



**PERENCANAAN FONDASI  
PADA PEMBANGUNAN GEDUNG 5 LANTAI  
RUMAH SAKIT PURI ASIH SALATIGA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik  
Sipil Fakultas Teknik**

**Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

**Disusun Oleh:**

**ANDINI EKA LESTARI**

**20210015**

**RAFLY NUR WAHYUDA**

**20210019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI**

**UNGARAN**

**2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERENCANAAN FONDASI  
PADA PEMBANGUNAN GEDUNG 5 LANTAI  
RUMAH SAKIT PURI ASIH SALATIGA**

**Disusun Oleh:**

**ANDINI EKA LESTARI**

**20210015**

**RAFLY NUR WAHYUDA**

**20210019**

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Program Studi  
Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

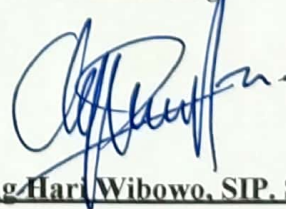
Diperiksa dan Disetujui

**Pembimbing I**



**Ir. Totok Apriyanto, M.T**  
NIDN. 0019046101

**Pembimbing II**



**Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T**  
NIDN. 0604089203

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN FONDASI PADA PEMBANGUNAN GEDUNG 5 LANTAI RUMAH SAKIT PURI ASIH SALATIGA

Disusun Oleh:

ANDINI EKA LESTARI

20210015

RAFLY NUR WAHYUDA




20210019

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T  
Anggota : Ratih Pujiastuti S.T, M.T  
Anggota : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T

(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNDARIS

  
  
Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T.  
NIDN. 0604089203

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Nama : Andini Eka Lestari  
NIM : 20210015  
Judul : Perencanaan Fondasi Pada Pembangunan Gedung 5 Lantai  
Rumah Sakit Puri Asih Salatiga
2. Nama : Rafly Nur Wahyuda  
NIM : 20210019  
Judul : Perencanaan Fondasi Pada Pembangunan Gedung 5 Lantai  
Rumah Sakit Puri Asih Salatiga

Menyatakan bahwa naskah Skripsi Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Ungaran, 2024

Yang membuat pernyataan  
Penyusun



**Andini Eka Lestari**

NIM. 20210015



**Rafly Nur Wahyuda**

NIM. 20210019



## ABSTRAK

Fondasi adalah bagian dari suatu sistem struktur bawah yang menahan berat sendirinya dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Perencanaan Fondasi harus dilakukan secara cermat untuk mendapatkan daya dukung yang sesuai untuk menopang beban struktur di atasnya. Perencanaan Fondasi yang baik akan menghindarkan keruntuhan struktur di atasnya. Sebelum merencanakan Fondasi, baiknya dilakukan penyelidikan tanah guna menentukan jenis fondasi yang digunakan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dalam penelitian tentang perencanaan Fondasi untuk struktur bangunan lima lantai ini diketahui nilai daya dukung yang dihasilkan dari data sondir dengan nilai  $q_c$  150 kg/cm<sup>2</sup> yang di hitung dengan menggunakan metode Mayerhoff adalah 28198,26 kN/m<sup>2</sup>. Dengan kombinasi beban layan, fondasi *bore pile* direncanakan dengan diameter 0,5 meter dan kedalaman 4 meter. Untuk perancangan tulangan, digunakan kombinasi beban ultimit. Dari hasil perhitungan tulangan pokok yang digunakan 12 D19 dan tulangan spiral digunakan Ø10.

**Kata Kunci:** *Fondasi, Fondasi Bore Pile, Kapasitas Dukung Tanah, Sondir, Struktur Beton.*

## ABSTRACT

*A foundation is a part of a system of substructures that holds its own weight and the entire force load of the superstructure, then passes it on to the soil and rock layers located underneath. Foundation Planning must be done carefully to obtain the appropriate carrying capacity to support the load of the structure on it. Good Foundation Planning will avoid the collapse of the structure on top of it. Before planning the foundation, it is good to carry out a soil investigation to determine the type of foundation used, in addition to the results of the soil investigation can determine the treatment of the soil so that the carrying capacity can support the construction to be built. **Keywords:** Foundation, Footplat, Bearing Capacity, Sondir, Reinforced Concrete. In the research on foundation planning for this five-storey building structure, it is known that the carrying capacity value generated from sondir data with a  $q_c$  value of 150 kg/cm<sup>2</sup> calculated using the Mayerhoff method is 28198.26 kN/m<sup>2</sup>. With a combination of serving loads, the bore pile foundation is planned with a diameter of 0.5 meters and a depth of 4 meters. For reinforcement design, a combination of ultimate loads is used. From the results of the calculation of the main reinforcement used 12 D19 and the spiral reinforcement used Ø10.*

**Keywords:** Foundation, Bore Pile Foundation, Soil Bearing Capacity, Sondir, Concrete Structure

# KATA PENGANTAR

Assalamualaikum. wr.wb.

Puji syukur senantiasa tercurah kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam terhanturkan kepada baginda Rasulullah S.A.W, sehingga Laporan Tugas Akhir “Perencanaan Fondasi Pada Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan Tugas Akhir dimaksudkan untuk melengkapi syarat-syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI.

Dalam hal penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan dorongan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala anugerah dalam kehidupan ini;
2. Bapak Abdullah, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
3. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
4. Bapak Ir. Totok Aprianto, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
5. Bapak Agung Hari Wibowo, SIP. ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
6. Segenap Dosen dan Staff Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
7. Segenap keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan support dan semangat untuk menyelesaikan laporan ini; dan
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan, baik dari segi materi, penyajian maupun pemilihan kata-kata. Sehingga, kami akan sangat menghargai serta berterima kasih kepada siapa saja yang berkenan untuk dapat memberikan masukan, kritik

dan saran dimana untuk selanjutnya kami dapat mempertimbangkan dalam penyempurnaan laporan ini.

Demikian Laporan Tugas Akhir ini kami buat, semoga dapat bermanfaat bagi kami dan semua pihak yang memerlukannya.

Wassalamualaikum. wr.wb.

Ungaran,

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian .....	I-2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	I-2
1.4 Batasan Masalah .....	I-3
1.5 Lokasi Penelitian .....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan .....	I-4
BAB II STUDI PUSTAKA.....	II-1
2.1 Tinjauan Umum.....	II-1
2.1.1 Struktur Atas.....	II-1
2.1.2 Struktur Bawah.....	II-2
2.2 Pengertian Tanah .....	II-2
2.2.1 Penyelidikan Tanah .....	II-3
2.2.2 Pengujian Laboratorium .....	II-5
2.3 Fondasi.....	II-7
2.3.1 Jenis-jenis Fondasi.....	II-8
2.3.2 Metode Pelaksanaan Fondasi Bored Pile.....	II-11
2.4 Kapasitas Dukung.....	II-12
2.4.1 Kapasitas Dukung Menurut Metode Meyerhof .....	II-12
2.4.2 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang.....	II-13

2.4.3 Efisiensi Kelompok Tiang .....	II-15
2.5 Penurunan Fondasi.....	II-16
2.5.1 Penurunan Pada Fondasi <i>Bore Pile</i> .....	II-17
2.5.2 Penurunan Fondasi Tiang Kelompok .....	II-18
2.6 Penulangan Fondasi .....	II-19
2.7 Pembebanan dengan SAP 2000 .....	II-19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Metodologi Penelitian.....	III-1
3.2 Preliminary Design .....	III-1
3.2.1 Pelat .....	III-1
3.2.2 Balok.....	III-1
3.2.3 Kolom .....	III-2
3.3 Pengumpulan Data.....	III-2
3.4 Analisis Pembebanan.....	III-3
3.5 Analisis Perencanaan Fondasi .....	III-3
<b>BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Data Proyek .....	IV-1
4.1.1 Spesifikasi Material yang Digunakan.....	IV-1
4.1.2 Denah Titik Fondasi .....	IV-1
4.2 Data Struktur.....	IV-1
4.2.1 Peraturan Pembebanan.....	IV-2
4.2.2 Kombinasi Pembebanan .....	IV-2
4.2.3 Pembebanan Struktur .....	IV-3
4.2.4 Permodelan Struktur .....	IV-8
4.3 Data Klasifikasi Tanah .....	IV-10
4.4 Hasil Analisis.....	IV-11
4.4.1 Analisis Struktur Hasil Program SAP2000.....	IV-11
4.4.2 Analisis Kapasitas Dukung Fondasi <i>Bore Pile</i> .....	IV-12



4.4.3 Analisis Penurunan Fondasi <i>Bore Pile</i> .....	IV-17
4.4.4 Analisis Kebutuhan Tulangan Fondasi <i>Bore Pile</i> .....	IV-20
4.4.5 Analisis Perencanaan Pilecap .....	IV-22
4.4.6 Analisis Kebutuhan Pilecap .....	IV-24
4.4.7 Desain Penulangan Lentur Arah X .....	IV-27
4.4.8 Desain Penulangan Lentur Arah Y .....	IV-30
4.4.9 Analisis Fondasi Sumuran .....	IV-32
4.4.10Daya Dukung Fondasi Sumuran.....	IV-32
4.4.11Daya Dukung Ultimit Fondasi Sumuran .....	IV-33
4.4.12Analisis Penurunan Fondasi Sumuran .....	IV-34
4.4.1 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Fondasi Sumuran.....	IV-36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>V-1</b>
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>1</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>2</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi .....	I-3
Gambar 2. 1 Grafik hubungan $Q_c$ (Perlawanan conus) dan $f_s$ (friction ratio) menurut Robertson dan Campanella (Bowles,1997) .....	II-4
Gambar 2. 2 Input Data Software Allpile .....	II-17
Gambar 2. 3 Data Material Fondasi .....	II-19
Gambar 3. 1 Rangka Struktur.....	III-2
Gambar 3. 2 Set Load Cases to Run.....	III-3
Gambar 3. 3 Bagan Alir Perencanaan Fondasi .....	III-4
Gambar 4. 1 Respon Spektrum .....	IV-7
Gambar 4. 2 Load Pattern Gempa Statistik.....	IV-8
Gambar 4. 3 Hasil Permodelan Struktur pada Program SAP2000.....	IV-9
Gambar 4. 4 Jarak Tiang pada Kelompok Tiang .....	IV-15
Gambar 4. 5. Pile Profile .....	IV-17
Gambar 4. 6. Pile properties.....	IV-17
Gambar 4. 7. Beban yang Bekerja pada Fondasi .....	IV-18
Gambar 4. 8. Data Hasil Uji Sondir .....	IV-18
Gambar 4. 9 Hasil Analisi Penurunan Fondasi Bore Pile .....	IV-19
Gambar 4. 10 Hasil Defleksi Lateral Fondasi Bore Pile .....	IV-20
Gambar 4. 11 Data Tulangan Pokok Bore pile .....	IV-21
Gambar 4. 12 Data Beugel Spiral Bore Pile.....	IV-21
Gambar 4. 13 Beban yang Bekerja pada Fondasi .....	IV-21
Gambar 4. 14 Diagram Momen Lentur Bore Pile .....	IV-22
Gambar 4. 15 Pilecap .....	IV-24
Gambar 4. 16 Desain Tulangan Lentur Arah X .....	IV-27
Gambar 4. 17 Desain Tulangan Lentur Arah Y .....	IV-30
Gambar 4. 18 Penurunan Fondasi Sumuran.....	IV-34
Gambar 4. 19 Defleksi Lateral Fondasi Sumuran .....	IV-35
Gambar 4. 20 Data Tulangan Pokok Fondasi Sumuran .....	IV-36
Gambar 4. 21 Data Beugel Spiral Fondasi Sumuran .....	IV-36
Gambar 4. 22 Diagram Momen Lentur Fondasi Sumuran.....	IV-37

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi pembacaan conus ( $Q_c$ ) terhadap parameter tanah .....	II-5
Tabel 2. 2 Efisiensi Tiang Bor .....	II-16
Tabel 2. 3 Tabel Koefisien $C_p$ .....	II-18

## DAFTAR NOTASI

$fr$	=	rasio gesekan
$fs$	=	<i>local friction</i>
$qc$	=	tahanan konus
$Qult$	=	kapasitas dukung ultimit netto (kN)
$Qb$	=	tahanan ujung bawah ultimit (kN)
$Qs$	=	tahanan gesek ultimit (kN)
$Ab$	=	luas ujung bawah tiang (cm <sup>2</sup> )
$As$	=	luas selimut tiang (cm <sup>2</sup> )
$fb$	=	tahanan ujung satuan tiang (kg/cm <sup>2</sup> )
$fs$	=	tahanan gesek satuan tiang (kg/cm <sup>2</sup> )
$Wp$	=	berat sendiri tiang (kN)
$Qa$	=	kapasitas dukung ijin tiang
$F$	=	faktor aman
$\omega 1$	=	koefisien modifikasi tiang, diambil 1
$\omega 2$	=	koefisien modifikasi tiang, diambil 1
$qca$	=	tahanan konus rata-rata (kN/m <sup>2</sup> )
$kf$	=	koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus
$kc$	=	koefisien modifikasi tahanan konus
$qb$	=	Kapasitas kuat dukung di ujung tiang (ton) Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang
$Qca$	=	(kg/cm <sup>2</sup> )
$Fb$	=	Faktor empiric, tergantung pada jenis tanah
$Fs$	=	Faktor empiric yang bergantung pada jenis tanah
$f$	=	Kuat dukung kulit tiang persatuan luas (kg/cm <sup>2</sup> )
$qf$	=	Tahanan gesek sisi konus (kg/cm <sup>2</sup> )

$\omega$	=	Koefisien Korelasi
$Qg$	=	kapasitas dukung kelompok tiang
$Eg$	=	Efisiensi kelompok tiang
$n$	=	jumlah tiang
$P$	=	beban yang bekerja
$S$	=	Jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya
$d$	=	diameter tiang (m)
$m$	=	jumlah baris tiang
$n'$	=	jumlah tiang dalam satu baris
$S$	=	Penurunan total kepala tiang
$q$	=	beban yang bekerja
$L$	=	Panjang tiang
$Ep$	=	Modulus elastis tiang
$Qwp$	=	Daya dukung ujung tiang (kg)
$Qws$	=	Daya dukung selimut tiang (kg)
$\alpha$	=	koefisien dari skin friction
$Cp$	=	Koefisien empiris
$Sg$	=	Penurunan pondasi kelompok tiang
$Bg$	=	Lebar Kelompok Tiang

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring perkembangan zaman dan modernisasi teknologi, rumah sakit merupakan suatu kebutuhan yang penting bagi masyarakat untuk memberikan pelayanan kesehatan. Khususnya teknologi pada bidang kesehatan, rumah sakit berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas pelayanan dan peralatan untuk kesehatan masyarakat sekitar. Oleh karena itu Rumah Sakit Puri Asih Salatiga juga berusaha untuk meningkatkan pelayanan kepada masyarakat Kota Salatiga dengan melakukan Renovasi Gedung Pelayanan dan Pembangunan Gedung Baru untuk menjawab kebutuhan fasilitas kesehatan yang lebih modern dan lengkap di Kota Salatiga.

