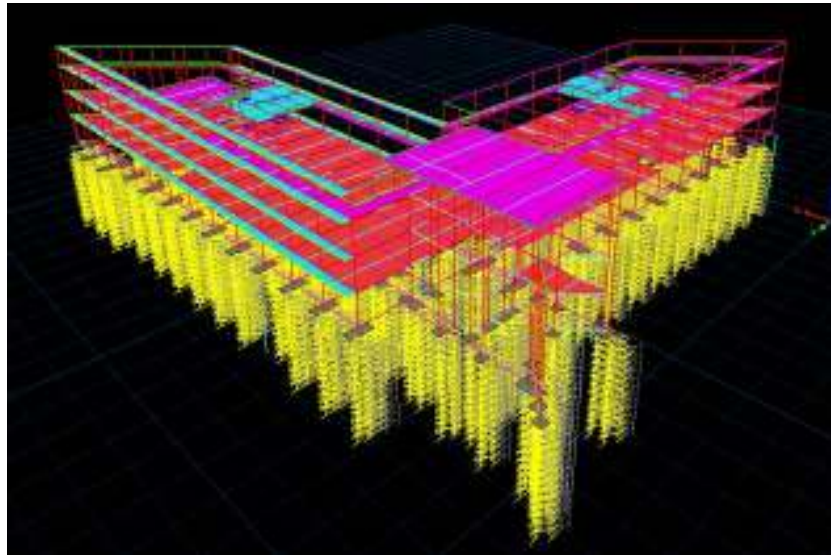


**Gambar 3.13.** Contoh Analisis Desain Terpisah

#### 2. CSI ETABS 2016

*Software*/program ini digunakan untuk desain struktur atas yang terhubung langsung dengan struktur bawah yang dapat dianalisis bersamaan. Nilai-nilai parameter yang digunakan untuk analisis struktur bawah yaitu nilai keluaran dari Ensoft, Inc. LPILE 2018 (kurva p-y) dan Ensoft, Inc. SHAFT 2017

(kurva t-z dan kurva Q-w). Contoh pemodelan dan analisis desain terhubung langsung antara struktur atas dan struktur bawah dengan menggunakan bantuan *software* CSI ETABS 2016 dapat dilihat pada Gambar 3.14.



**Gambar 3.14.** Contoh Analisis Desain Terhubung Langsung

### **3.2.11. DED (*Detail Engineering Design*)**

Gambar *Detail Engineering Design* (DED) adalah produk perencanaan (detail gambar kerja) yang dibuat konsultan perencana untuk pekerjaan bangunan sipil seperti gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan pekerjaan konstruksi lainnya. Selain sebagai rencana gambar kerja, DED juga bisa digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan, perawatan, dan perbaikan sebuah gedung atau bangunan. Dokumen gambar DED terdiri dari gambar arsitektur, gambar struktur dan konstruksi, serta gambar Mekanikal Elektrikal dan Plumbing (MEP). Dalam pekerjaan struktur, gambar DED yang dibuat mengacu pada standar detail untuk pekerjaan struktur. Gambar DED yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu:

1. Denah *Bored Pile*;
2. Denah *Pile Cap*;
3. Denah *Sloof/Tie Beam*;
4. Detail *Pile Cap*;
5. Detail *Bored Pile*;
6. Detail *Tie Beam*.

### **3.2.12. RAB (Rencana Anggaran Biaya)**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek tersebut. Dalam penyusunan RAB pada penelitian ini mengacu pada regulasi Permen PUPR 28-2016 Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Anggaran biaya pada kegiatan yang sama akan berbeda pada masing-masing daerah disebabkan perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Berikut merupakan isi dari dokumen RAB yaitu:

1. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya;
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB);
3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP);
4. Harga Dasar Satuan Bahan dan Upah Kerja;
5. Perhitungan Volume Pekerjaan (*Backup Data*).

### **3.2.13. Output Penelitian Tugas Akhir**

Pada penelitian Tugas Akhir ini, *output*/keluaran yang dihasilkan yaitu:

1. *Joint reaction* dari *modeling* dan analisis struktur atas di CSI ETABS 2016;
2. Jenis dan tipe fondasi yang cocok digunakan;
3. Daya dukung fondasi;
4. Penurunan pada fondasil;
5. Desain dan penulangan *pile cap* dan *bored pile*;
6. Desain dan penulangan *tie beam*;
7. Perbedaan antara analisis desain terpisah dan analisis desain langsung.
8. Gambar DED (*Detail Engineering Design*) struktur bawah;
9. RAB (Rencana Anggaran Biaya) struktur bawah;