Kurangnya fasilitas kesehatan yang modern di Salatiga, membuat masyarakat merasa kesulitan dalam mendapatkan perawatan ketika membutuhkan (Data BPS 2023). Oleh karena itu, Rumah Sakit Puri Asih mengupayakan adanya fasilitas kesehatan yang lebih baik dan canggih guna meningkatkan pelayanan kesehatan terhadap masyarakat Kota Salatiga dan sekitarnya. Rumah Sakit Puri Asih juga melakukan penataan ulang gedung lama dan membangun gedung baru untuk menambahkan ruang rawat inap baru dan menambahkan ruang pelayanan.

Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga yang berlokasi di Jl. Jendral Sudirman No. 169, Gendongan, Kecamatan Tingkir, Kota Salatiga ini menjadi lokasi pengamatan penulis. Gedung ini terdiri dari 4 lantai utama dan 1 lantai basement. Penelitian dengan judul “Perencanaan Fondasi Pada Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga” ini mencoba merencanakan kekuatan daya dukung fondasi terhadap berat konstruksi bangunan di atasnya.

Fondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang di topang fondasi dan berat sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles 1997). Dalam perancangan fondasi harus mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Adapun persyaratan dalam perancangan fondasi yang harus dipenuhi yaitu faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas daya dukung tanah harus terpenuhi serta penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan.



Fondasi *bore pile* merupakan fondasi yang dipasang dengan metode pengeboran tanah menggunakan diameter tertentu hingga mencapai kedalaman yang sudah ditentukan. Kemudian tulangan baja yang telah dirakit dimasukkan ke dalam lubang bor dan dilanjurkan dengan pengecoran lubang. Tiang bor biasanya dipakai dalam kondisi tanah yang stabil dan kaku sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada saat pengecoran. Pada tanah yang keras atau batuan lunak besar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Kapasitas dukung (*bearing capacity*) merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur yang terletak di atasnya dimana kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah dalam melawan penurunan akibat terjadinya pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang gesernya.

Proyek Gedung 5 Lantai Puri Asih Salatiga dalam pelaksanaannya menggunakan fondasi sumuran. Dalam hal ini menyebabkan proses pekerjaan membutuhkan waktu yang sangat lama. Oleh karena itu, penulis meneliti penggunaan fondasi *bore pile* untuk proyek tersebut. Hal ini bertujuan agar di peroleh fondasi yang lebih efektif dan efisien baik dari segi biaya, waktu, dan aspek lainnya.

## **1.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dan tujuan penelitian “Analisa Penggunaan Struktur Fondasi Sumuran Pada Proyek Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga” yaitu:

1. Mengetahui beban kerja yang diterima oleh fondasi berdasarkan SNI-1727:2020 tentang Beban Minimum Bangunan Gedung.
2. Melakukan analisis perencanaan fondasi *bore pile* terhadap beban kerja yang sudah ada.
3. Merancang fondasi yang efisien terhadap beban di atasnya.

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dalam penelitian ini yaitu menganalisa pembebanan yang berada diatas fondasi, menganalisa struktur pada Gedung 5 lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga, menganalisa daya dukung tanah dari data hasil Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*). Adapun metode untuk menganalisa kapasitas daya dukung tanah menggunakan metode statis berdasarkan Metode Meyerhof.

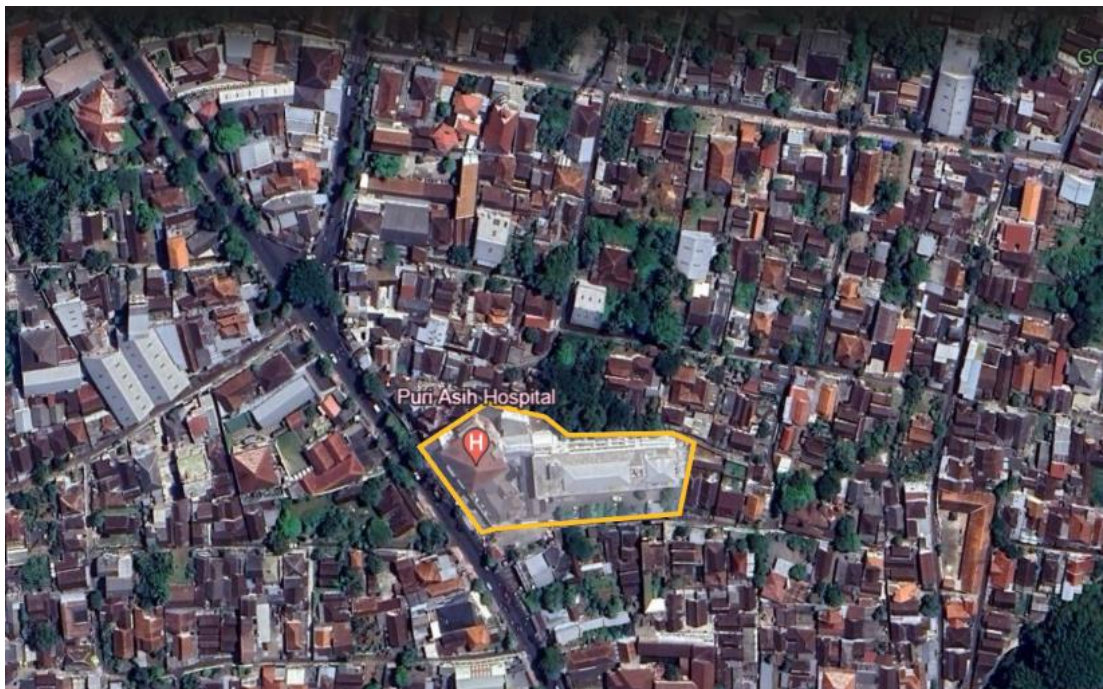
#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian pada Laporan Tugas Akhir ini ada sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga;
2. Data tanah yang digunakan merupakan data hasil penyelidikan tanah oleh Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang;
3. Perhitungan pembebanan gedung menggunakan SAP 2000;
4. Menggunakan hitungan kapasitas daya dukung tanah dari metode ahli yaitu Metode Meyerhof.
5. Mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung, SNI 1726:2019 tentang Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung, dan SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
6. Perhitungan penurunan fondasi menggunakan Aplikasi *All Pile*.
7. Perhitungan kebutuhan tulangan fondasi menggunakan aplikasi *PCA Couolumn*.

#### 1.5 Lokasi Penelitian

Proyek Renovasi dan Pembangunan Gedung Baru RS Puri Asih Salatiga terletak di Jalan Jenderal Sudirman No. 169, Kota Salatiga. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 1.1:



Gambar 1.1 Peta Lokasi

## 1.6 Sistematika Penulisan

Rencana sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 (lima) bab, secara garis besar tentang sistematika penulisan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, lokasi proyek, dan sistematika penyusunan Tugas Akhir

**BAB II : STUDI PUSTAKA**

Berisi kajian literatur serta hasil studi yang relevan tentang dasar teori, rumus dan segala sesuatu yang digunakan dalam pembahasan dan penyelesaian Tugas Akhir. Dalam hal ini, data-data yang digunakan berasal dari buku literatur, tulisan ilmiah, *website/search engine* dan hasil penelitian sebelumnya.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi berisikan tentang metode-metode yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini, termasuk pengumpulan data, langkah penelitian dan analisis data.

**BAB IV : ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

Berisi analisis perhitungan kapasitas daya dukung fondasi *bore pile* dengan mengolah data-data yang telah diperoleh.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran mengenai hasil penelitian yang dikumpulkan pada Tugas Akhir serta dapat dijadikan masukan untuk selanjutnya.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Bangunan gedung merupakan suatu sarana infrastruktur yang berfungsi sebagai tempat penunjang manusia dalam aktifitas kesehariannya. Mengingat semakin banyaknya populasi manusia dan semakin menyempitnya lahan untuk mendirikan bangunan, maka bangunan bertingkat diperlukan untuk menjawab kebutuhan dalam kehidupan manusia. Namun, dalam pembangunan gedung bertingkat diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*strenght*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*).

Pada suatu perencanaan konstruksi gedung terdiri atas struktur bawah (*lower structure*), dan struktur atas (*upper structure*). Struktur bawah (*lower structure*) merupakan komponen suatu bangunan yang berada dibawah permukaan seperti Fondasi dan struktur bangunan lainnya yang ada dibawah. Sedangkan, Struktur atas (*upper structure*) sendiri merupakan komponen suatu bangunan dimana berada diatas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat, dan tangga.

##### **2.1.1 Struktur Atas**

Struktur atas suatu gedung meliputi komponen yang menyusun seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur atas terdiri dari kolom, pelat, balok dan dinding geser, yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting.

###### **2.1.1.1 Kolom**

Definisi kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok induk dan balok anak. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi (SNI 2847:2019).

Kolom merupakan komponen struktur atas yang berfungsi meneruskan beban seluruh bangunan ke fondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk

meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup, serta beban hembusan angin.

#### **2.1.1.2 Balok**

Balok merupakan bagian struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban hidup dan beban mati yang diterima pelat lantai, berat dinding penyekat yang di atasnya dan berat sendiri balok. Sedangkan beban horizontal berupa gempa dan beban angin. Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis dan aman sangat penting untuk suatu struktur bangunan terutama struktur bertingkat tinggi atau struktur berskala besar.

#### **2.1.1.3 Pelat Lantai**

Pelat lantai adalah salah satu komponen struktur konstruksi yang berfungsi sebagai penutup lantai pada gedung dan biasanya di bangun dengan konstruksi beton bertulang (Istimawan Dipohusodo 1999).

### **2.1.2 Struktur Bawah**

Struktur bawah pada gedung adalah komponen yang menopang seluruh bagian struktur atas gedung. Fondasi ialah bagian struktur bawah bangunan yang meneruskan beban yang dipikul oleh fondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah di bawahnya (Bowles 1997). Semua konstruksi yang didesain berada diatas tanah harus didukung oleh fondasi.

## **2.2 Pengertian Tanah**

Tanah merupakan suatu permukaan daratan yang membentuk mintakat (*zone*) yang terdiri dari lapukan batuan (*rock*), massa galir (*loose*) dan bahan organik yang bercampur (Notohadiprawiro, 2006). Tanah adalah suatu bahan yang didapat dari butiran-butiran padat yang terurai dan terikat oleh gas dan cairan yang saling mengisi rongga antar partikel (Das 1995). Tanah diartikan sebagai suatu material berupa butiran-butiran (agregat) mineral padat yang tidak saling terikat secara kimia yang terbentuk dari bahan organik yang telah melapuk serta zat gas dan cair yang saling mengisi antar rongga pratikel tersebut (Pratikso, 2017).

Umumnya tanah dibagi menjadi dua yaitu tidak lengket (tak kohesif) dan lengket (kohesif). Tanah tidak lengket yaitu tanah yang lengas bisa disebabkan tegangan permukaan

air, mirip pasir. Tanah lengket adalah tanah yang bercampur dan mengering, seperti tanah liat / lempung (Bowles, 1991). Menurut Hardiyatmo (1992) tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel- partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

### **2.2.1 Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan fondasi bangunan, jalan, dll, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah.

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis fondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih alternatif/jenis, kedalaman serta dimensi fondasi yang efisien. Metode penyelidikan tanah yang digunakan kali ini adalah metode Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) dan pengujian laboratorium.

#### **2.2.1.1 Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*)**

Salah satu jenis pengujian langsung di lapangan yang umum digunakan yaitu Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*). Aplikasi Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) didukung dengan banyaknya riset-riset di seluruh dunia yang membahas baik mengenai inovasi yang pesat dan kajian antar parameter.

Keuntungan khusus Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) ialah untuk mendapatkan profil yang menerus sejauh tidak ditemui tanah atau batuan yang sangat keras untuk kedalaman yang diminati. Dari aspek teknis, Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) cukup andal dalam menentukan parameter tanah secara *in-situ* ketika tidak dimungkinkan pengambilan sampel atau terbatasnya kondisi lahan. Pada umumnya, Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) digunakan untuk menentukan kuat geser tanah secara *in-situ*, menentukan perilaku tanah, menentukan muka air tanah sewaktu, tekanan air pori dan derajat konsolidasi sewaktu. Adapun tujuan dari penyelidikan Uji



Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) yaitu untuk mengetahui perlawanan penetrasi *conus* dan gembatan lekat tanah pada *biconus* (H). Nilai tahanan kerucut statis atau tahanan *conus* yang diperoleh dari pengujian dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan fondasi.

Dalam pengujian Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) berlangsung, pengujian tidak mengeluarkan tanah sehingga jenis tanah tidak dapat diketahui dengan pasti. Dengan demikian, hubungan antara tahanan konus ( $q_c$ ) dengan rasio gesekan ( $fr$ ) untuk dapat mengklasifikasikan tanah dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Robertson dan Campanella 1983):

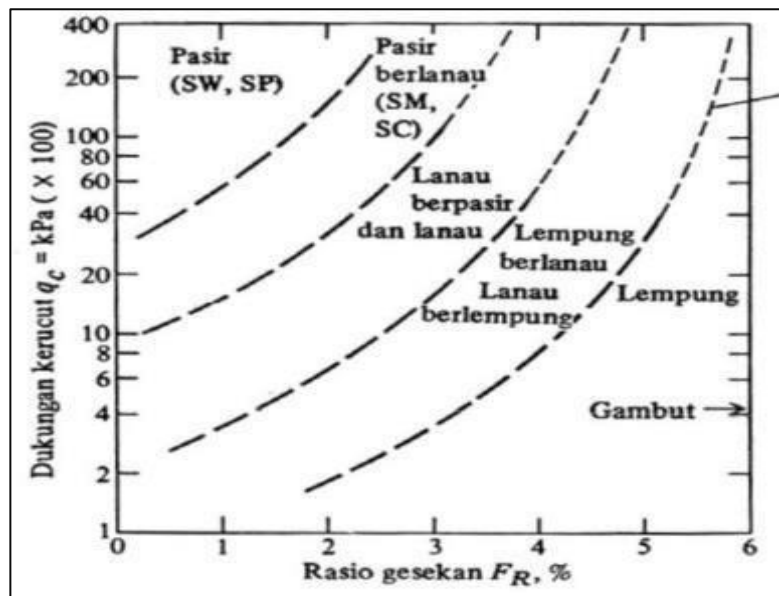
$$fr = \frac{fs}{qc} \times 100$$

Dimana =

$fr$  = Rasio Gesekan

$fs$  = *Local friction*

$qc$  = Tahanan Konus



Gambar 2. 1 Grafik hubungan  $Q_c$  (Perlawanan *conus*) dan  $f_s$  (*friction ratio*) menurut Robertson dan Campanella (*Bowles, 1997*)

Tabel 2. 1 Korelasi pembacaan *conus* ( $Q_c$ ) terhadap parameter tanah

Pasir		Lempung	
Kepadatan	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Konsistensi	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Sangat lepas	< 25	Sangat lunak	0 – 6
Lepas	25 – 75	Lunak	6 – 10
Sedang	75 – 150	Sedang	10 – 30
Padat	150 – 250	Kaku	30 – 60
Sangat padat	> 250	Sangat kaku	60 – 150
		Keras	150 – 300

### 2.2.2 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium tanah merupakan tahap awal yang sangat penting dalam setiap pekerjaan konstruksi. Tanah yang digunakan sebagai fondasi harus memiliki kekuatan dan stabilitas yang memadai untuk mendukung berat bangunan di atasnya. Tanpa pengujian laboratorium yang tepat, resiko keruntuhan struktur bangunan atau penurunan tanah yang tidak terduga dapat terjadi, mengakibatkan kerusakan yang serius dan bahaya bagi keselamatan.

Dalam proyek konstruksi, uji laboratorium tanah mencakup berbagai parameter seperti kepadatan, kelembaban, kandungan air, kekuatan geser, dan kekuatan tekan tanah. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan peralatan khusus seperti alat uji kekuatan tekan, alat uji kelembaban, dan alat uji kandungan air. Hasil pengujian ini memberikan gambaran yang jelas mengenai karakteristik tanah, sehingga dapat menentukan jenis fondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan.

Ada dua jenis pengujian laboratorium tanah, yaitu *Index Properties* (Sifat Fisis) dan *Mechanical Properties* (Sifat Mekanis).

#### 2.2.2.1 *Index Properties* (Sifat Fisis)

Sampel *undisturbed* yang diperoleh dari lapisan tanah lempung akan digunakan dalam uji laboratorium mekanika tanah untuk mengetahui sifat-sifat teknik tanah. Tujuan dari pengambilan sampel adalah untuk pengujian laboratorium mekanika tanah lebih lanjut supaya mendapatkan informasi geoteknik, seperti kuat geser dan karakteristik deformasi yang dibutuhkan untuk disain yang aman dan ekonomis. Pengambilan sampel tak terganggu (*Undisturbed Sample/UDS*) umumnya dilakukan pada setiap lubang bor teknik dengan interval 5,0 m dan akan diuji di laboratorium. Pengambilan

sampel tak terganggu (*Undisturbed Sample/UDS*) mengikuti spesifikasi ASTM D – 1587-83. Sifat index (*Index Properties*) menunjukkan sifat tanah yang mengindikasikan jenis dan kondisi tanah, serta memberikan hubungan terhadap sifat mekanis (*engineering properties*). Sifat fisis atau properti tanah pada suatu konstruksi sangat mempengaruhi berbagai elemen konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Properti tanah ditunjukkan dengan berbagai parameter yang disebut dengan indeks properti atau indeks sifat fisis tanah, seperti kadar air, berat isi, berat jenis, analisa saringan, *atterberg limit*, *shrinkage limit*, hidrometer, *linier shrinkage*, *emerson crumb test* dan pengujian sejenisnya. Sedangkan parameter seperti koefisien konsolidasi, kohesi, sudut geser dalam, dan lain sebagainya adalah merupakan parameter teknis tanah, yang dipengaruhi oleh sifat fisis tanah.

#### **2.2.2.2 Mechanical Properties (Sifat Mekanis)**

*Mechanical Properties* adalah serangkaian uji laboratorium mekanika tanah yang dilakukan untuk penelitian yang diambil di lokasi (*in situ*). Tanah merupakan material yang tidak dapat dipisahkan dalam perencanaan bangunan- bangunan sipil dan juga sangat berpengaruh pada berbagai macam pekerjaan konstruksi. Untuk mengetahui karakteristik suatu tanah diperlukan investigasi tanah, uji laboratorium mekanika tanah, investigasi geoteknik. Perencana (*engineer*) perlu mengetahui sifat material bangunan yang digunakan dan sifat massa fondasinya yang dapat berupa tanah atau batuan. Hal ini sangat penting untuk dipahami Ketika membangun suatu bangunan yang seluruh material bangunannya menggunakan material alami seperti pembangunan tanggul atau bendungan.

Sifat mekanik material merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Sifat-sifat mekanik material yang perlu diperhatikan seperti tegangan atau gaya yang diserap oleh material,

regangan, modulus elastisitas, dan kekuatan material untuk menahan deformasi.

Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekuatan leleh dan sebagainya.

### **2.3 Fondasi**

Fondasi adalah bagian dari suatu sistem struktur bawah (*sub structure*) yang menahan berat sendirinya dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Beban dari kolom yang bekerja pada fondasi ini harus disebar ke permukaan tanah yang cukup luas sehingga tanah dapat memikul beban dengan aman (Hardiyatmo 2001).

Suatu perencanaan fondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Jika tegangan tekan melebihi tekanan yang diizinkan, maka dapat menggunakan bantuan fondasi tiang untuk membantu memikul tegangan tekan pada dinding dan kolom pada struktur bangunan.

Perencanaan fondasi harus didasari beberapa aspek, antara lain yaitu; fungsi dari bangunan, jenis tanah, kedalaman tanah keras pendukung fondasi, maupun dari aspek biaya (finansial). Adapun penjelasan masing-masing aspek pemilihan fondasi adalah sebagai berikut:

- a) Keadaan tanah fondasi. Keadaan tanah di bawah fondasi erat kaitannya dengan pemilihan tipe fondasi. Hal ini dikarenakan setiap tipe fondasi memiliki bentuk serta mekanisme penyaluran beban yang berbeda tergantung pada kondisi tanahnya. Faktor tanah yang diperhitungkan antara lain jenis tanah, parameter tanah, daya dukung, kedalaman tanah keras dan sebagainya.
- b) Batasan akibat struktur di atasnya. Kondisi beban struktur atas dapat meliputi total besar beban akibat struktur atas, arah gaya beban baik beban vertikal maupun horizontal dan penyebaran beban serta sifat dinamis yang dimiliki oleh struktur tersebut.

- c) Batasan keadaan lingkungan dari sekitar. Batasan lingkungan yang dimaksud dalam poin ini ialah kondisi lingkungan sekitar proyek. Mengingat dalam mengerjakan suatu pembangunan perlu memperhatikan kondisi lingkungan sekitar, sehingga diharapkan dalam melakukan pekerjaan bangunan tidak mengganggu dan membahayakan lingkungan sekitar atau bangunan yang telah ada di sekitarnya.
- d) Biaya dan waktu pekerjaan. Faktor biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan perlu diperhatikan karena termasuk dalam manajemen konstruksi sebuah bangunan dan sangat berhubungan dengan pencapaian kondisi yang tepat dan ekonomis.

### **2.3.1 Jenis-jenis Fondasi**

Bentuk fondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah di sekitar bangunan, sedangkan kedalaman fondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung fondasi. Menurut Gunawan (1991), secara umum fondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal merupakan fondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan. Sedangkan fondasi dalam adalah fondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Adapun penjelasan dari masing-masing klasifikasi fondasi adalah sebagai berikut:

#### **2.3.1.1 Fondasi Dangkal**

Fondasi dangkal (*shallow foundation*) adalah fondasi yang mendukung beban secara langsung. Fondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pendukung pada dasar fondasi terletak relatif jauh dari permukaan tanah/daya dukung tanah pada dasar bangunan lemah. Jika kedalaman dasar fondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar fondasi ( $D=B$ ) maka disebut fondasi dangkal.

Jenis-jenis fondasi dangkal antara lain adalah sebagai berikut:

- a) Fondasi Lajur Batu Kali

Fondasi lajur batu kali harus dibuat dengan pasangan batu kali dengan kualitas baik, tidak mudah retak atau hancur. Adukan yang dipakai minimal 1 bagian semen dan 6 bagian pasir (1:6) dan harus mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari minimal 30 kg/cm<sup>2</sup>.

b) Fondasi Pelat (*Foot Plate*)

Fondasi pelat menopang beban struktural, maka diisyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175. Fondasi telapak digunakan untuk mendukung beban titik individual seperti kolom struktural. Fondasi pad ini dapat dibuat dalam bentuk melingkar, persegi. Jenis fondasi ini terdiri dari lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang seragam, tetapi fondasi plad dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat jika fondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat.

c) Fondasi Pelat Menerus (*Continues Footing*).

Fondasi ini juga diisyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175. Bentuk fondasi ini merupakan pengembangan dari fondasi pelat karena antara fondasi pelat yang satu dengan yang lainnya terlalu dekat jaraknya, sehingga saling overlap, lebih baik antar kolom-kolom dihubungkan menjadi satu lewat fondasi pelat menerus.

d) Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran digunakan apabila tanah dasar yang baik agak dalam letaknya serta di dalam tanah terdapat gangguan yang menghalangi pelaksanaan pembuatan fondasi. Fondasi sumuran juga dapat digunakan jika ada bahaya penggerusan tanah di bawah dasar fondasi oleh arus air, dasar sumuran harus benar-benar pada lapisan tanah keras.

e) Fondasi Rakit

Fondasi rakit adalah fondasi pelat beton yang dibuat seluas bangunan di atasnya atau disebut fondasi pelat setempat yang luas sekali. Fondasi ini digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga menggunakan fondasi telapak, sisinya berhimpit satu sama lain.



### 2.3.1.2 Fondasi Dalam

Fondasi dalam adalah fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau tanah keras yang terletak jauh dari permukaan. Jika kedalaman fondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar fondasi ( $D > 5B$ ) maka disebut fondasi dalam. Fondasi dalam digunakan apabila tanah dasar sebagai tempat peletakan fondasi tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja di atas, atau apabila tanah dasar tersebut letaknya sangat dalam.

Jenis-jenis fondasi dalam antara lain sebagai berikut :

a) Fondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Fondasi Tiang pancang adalah jenis fondasi dalam yang biasa dijumpai pada konstruksi darat maupun laut, jenis fondasi ini digunakan apabila jenis strukturnya bersentuhan langsung dengan rawa, air, dan juga tanah yang memiliki daya dukung yang rendah pula, fondasi ini bertujuan menopang beban di atasnya lalu meneruskan beban tersebut melalui tiang pancang tersebut, berdasarkan jenis perpindahan bebannya, ada yang meneruskan beban dengan tahanan ujung (*end bearing*), ada juga meneruskan beban melalui kulit dari tiang pancang itu sendiri (*friction pile*).

b) Fondasi Tiang *Bore Pile*

Fondasi *bore pile* adalah bentuk fondasi dalam yang dibuat di dalam permukaan tanah. Fondasi ditempatkan sampai kedalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lubang dengan sistim pengeboran atau pengerukan tanah. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian dilakukan pengecoran beton pada lubang fondasi yang sudah dibor (Hardiyatmo 2008). *Bore pile*, sering juga digunakan pada konstruksi besar maupun perumahan yang mempunyai daya dukung tanah keras berada pada kedalaman yang cukup jauh di atas permukaan tanah, sehingga tidak dimungkinkan untuk menggali atau menggunakan jenis fondasi dangkal, fondasi *bore pile* ini berbeda dengan tiang pancang, dimana fondasi ini dibantu oleh beton yang di masukkan ke dalam casing ataupun ke dalam tanah yang telah dibor.

### 2.3.2 Metode Pelaksanaan Fondasi Bored Pile

Terdapat 3 metode yang dapat digunakan dalam pelaksanaan fondasi bored pile, yaitu :

#### 2.3.2.1 Metode kering

Metode kering ini dapat digunakan pada tanah di atas muka air tanah yang ketika di bor dinding lubangnya tidak longsor dan tanah-tanah di bawah muka air tanah. Pada metode ini, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung (*casing*). Setelah pengeboran dilakukan, dasar lubang bor yang kotor akibat rontokan tanah dibersihkan, lalu dimasukkan tulangan yang telah dirangkai sebelumnya ke dalam lubang bor kemudian di cor.

#### 2.3.2.2 Metode basah

Metode basah umumnya dilakukan apabila pengeboran tanah melewati muka air tanah dimana lubang bor selalu longsor apabila dindingnya tidak ditahan. Untuk menangani longsor, didalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau larutan polimer. Apabila kedalaman yang diinginkan telah tercapai, maka dilakukan pembersihan pada lubang bor dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan bentonite. Dengan pipa tremie, adukan beton dimasukkan ke lubang bor. Larutan *bentonite* yang terdesak dan terangkat ke atas oleh beton dapat ditampung dan digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.

#### 2.3.2.3 Metode *casing*

Metode *casing* merupakan metode pengeboran yang menggunakan pipa selubung baja (*casing*) untuk menahan lubang supaya tidak longsor. Tahap - tahap pelaksanaan pengeboran dengan metode casing yaitu (Fleming et al., 2009):

- 1) Tulangan dan pipa tremie dimasukkan ke dalam lubang bor saat akan dimulai pengecoran;
- 2) Pengecoran dimulai dengan menuangkan air hingga kotoran kental tipis di bawah dapat terangkat. Apabila kontribusi kapasitas dukung oleh tahanan ujung signifikan, kotoran kental harus dibersihkan dengan pompa sebelum pengecoran;
- 3) Air keluar saat pengecoran;
- 4) Pipa selubung (*casing*) ditarik keluar (bila digunakan casing sementara);

5) Pelaksanaan pekerjaan bored pile selesai.

## 2.4 Kapasitas Dukung

Kapasitas dukung adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Perhitungan kapasitas dukung fondasi dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedangkan perhitungan dengan cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit dari data yang diperoleh.

### 2.4.1 Kapasitas Dukung Menurut Metode Meyerhof

Kapasitas dukung tiang dapat diperoleh dari data uji kerucut statis (CPT) atau Sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang pancang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Fleming et al. (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus ( $q_c$ ), namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan tiang diambil 70%-nya. Tahanan gesek tiang umumnya bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Beberapa peneliti menyarankan tahanan satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek lokal sisi konus ( $q_f$ ).

#### 2.4.1.1 Tahanan Ujung

Tahanan ujung metode Meyerhof dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca}$$

Perhitungan luas dasar tiang sebagai berikut :

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Perhitungan tahanan ujung ultimit tiang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_b = A_b f_b$$

Dengan,

$f_b$  = tahanan ujung satuan, untuk tiang bor diambil 70% atau 50% - nya

$q_{ca} = q_c$  rata – rata (Kn/m<sup>2</sup>) pada zona  $1d$  dibawah ujung tiang dan  $4d$  diatasnya

$\omega_1 = \{(d + 0,5)/2d\}^n$ ; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika  $d > 0,5$  m. jika  $d < 0,5$  m,  $\omega_1 = 1$ .

$\omega_2 = L/10d$  = koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir padat saat  $L < 10d$ , jika  $L > 10d$ ,  $\omega_2 = 1$

$d$  = diameter tiang (m)



kelompok tiang pada lapisan keras penurunan kelompok tiang akan sama dengan penurunan tiang tunggal. Apabila tiang tunggal luas zona tertekan untuk kelompok tiang, maka penurunan kelompok tiang menjadi lebih besar dari pada penurunan tiang tunggal (Hardiyatmo, 2020).

Kapasitas dukung tiang tunggal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p, \text{ dengan faktor aman (SF) = 3}$$

dengan,

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

$Q_b$  = Kapasitas tahanan ujung

$Q_s$  = Kapasitas tahanan gesek

$W_p$  = Berat sendiri tiang

Kapasitas daya dukung fondasi dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{A \cdot q_c}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

dengan,

$Q_a$  = Daya dukung fondasi dalam

$A$  = Luas penamoang fondasi

$q_c$  = Tahanan konus

$Q_s$  = Tahanan gesek tiang tunggal

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

dengan,

$Q_g$  = Kapasitas dukung kelompok tiang

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n$  = jumlah tiang

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

Menentukan jumlah tiang dalam persamaan berikut:

$$n = \frac{P}{Q_a}$$

dengan ::

P = beban yang bekerja

$Q_a$  = kapasitas dukung ijin tiang

Jarak antar tiang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

(Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L.):

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \leq 3 D$$

dengan:

S = Jarak puast tiang ke pusat tiang lainnya

D = diameter tiang (m)

Jarak antar tiang dalam suatu kelompok tiang disyaratkan dengan minimum 0,6 m - 2,0 m. Hal tersebut didasarkan oleh pertimbangan berikut:

a.) Apabila  $S \geq 2,5 D$

Tanah di sekitar kelompok tiang tersebut akan mengalami kenaikan yang berlebihan. Kenaikan tersebut disebabkan oleh tiang-tiang yang dipancang berdekatan maka pada pemasangannya tiang yang dipancang terlebih dahulu akan terangkat.

b.) Apabila  $S \leq 3 D$

Dengan digunakannya jarak tiang sebesar 3D kelompok tiang tidak akan ekonomis, karena hanya akan memperbesar dimensi *pile cap*.

### 2.4.3 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$Eg = 1 - \emptyset \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90 \times m \times n}$$

dengan:

$Eg$  = efisiensi kelompok tiang bor

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

$\emptyset$  = Arc tg D/S dalam derajat

D = Diameter *bore pile*

$S$  = Jarak antar *bore pile*

Loehr et al. (2011) menyarankan untuk kelompok tiang yang berada dalam tanah granuler (pasir) dan tanah kohesif (lempung), nilai efisiensi tiang  $Eg$  menggunakan tabel dimana faktor - faktor efisiensi tersebut digunakan, baik untuk *pile cap* yang menyentuh tanah ataupun tidak menyentuh tanah.

Tabel 2. 2 Efisiensi Tiang Bor

Tiang bor pada	Jarak tiang ( $s$ )	Efisiensi tiang bor $Eg$
Pasir	$2,5d$	0,65
	$4d$	1
	2,5 sampai $4d$	Interpolasi linier antara 0,65 ~ 1
Lempung	$2,5 d$	0,65
	$6d$	1
	2,5 sampai $6d$	Interpolasi linier antara 0,65 ~ 1

## 2.5 Penurunan Fondasi

Pada saat fondasi menerima beban, maka fondasi akan mengalami pemendekan dan tanah di sekitarnya akan mengalami penurunan. Hal tersebut dapat terjadi karena berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga pori dalam tanah. Ada beberapa factor yang menyebabkan terjadinya penurunan :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
2. Kerusakan atau terjadinya defleksi yang besar pada fondasi.
3. Distorsi geser (*shear distortion*) dari tanah pendukungnya, dan
4. Penurunan tanah akibat perubahan angka pori

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka perlu dilakukan pencegahan terhadap penurunan fondasi yang berlebihan dengan melakukan perhitungan penurunan fondasi agar tidak terjadi kegagalan struktur.

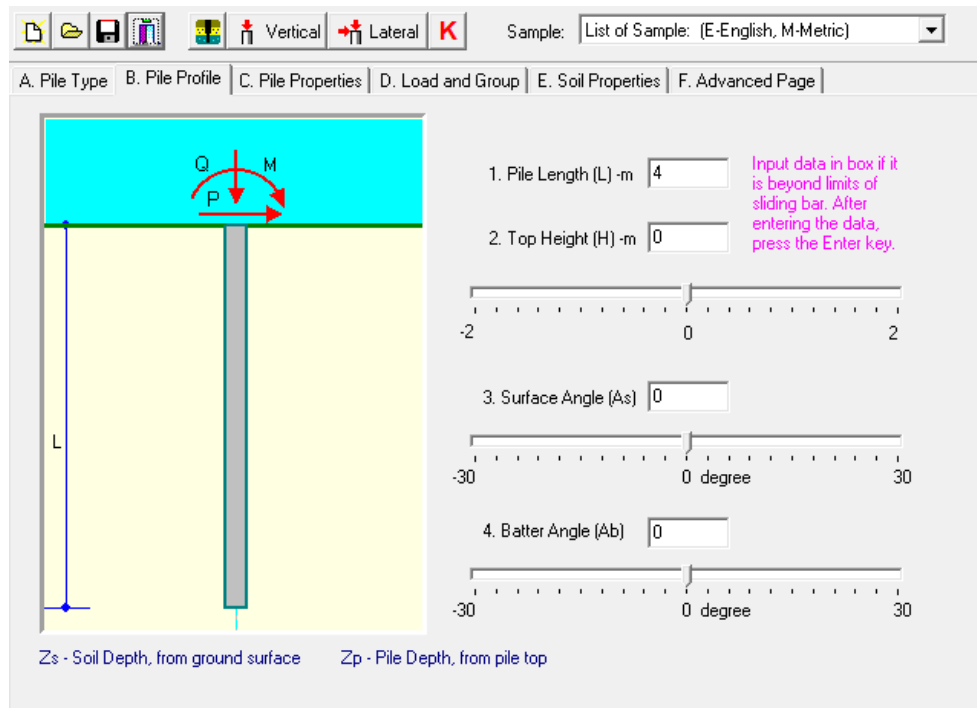
Menurut Marban (2009) penurunan yang diizinkan dipengaruhi oleh beberapa factor. Faktor tersebut antara lain tinggi, jenis, kekakuan, dan fungsi bangunan serta besar dan kecepatan penurunannya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan pada strukturnya oleh pengaruh rangkakan. Penurunan izin menurut SNI 4860-2017 tentang Persyaratan Perencanaan Geoteknik pasal 9.2.4.3 penurunan izin yang diperbolehkan yaitu:

$$S \leq 15 + b/600$$

dengan

b = lebar fondasi

Dalam penelitian fondasi *bore pile* ini, analisis penurunan fondasi di hitung dengan menggunakan aplikasi *AllPile*. Aplikasi bantuan ini bekerja untuk menghitung penurunan fondasi dan juga defleksi lateral fondasi. Hasil tersebut diperoleh dengan cara menginput data dimensi fondasi, material fondasi, dan juga data pengujian tanah yang dijabarkan dalam kedalaman tertentu hingga ke tanah keras.



Gambar 2. 2 Input Data Software Allpile

### 2.5.1 Penurunan Pada Fondasi *Bore Pile*

Penurunan pada fondasi *bore pile* biasanya hanya terjadi sedikit saja, karena dalam perencanaan fondasi tersebut sudah mempertimbangkan daya dukung ujung tiangnya serta friksinya. Berikut adalah persamaan penurunan fondasi menurut Vesic (1977).

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

Dimana :

S = Total penurunan (mm)

S<sub>1</sub> = Akibat batang (mm)

S<sub>2</sub> = Akibat beban di ujung (mm)

S<sub>3</sub> = Akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

Persamaan semi empiris untuk menentukan S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> dan S<sub>3</sub> adalah sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \varepsilon Q_{ws}) L}{A_b E_p}$$

$$S_2 = \frac{Q_{wp} C_p}{D q_p}$$



$$S3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 \mu s^2) Iws$$

$$Iws = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Dimana :

$Q_{wp}$  = beban yang diterima ujung tiang (kN)

$Q_{ws}$  = bebain yang diterima selimut tiang (kN)

$L$  = panjang tiang (m)

$A_b$  = Luas peinampang tiang (m<sup>2</sup>)

$E_p$  = modulus elastisitas tiang (MPa)

$\xi$  = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

$q_p$  = tahanan ujung batas tiang (kN)

$C_p$  = koefisien empiris, dapat dilihat pada tabel berikut :

*Tabel 2. 3 Tabel Koefisien  $C_p$*

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (padat – lepas)	0.02 – 0.04	0.09 – 0.18
Clay (kaku - lunak)	0.02 – 0.03	0.03 – 0.06
Silty ( padat – lepas )	0.03 – 0.05	0.09 – 0.12

### 2.5.2 Penurunan Fondasi Tiang Kelompok

Pada kondisi tertentu, kapasitas dukung ijin tiang lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung per tiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, maka penirinan yang terjadi akan besar. Kesulitan dalam menghitung penurunan kelompok tiang, antara lain :

1. Dalam memprediksi besarnya tegangan didalam tanah akibat beban tiang dan sifat-sifat tanah yang berada dibawah ujung tiang.
2. Dalam menentukan besarnya beban yang didukung oleh masing-masing tiang di dalam kelompoknya dan beban aksial yang terjadi di sepanjang tiang-tiang tersebut, untuk menghitung perpendekan tiang.

Distribusi tekanan tiang ke tanah di sekitarnya bergantung pada tipe tiang dalam mendukung beban struktur.

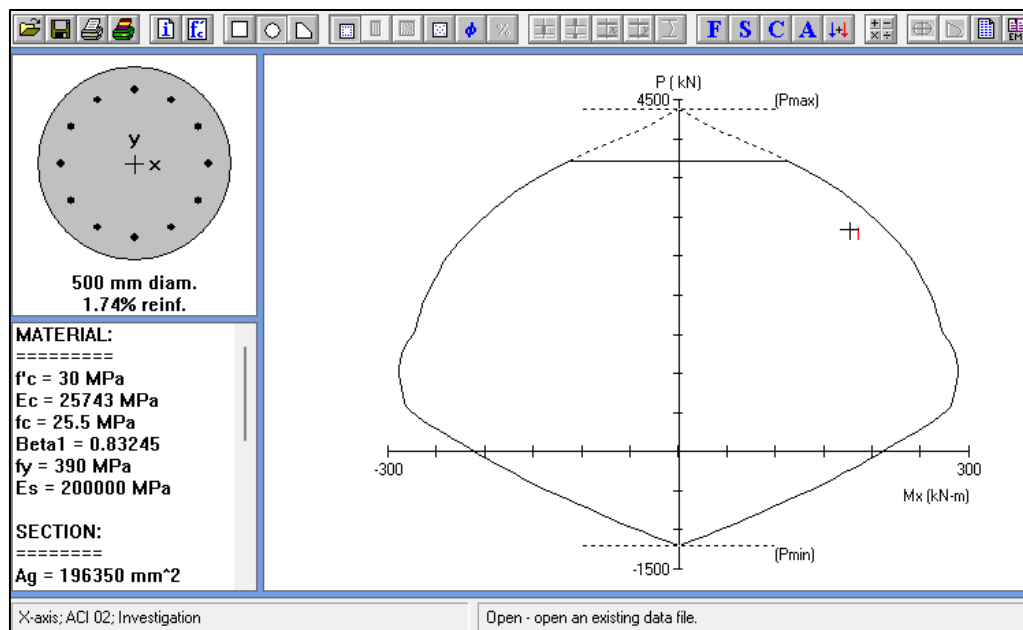
$$S2 = S \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

Dengan,

- S2 = Penurunan fondasi kelompok tiang
- S = Penurunan fondasi tiang tunggal
- Bg = Lebar kelompok tiang
- D = Diameter tiang Tunggal

## 2.6 Penulangan Fondasi

Perhitungan penulangan fondasi menggunakan bantuan aplikasi *PCA Columnn*. Data yang digunakan untuk menghitung penulangan adalah dimensi fondasi dan juga material yang digunakan, baik material beton dan juga material baja tulangan. Dari aplikasi tersebut dapat diketahui efisiensi tulangan yang digunakan melalui diagram momen lentur yang muncul dari hasil input data fondasi.



Gambar 2. 3 Data Material Fondasi

## 2.7 Pembebanan dengan SAP 2000

Analisis yang dapat dilakukan menggunakan SAP 2000 meliputi analisis statik dan analisis dinamik. Analisis model struktur dapat dilakukan secara 2 dimensi dan 3 dimensi. SAP 2000 juga telah menyediakan beberapa menu desain untuk struktur baja maupun struktur beton, dan tidak dapat digunakan material-material struktur lainnya.

Dalam perancangan suatu struktur, perlu diadakan analisis pembebanan yang salah satunya dengan program SAP 2000. Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui besar beban yang akan diteruskan dari struktur atas ke struktur bawah atau struktur fondasi. Dengan program SAP 2000, beban dan gaya yang bekerja pada suatu struktur dapat diketahui dan diperhitungkan. Dalam hal ini, beberapa peraturan yang akan digunakan yaitu Tata Cara

Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung (SNI 2847 2019), Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung SNI 1726:2019, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020), dan *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* ATC-40. Adapun beban-beban yang diperhitungkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Beban mati

Beban mati (*dead load*) merupakan berat mati dengan berat beban yang konstan dalam seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang dimana beban tersebut ditumpu oleh komponen struktur.

2. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban yang tidak tetap diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan.

3. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban *static ekuivalen* yang bekerja pada suatu struktur yang diakibatkan oleh pergerakan tanah dengan adanya gempa bumi dimana gempa tersebut dapat mempengaruhi struktur.

Suatu elemen struktur keseluruhannya harus direncanakan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat timbul selama bangunan berfungsi, sehingga perlu diperiksa terhadap keseluruhan kondisi pembebanan yang mungkin dapat terjadi. Adapun kombinasi yang digunakan yaitu:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L$
3.  $1,2D + 1,6L + 1Ex + 0,3Ey$
4.  $1,2D + 1,6L + 0,3Ex + 1Ey$
5.  $0,9D + 1Ex + 0,3Ey$
6.  $0,9D + 0,3Ex + 1 Ey$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metodologi Penelitian**

Secara umum, metodologi penelitian diartikan sebagai proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi berisi tentang metode – metode ilmiah, langkahnya, jenis – jenisnya sampai kepada batas – batas dari metode ilmiah. Pada penelitian ini, analisis yang digunakan dalam perencanaan fondasi *bore pile* pada Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga. Dari hasil perencanaan fondasi, struktur fondasi diharapkan mampu menahan beban yang berasal dari struktur di atasnya serta dapat mengalami penurunan (*settlement*) yang masih berada pada batas aman toleransi.

#### **3.2 Preliminary Design**

*Preliminary Design* adalah perencanaan dimensi komponen-komponen struktur bangunan berdasarkan gambar arsitektur dan struktur bangunan tersebut. Elemen-elemen struktur yang direncanakan sebagai berikut:

##### **3.2.1 Pelat**

Pelat merupakan komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur dan direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Penentuan dimensi pelat berdasarkan pada (SNI 2847 2019)

##### **3.2.2 Balok**

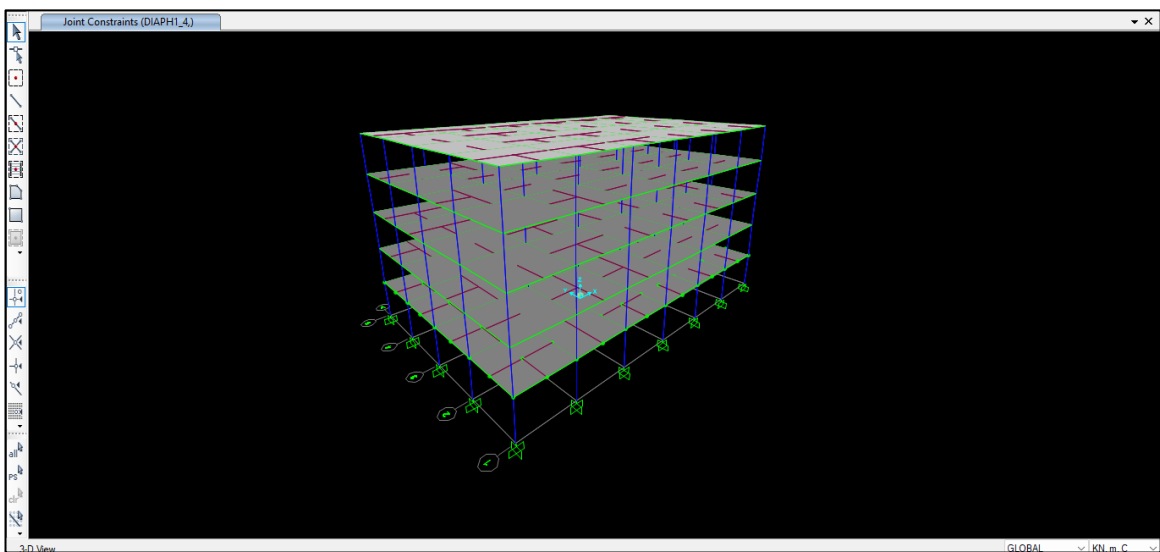
Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban di atasnya. Berikut cara menentukan dimensi balok:

- a. Mencari bentang sloof atau balok rencana yang paling panjang.
- b. Menghitung tinggi sloof atau balok dari panjang sloof atau balok yang telah didapat (SNI 2847 2019).
- c. Menghitung lebar sloof atau balok dari hasil yang didapatkan dari tinggi sloof atau balok ( $2/3$  tinggi).

### 3.2.3 Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke fondasi. Berikut cara menentukan dimensi kolom:

- a. Menghitung inersia balok yang telah diketahui.
- b. Membandingkan perbandingan inersia dan panjang antara balok dan kolom.
- c. Menghitung dimensi kolom dari perbandingan inersia.



Gambar 3. 1 Rangka Struktur

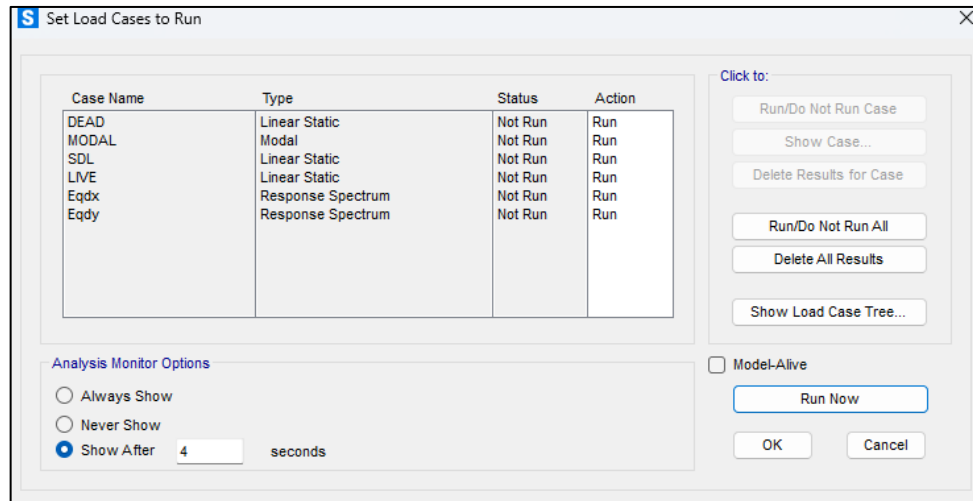
### 3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis kapasitas daya dukung serta penurunan fondasi yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga. Data merupakan faktor penting dalam penentuan jenis pekerjaan yang akan digunakan dalam suatu perencanaan pekerjaan konstruksi. Pada perencanaan ini data diperoleh dari Hasil Uji Sondir yang dilakukan oleh Universitas Katolik Soegijapranata Semarang atas dasar permintaan dari pihak Rumah Sakit Puri Asih Kota Salatiga. Dalam tahapan ini, data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Data Teknis
2. Data Hasil Uji Sondir
3. Data Gambar Kerja

### 3.4 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui besarnya beban yang akan ditumpu oleh fondasi. Analisis pembebanan dalam Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan *software* (aplikasi komputer) SAP 2000. Pengoperasian aplikasi ini dilakukan dengan memasukkan data struktur gedung dan beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Setelah semua data dimasukkan, akan diperoleh data hasil pembebanan yang akan digunakan untuk analisis fondasi.



Gambar 3. 2 Set Load Cases to Run

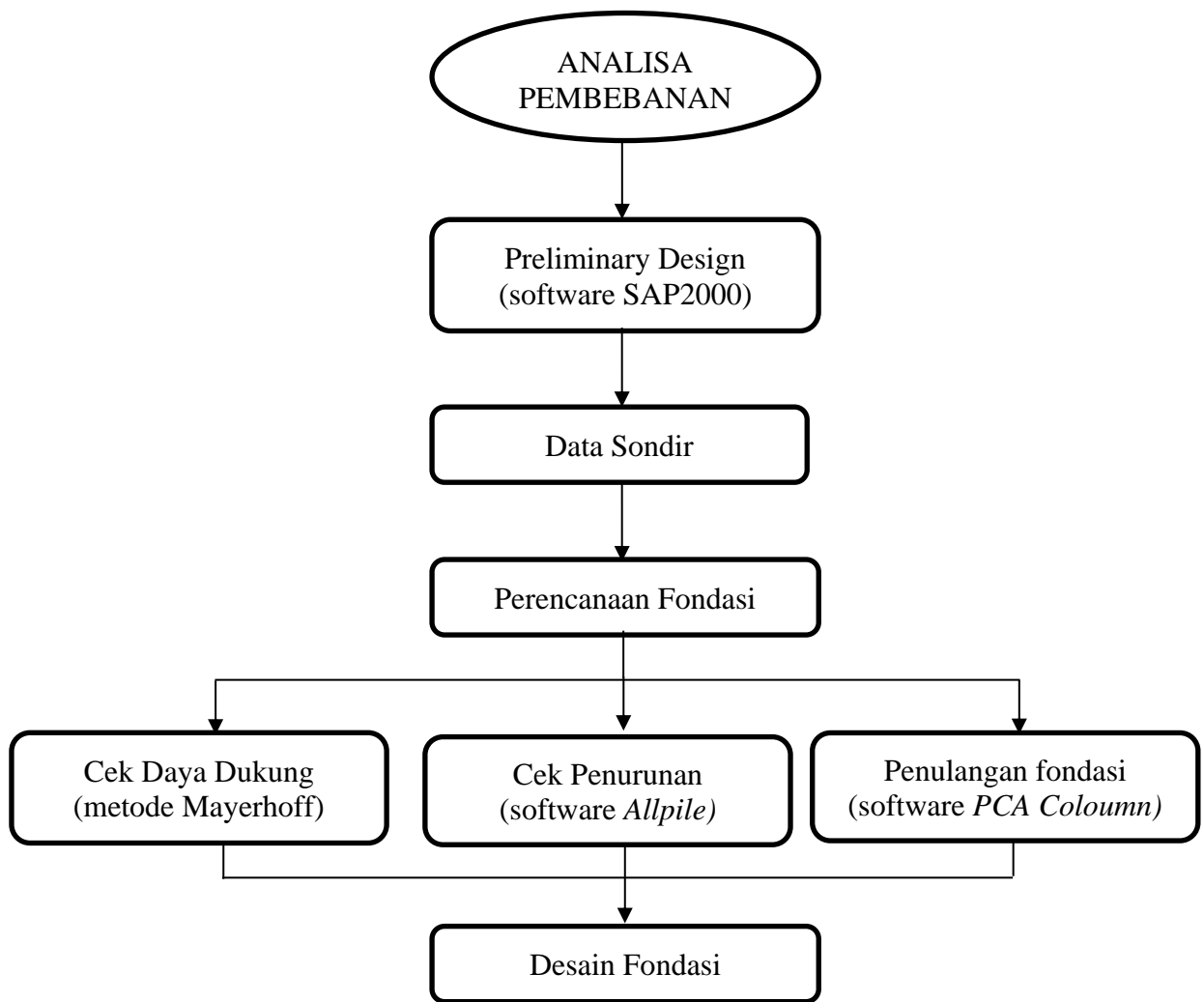
### 3.5 Analisis Perencanaan Fondasi

Analisis data dan perhitungan daya dukung fondasi dilakukan dengan menggunakan Metode Meyerhof. Selain itu penghitungan juga didasarkan pada hasil Uji Sondir, yang selanjutnya dilakukan analisis penurunan fondasi bore pile.

Langkah-langkah yang dilakukan selanjutnya dalam penghitungan analisis kapasitas daya dukung fondasi bore pile adalah menghitung kapasitas daya dukung tiang tunggal dan menghitung kapasitas daya dukung kelompok tiang berdasarkan efisiensi kelompok tiang.

Metode perhitungan penurunan yang telah disusulkan sebagai berikut:

1. Penurunan tiang Tunggal
2. Penurunan kelompok tiang



Gambar 3. 3 Bagan Alir Perencanaan Fondasi

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

#### **4.1 Data Proyek**

##### **4.1.1 Spesifikasi Material yang Digunakan**

Material yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga sebagai berikut :

1. Material Beton

- Kuat tekan beton,  $f_c'$  = 30 MPa
- Modulus elastisitas beton =  $4700\sqrt{f_c'} = 23500$  MPa
- Poisson ratio beton,  $\nu_c$  = 0,2
- Berat jenis beton,  $\lambda_c$  = 24 kN/m<sup>3</sup>

2. Material Baja Tulangan

- Tulangan longitudinal = BJTS 40 ( $f_y = 390$  MPa,  $f_u = 560$  MPa)
- Tulangan transversal = BJTS 40 ( $f_y = 390$  MPa,  $f_u = 560$  MPa)
- Poisson ratio baja,  $\nu_s$  = 0
- Berat jenis baja,  $\lambda_c$  = 78,5 kN/m<sup>3</sup>

##### **4.1.2 Denah Titik Fondasi**

Pada perencanaan fondasi *bore pile* pada Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga digunakan dimensi fondasi dengan diameter 40 cm dan kedalaman fondasi 4 m. Berikut merupakan gambar denah fondasi yang akan direncanakan dengan menggunakan program SAP 2000.

#### **4.2 Data Struktur**

Struktur utama pada Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Data-data struktur yang digunakan antara lain :

Tinggi bangunan	= 20 m
Tinggi tiap lantai	= 4 m
Balok lantai 2	= B1 (35x60 cm) B2 (25x40 cm)
Balok lantai 3	= B1 (35x60 cm) B2 (25x40 cm)



Balok lantai 4	= B1 (35x60 cm)
	B2 (25x40 cm)
Balok atap	= B1 (35x60 cm)
	B2 (25x40 cm)
Kolom lantai 1	= K1 (60x60 cm)
Kolom lantai 2	= K1 (60x60 cm)
Kolom lantai 3	= K1 (60x60 cm)
Kolom lantai 4	= K1 (60x60 cm)
Pelat lantai ruangan	= Pelat 15 cm
Pelat lantai atap	= Pelat 12 cm

#### 4.2.1 Peraturan Pembebanan

Pembebanan struktur meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban-beban tersebut kemudian di analisis dengan menggunakan bantuan program SAP 2000. Peraturan pembebanan yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan pembebanan struktur adalah sebagai berikut :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung SNI 2847:2019;
2. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung SNI 1726:2019.

#### 4.2.2 Kombinasi Pembebanan

Perhitungan pembebanan menggunakan dua jenis kombinasi yaitu kondisi beban tetap dan kondisi beban gempa. Semua elemen struktur harus direncanakan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat timbul selama bangunan tersebut berfungsi. Sehingga harus diperiksa terhadap semua kondisi pembebanan yang mungkin dapat terjadi. Kombinasi pembebanan yang digunakan berupa :

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L$
3.  $1,2D + 1,6L + 1Ex + 0,3Ey$
4.  $1,2D + 1,6L + 0,3Ex + 1Ey$
5.  $0,9D + 1Ex + 0,3Ey$
6.  $0,9D + 0,3Ex + 1 Ey$

Dengan :

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

### 4.2.3 Pembebanan Struktur

#### 4.2.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap, termasuk elemen tambahan dan peralatan tetap, Beban mati tambahan terdiri dari komponen sebagai berikut :

- a. Beban mati pelat lantai

Beban mati yang bekerja pada pelat lantai meliputi :

Tabel 4. 1 Beban Mati yang bekerja pada Pelat Lantai

Komponen	Berat Volume	Satuan
Berat pasir setebal 1 cm	16,32	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi setebal 3 cm	67,30	kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik setebal 1 cm	24,47	kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	20,39	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi ME	25,49	kg/m <sup>2</sup>
<b>Total beban mati pada pelat lantai</b>	<b>153,97</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

- b. Beban mati pelat atap

Beban mati yang bekerja pada pelat atap meliputi :

Tabel 4. 2 Beban Mati yang Bekerja pada Pelat Atap

Komponen	Berat Volume	Satuan
Berat waterproofing	28,55	kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	20,39	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi ME	25,50	kg/m <sup>2</sup>
<b>Total beban mati pada pelat atap</b>	<b>74,44</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

c. Beban mati pada balok

Beban mati yang bekerja pada balok meliputi beban dinding  
Dimana beban tersebut sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3.2 Beban Hidup

Beban hidup (*QL*) yang digunakan berdasarkan SNI Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung SNI 1726:2019 memiliki nilai sebesar 250 kg/m<sup>2</sup> untuk lantai dan 101,97 kg/m<sup>2</sup> untuk atap.

#### 4.2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi dan mempengaruhi struktur tersebut. Beban gempa pada perhitungan ini mengacu pada SNI 1726:2019 dimana kategori resiko dituangkan dalam tabel kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa berikut:

Tabel 4. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"><li>– Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li><li>– Fasilitas sementara</li><li>– Gudang penyimpanan</li><li>– Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li></ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>– Perumahan</li><li>– Rumah toko dan rumah kantor</li></ul>	II

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> </ul> <p>Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya,</p>	<p>III</p>

<p>limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bangunan-bangunan monumental</li> <li>– Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>– Rumah ibadah</li> <li>– Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>– Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>– Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>– Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>– Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam</li> <li>– kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul>	<p>IV</p>

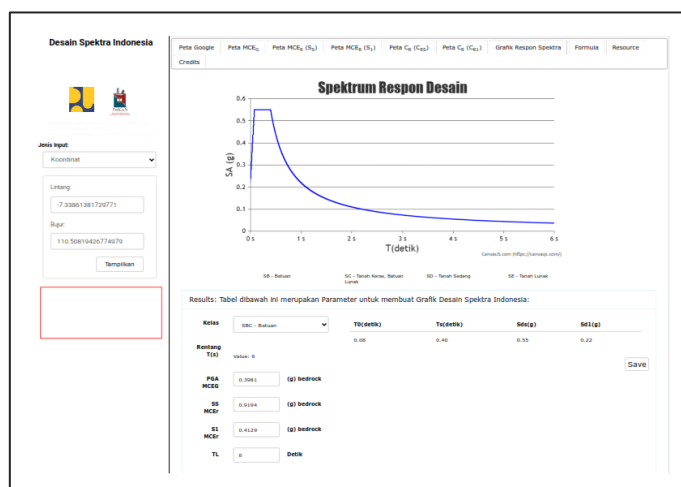
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaa Gempa, $I_e$
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa Proyek Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga dapat dikategorikan dalam bangunan rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat dimana kategori tersebut termasuk dalam Kategori Resiko IV dengan faktor keutamaan gempa  $I_e = 1,50$ .

Beban gempa diambil dari *website* [Desain Spektra Indonesia \(pu.go.id\)](http://DesainSpektraIndonesia.pu.go.id) dengan memasukkan koordinat lokasi -7.33861381729771, 110.50819426774979 untuk mendapatkan parameter perhitungan gaya gempa rencana.



Gambar 4. 1 Respon Spektrum

- a. Faktor Resiko = Kategori IV  
(Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat)
- b. Faktor Keutamaan Gempa = 1,50
- c. Nilai SDS = 0,694  
(Hasil Analisa Spektrum di SAP2000)
- d. Kategori Desain Sesimic = D (Tabel 8 dan 9 SNI 1729:2019)
- e. Resiko Kegempaan = Tinggi  
(Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)
- f. R (faktor reduksi gempa) = 8 (Tabel 12 SNI 1726:2019)
- g. Faktor Kuat Lebih = 3 (Tabel 12 SNI 1726:2019)
- h. Faktor Pembesian Defleksi = 5,5 (Tabel 12 SNI 1726:2019)

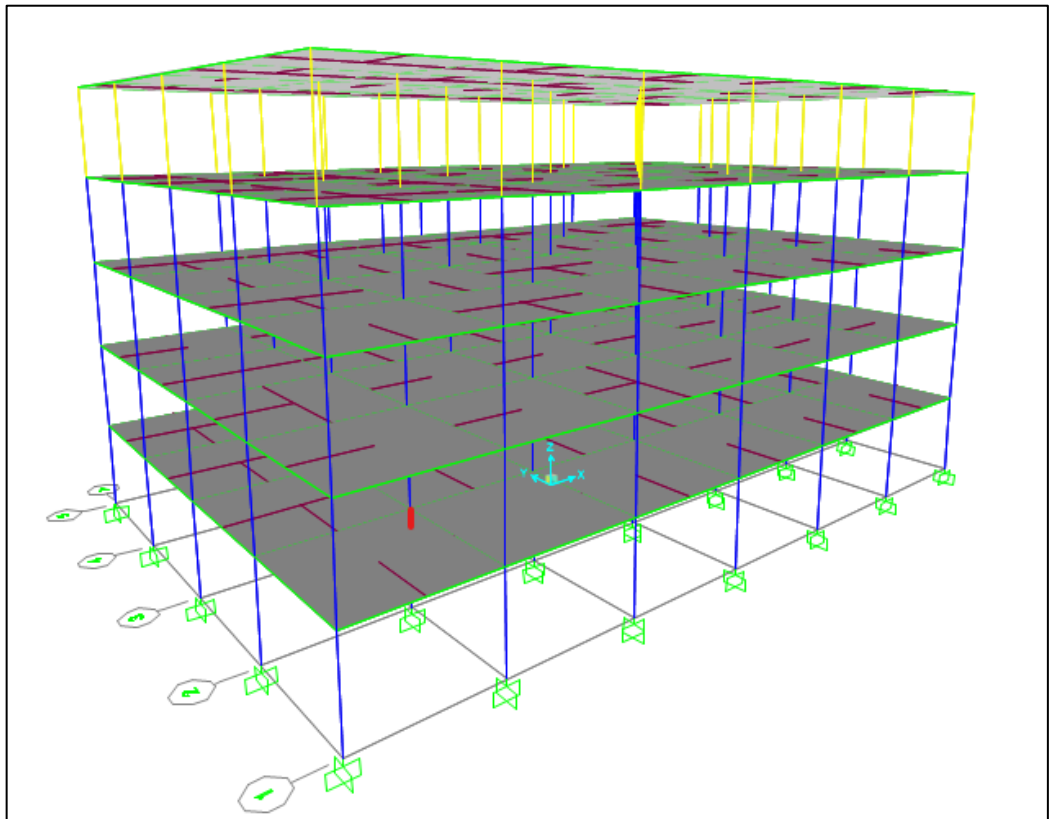
Gambar 4. 2 *Load Pattern* Gempa Statistik

#### 4.2.4 Permodelan Struktur

Permodelan struktur dalam perencanaan fondasi ini menggunakan bantuan SAP2000 yang digunakan untuk menganalisa gedung bertingkat. Langkah-langkah penginputan data pada program SAP2000 adalah sebagai berikut:

1. Permodelan, pengaplikasian *joint*, *frame*, *restraint*, dan *constraint*;
2. Pengaplikasian karakteristik material dan *frame section*;
3. Pengaplikasian beban (*load*) berupa beban mati (D), beban hidup (L), beban gempa (E), dan beban kombinasi (*load combination*); dan
4. Menjalankan Analisa (*run analysis*).

Bentuk permodelan struktur pada permodelan SAP2000 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 3 Hasil Permodelan Struktur pada Program SAP2000



### 4.3 Data Klasifikasi Tanah

Pada perhitungan ini digunakan data hasil sondir yang dilakukan di titik penyondiran S3 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Uji Sondir Titik S3

<b>Kedalaman (m)</b>	<b><math>q_c</math>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>TF</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Jenis Tanah</b>
0,0	0,00	0	Pasir kepadatan sedang
0,2	0,00	0	Pasir kepadatan sedang
0,4	30,00	3,33	Pasir kepadatan sedang
0,6	20,00	8,33	Pasir kepadatan sedang
0,8	20,00	13,33	Pasir kepadatan sedang
1,0	50,00	15,33	Pasir kepadatan sedang
1,2	90,00	16,44	Pasir kepadatan sedang
1,4	30,00	19,77	Pasir kepadatan sedang
1,6	15,00	25,10	Pasir kepadatan sedang
1,8	11,00	30,55	Pasir kepadatan sedang
2,0	11,00	36,00	Pasir kepadatan sedang
2,2	11,00	41,45	Pasir kepadatan sedang
2,4	11,00	46,90	Pasir kepadatan sedang
2,6	11,00	52,35	Pasir kepadatan sedang
2,8	50,00	55,35	Pasir kepadatan sedang
3,0	150,00	57,02	Pasir kepadatan sedang
3,2	150,00	58,69	Pasir kepadatan sedang
3,4	150,00	60,36	Pasir kepadatan sedang
3,6	150,00	62,03	Pasir kepadatan sedang
3,8	150,00	63,70	Pasir kepadatan sedang
4,0	150,00	65,37	Pasir kepadatan sedang
4,2	150,00	67,04	Pasir kepadatan sedang
4,4	150,00	68,71	Pasir kepadatan sedang
4,6	150,00	70,38	Pasir kepadatan sedang
4,8	150,00	72,05	Pasir kepadatan sedang
5,0	150,00	73,72	Pasir kepadatan sedang
5,2	150,00	75,39	Pasir kepadatan sedang



Dari reaksi yang muncul pada setiap tumpuan, dipilih nilai terbesar dari masing-masing gaya untuk mendesain stabilitas fondasi. Gaya-gaya tersebut antara lain sebagai berikut:

$$\text{Beban aksial} = 11353,37 \text{ kN}$$

$$\text{Beban lateral arah x} = 254,71 \text{ kN}$$

$$\text{Beban lateral arah y} = 254,58 \text{ kN}$$

$$\text{Momen arah x (Mx)} = 711,36 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen arah y (My)} = 708,5 \text{ kN.m}$$

#### 4.4.2 Analisis Kapasitas Dukung Fondasi *Bore Pile*

##### 4.4.2.1 Kapasitas Dukung Fondasi Metode Meyerhof

Daya dukung fondasi bore pile dengan metode meyerhof pada hasil uji sondir di titik S3 dengan kedalaman 3 meter, data yang digunakan adalah:

$$\text{Panjang bore pile (L)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiang (D)} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume beton, } \gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ MPa}$$

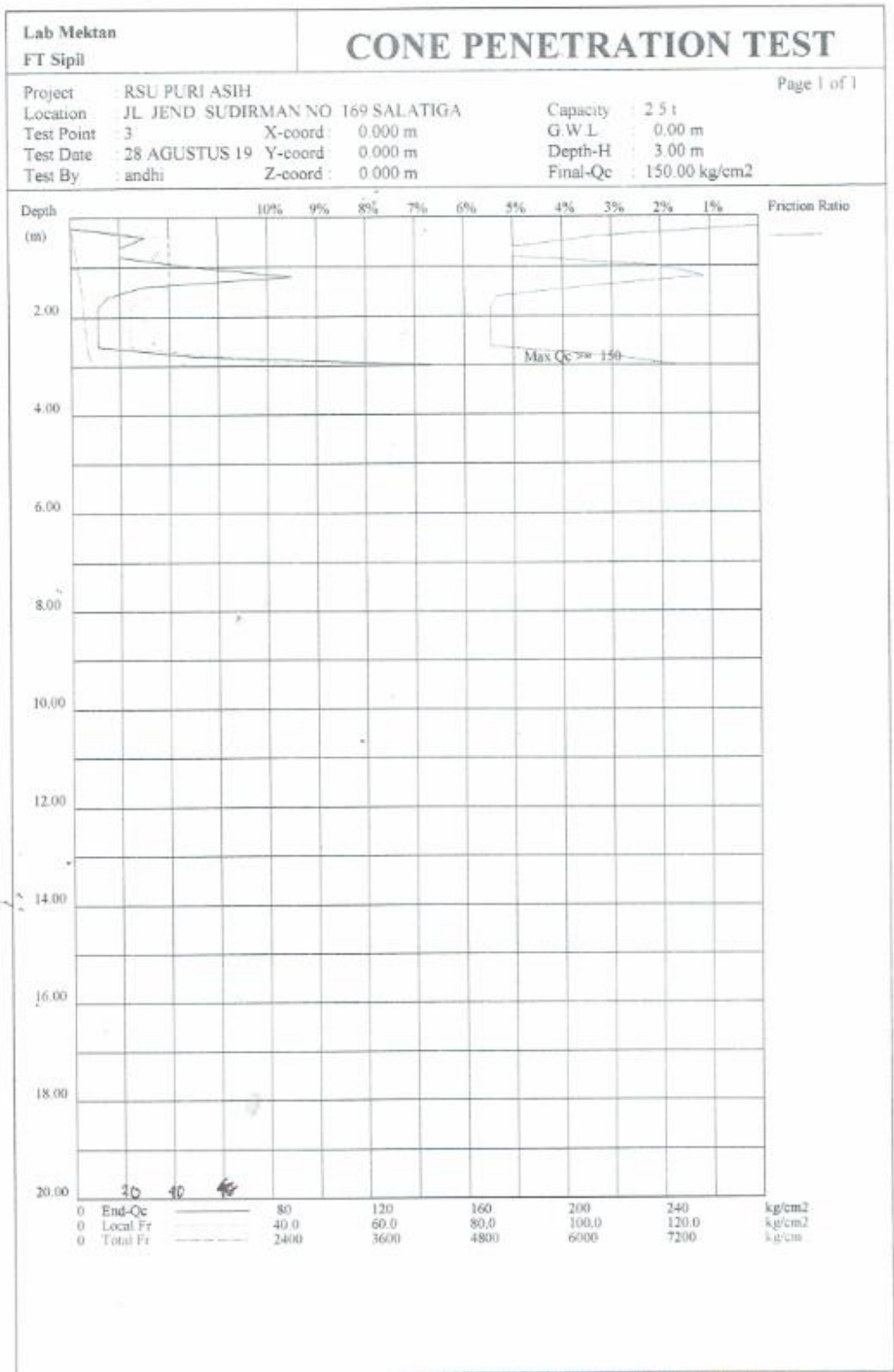
$$\begin{aligned} \text{Luas ujung tiang (A}_a\text{)} &= 2\pi r^2 \\ &= 2 \times \pi \times 0,25^2 \\ &= 0,1964 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Selimut (A}_b\text{)} &= \pi dL \\ &= \pi \times 0,5 \times 4 \\ &= 6,2857 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_c &= 150 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 15000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= 65,37 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6537 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Gaya aksial (P)} = 11353,37 \text{ kN}$$



Tabel 4. 7 Hasil Cone Penetration Test

Tahanan Ujung Tiang Tunggal :

$$Q_b = A_a q_c$$

$$Q_b = 0,1964 \times 15000$$

$$Q_b = 2949,4286 \text{ kN}$$

Tahanan Gesek Tiang Tunggal :

$$Q_s = A_b T F$$

$$Q_s = 6,2857 \times 6537$$

$$Q_s = 41089,7143 \text{ kN}$$

Berat Sendiri Tiang :

$$w_p = \text{Volume tiang} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W_p = \frac{1}{4} \pi d^2 L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W_p = \frac{1}{4} \pi 0,5^2 \times 4 \times 24$$

$$W_p = 18,8571 \text{ kN}$$

Kapasitas Dukung Ultimit Tiang :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_u = 2946,4286 + 41089,7143 - 18,8571$$

$$Q_u = 44017,2857 \text{ kN}$$

Kapasitas Dukung Ijin Tiang :

$$Q_a = \frac{Q_u}{F}$$

$$Q_a = \frac{44017,2857}{3}$$

$$Q_a = 14672,4290 \text{ kN}$$

Kapasitas Dukung Ijin Tiang (Tarik) :

$$Q_t = (Q_s + W_p) / F$$

$$Q_t = \frac{41089,7143 + 18,8571}{4}$$

$$Q_t = 10277,143 \text{ kN}$$

Tahanan Tiang Tunggal :

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

$$Q_a = \frac{2946,4286}{3} + \frac{41089,7143}{5}$$

$$Q_a = 9200,0857 \text{ kN}$$

Jumlah tiang yang dibutuhkan :

$$N_{tiang} = \frac{P}{qa}$$

$$N_{tiang} = \frac{11353,37}{9200,0857}$$

$$N_{tiang} = 1,2341$$

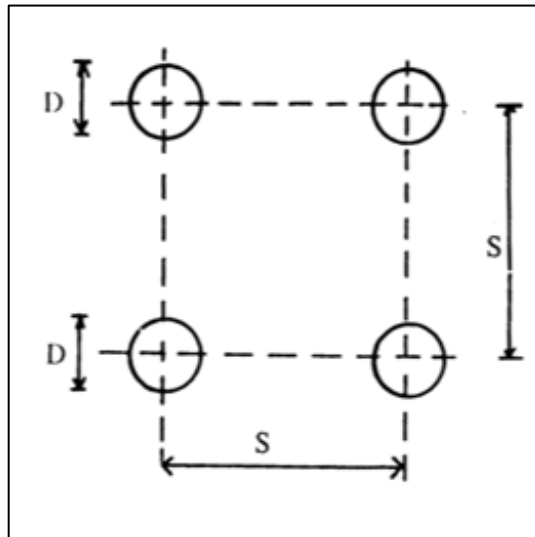
$$\approx 2 \times 2 = 4 \text{ buah}$$

Untuk mencari jarak spasi antar tiang pada susunan kelompok tiang, dapat digunakan ketentuan berikut :

$$2,5 d < s < 3 d$$

$$1,25 < s < 1,5$$

Maka, digunakan nilai  $s$  (jarak spasi antar tiang pada kelompok tiang)=1,3m



Gambar 4. 4 Jarak Tiang pada Kelompok Tiang

Hitungan Efisiensi Kelompok :

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right]$$

$$Eg = 1 - \frac{\text{arc. tan} \left( \frac{0,5}{1,3} \right)}{90} \left[ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{4} \right]$$

$$Eg = 1 - \frac{21,644}{90} \left[ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{4} \right]$$

$$Eg = 0,76625$$

Daya Dukung Kelompok Tiang :

$$Q_{a-grup} = Q_a \times E \times N_{tiang}$$

$$Q_{a-grup} = 9200,0857 \times 0,76625 \times 4$$

$$Q_{a-grup} = 28198,26 \text{ kN}$$

Faktor Aman Kelompok Tiang :

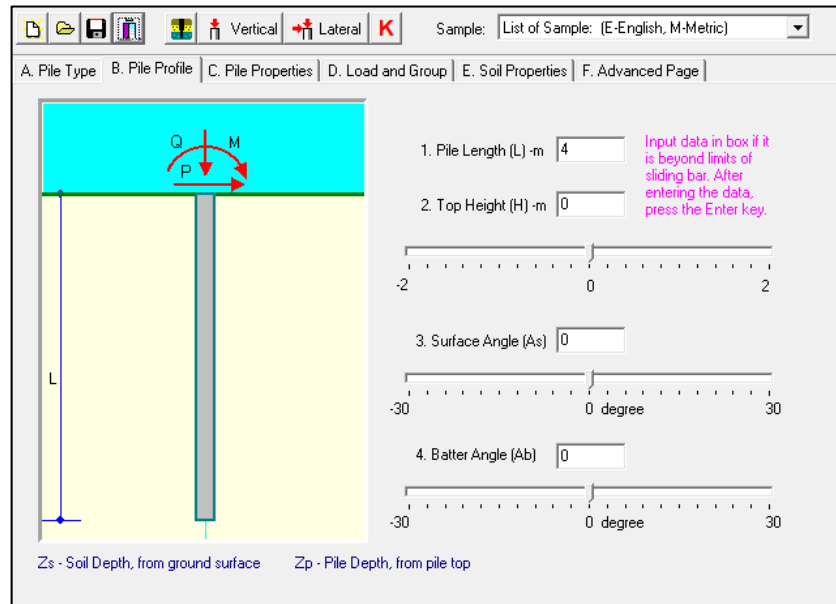
$$Q_{a-grup} > P$$

$$28198,26 > 11353,37 \dots \dots \dots \text{OKE!}$$

$$\text{SF Tiang} = \frac{28198,26}{11353,37} = 2,484$$

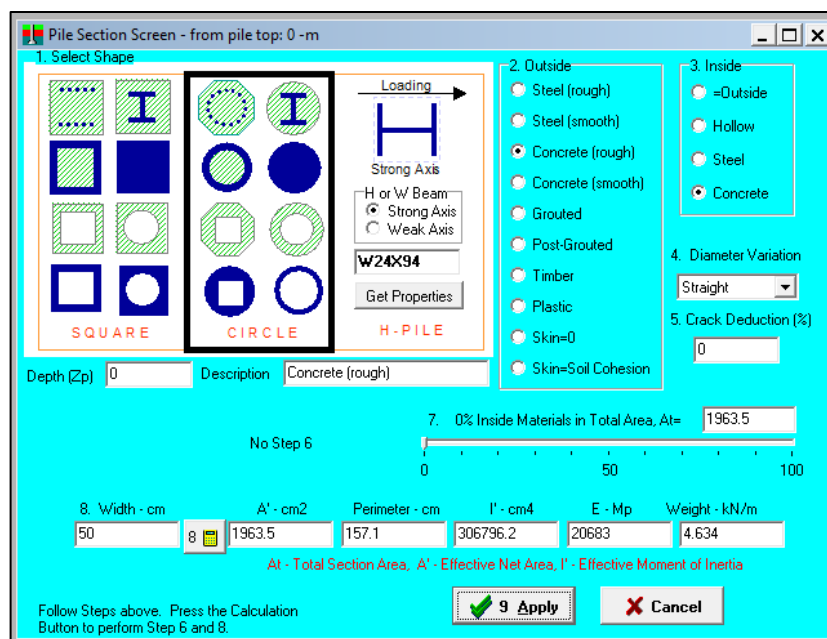
#### 4.4.3 Analisis Penurunan Fondasi *Bore Pile*

Penurunan fondasi *bore pile* dihitung dengan menggunakan bantuan *software All Pile*. Proses perhitungan dilakukan dengan cara memilih tipe fondasi yang digunakan, kemudian masukan data dimensi fondasi yang digunakan. Pada proyek ini menggunakan fondasi dengan diameter 0,5 meter dan kedalaman 4 meter.



Gambar 4. 5. *Pile Profile*

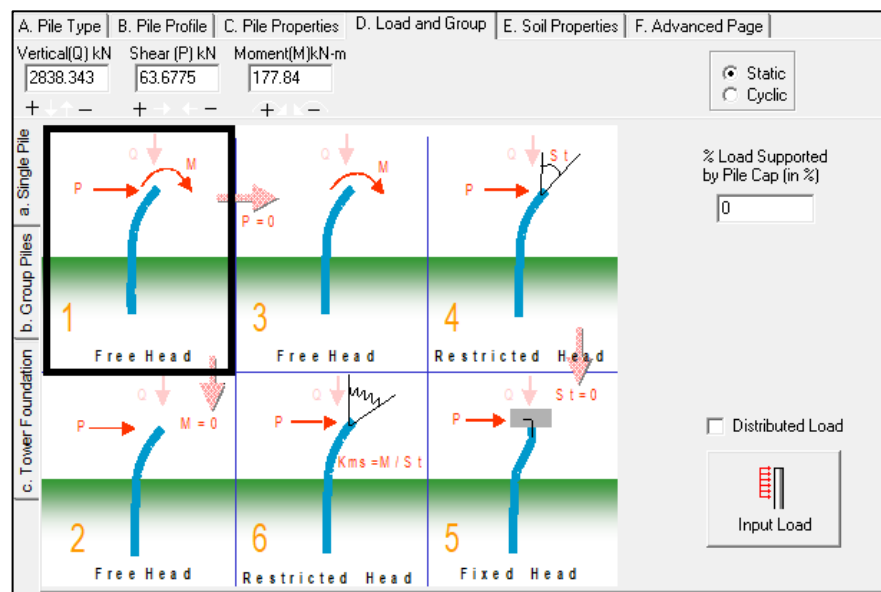
Langkah selanjutnya adalah memasukan jenis material dan *section* fondasi yang digunakan.



Gambar 4. 6. *Pile properties*



Selanjutnya masukkan data beban yang bekerja pada fondasi dan juga data uji sondir. Beban tersebut meliputi beban vertikal, beban aksial, dan juga momen yang diperoleh pada proses perhitungan beban dengan menggunakan SAP2000. Beban yang diperoleh dari program SAP2000 bekerja pada satu kelompok fondasi. Sedangkan, pada tahap ini, hanya dihitung beban yang bekerja untuk setiap tiangnya. Maka dari itu, harus dibagi rata terlebih dahulu beban yang bekerja pada kelompok tiang dengan jumlah tiang pada kelompok tiang tersebut.



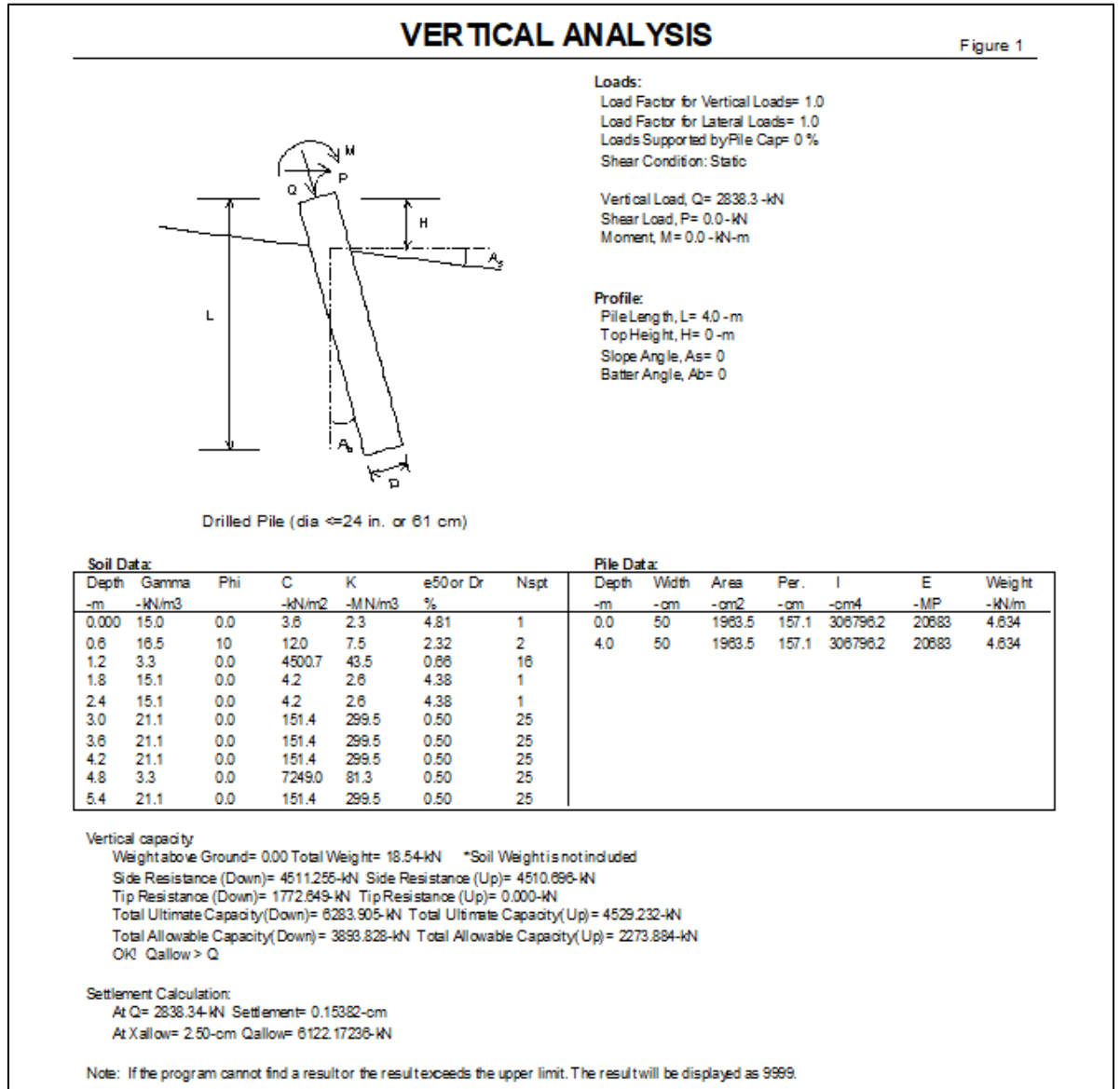
Gambar 4. 7. Beban yang Bekerja pada Fondasi

Memasukkan data tanah dari uji sondir per 60 cm. Data yang dibutuhkan adalah data  $qc$  tanah.

Zs-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0.000	Soft Clay	2.2	0.0	0.0	0.01	5.38	0	1
0.6	Soft Clay	16.5	0.0	12.0	7.5	2.32	2	1
1.2	Stiff Clay	3.3	0.0	4500.7	43.5	0.66	16	2
1.8	Soft Clay	15.1	0.0	4.2	2.6	4.38	1	1
2.4	Soft Clay	15.1	0.0	4.2	2.6	4.38	1	1
3.0	Stiff Clay	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25	2
3.6	Stiff Clay	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25	2
4.2	Stiff Clay	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25	2
4.8	Stiff Clay	3.3	0.0	7249.0	81.3	0.50	25	2
5.4	Stiff Clay	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25	2

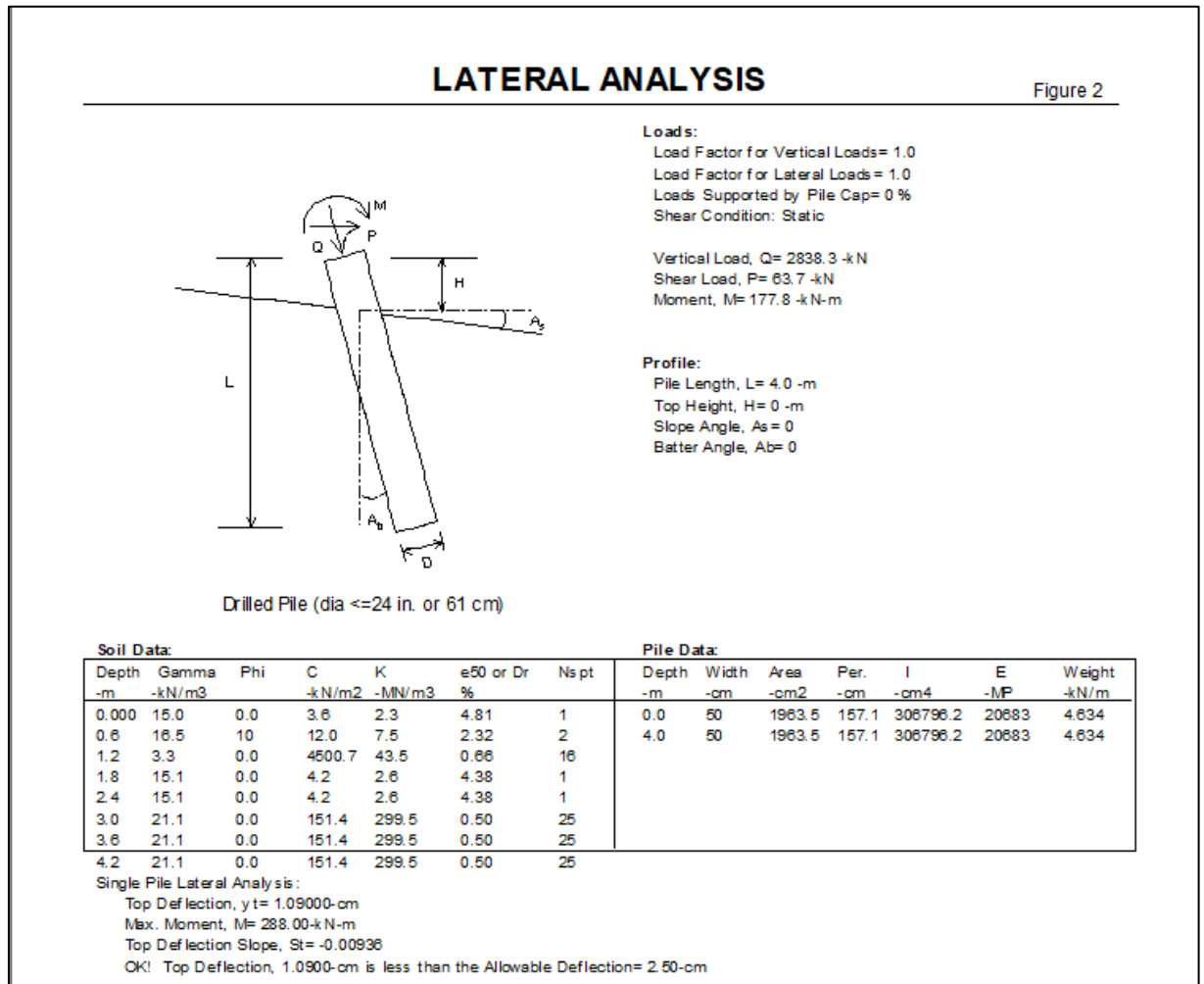
Gambar 4. 8. Data Hasil Uji Sondir

Setelah memasukkan semua data yang dibutuhkan, maka diperoleh data penurunan fondasi sebesar 0,15382 cm. Penurunan fondasi yang diijinkan adalah sebesar 2,5 cm (SNI 2847:2019). Maka, fondasi tersebut sudah memenuhi standart penurunan fondasi.



Gambar 4. 9 Hasil Analisis Penurunan Fondasi *Bore Pile*

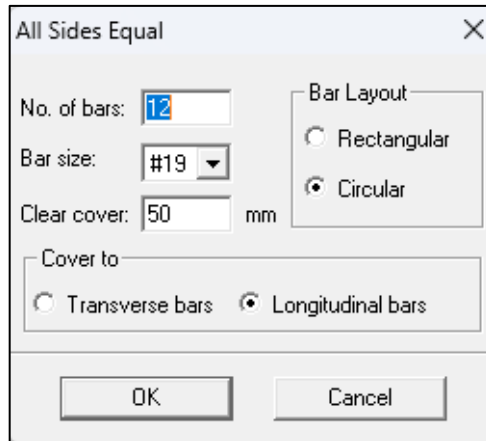
Selain itu, diperoleh juga defleksi lateral fondasi. Pada fondasi bore pile ini diperoleh defleksi lateral 1,09 cm. Defleksi lateral tersebut diizinkan karena masih di bawah 2,5 cm.



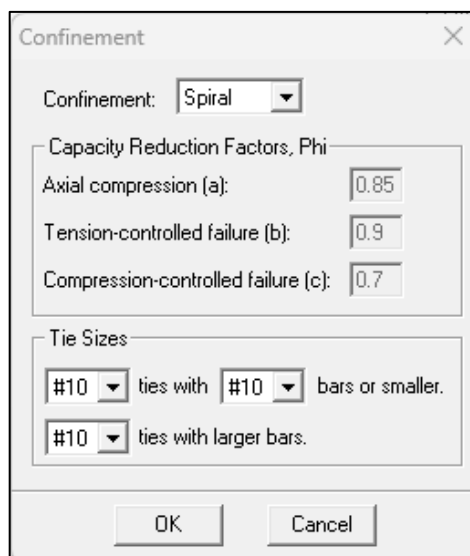
Gambar 4. 10 Hasil Defleksi Lateral Fondasi *Bore Pile*

#### 4.4.4 Analisis Kebutuhan Tulangan Fondasi *Bore Pile*

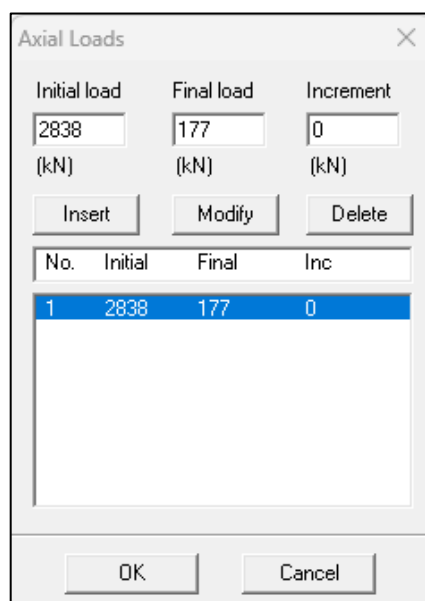
Perhitungan kebutuhan tulangan fondasi *bore pile* menggunakan bantuan aplikasi *PCA Column*. Proses perhitungan dilakukan dengan cara menginput data material *bore pile* dan juga beban yang bekerja pada tiap fondasi. Kemudian, memasukkan besi tulangan yang akan digunakan. Tulangan tersebut meliputi tulangan pokok dan tulangan spiral. Pada proses perencanaan ini digunakan tulangan pokok 12D19 dan tulangan spiral Ø10. Selanjutnya, masukkan beban yang bekerja pada fondasi yaitu beban aksial sebesar 2838,434 kN per titik fondasi.



Gambar 4. 11 Data Tulangan Pokok Bore pile

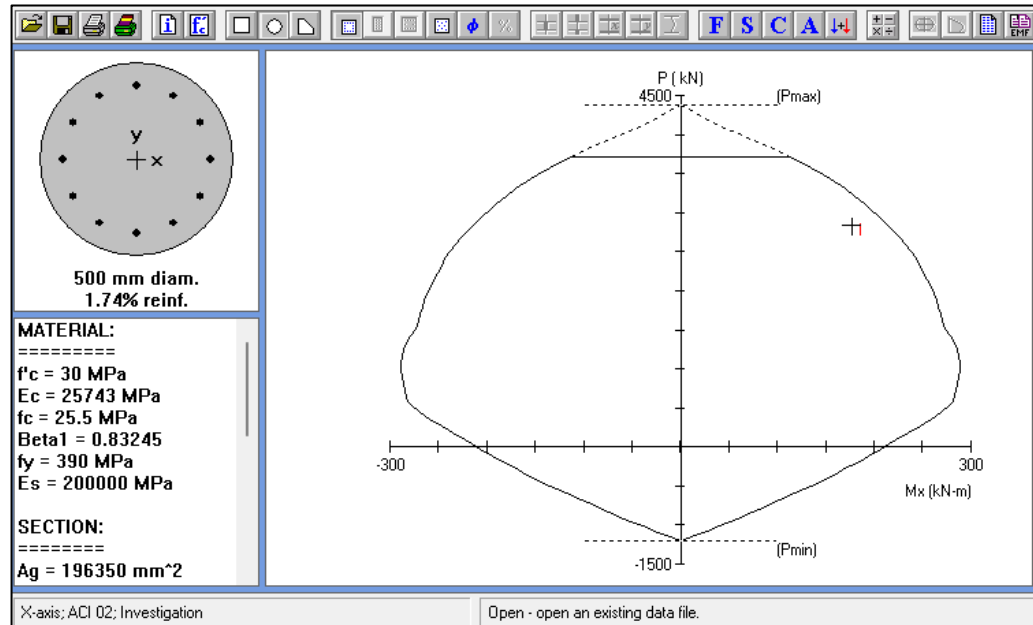


Gambar 4. 12 Data Beugel Spiral Bore Pile



Gambar 4. 13 Beban yang Bekerja pada Fondasi

Setelah data material dan beban fondasi dimasukkan, dapat diperoleh momen lentur tulangan pada diagram gaya aksial terhadap momen lentur seperti dibawah ini:



Gambar 4. 14 Diagram Momen Lentur *Bore Pile*

#### 4.4.5 Analisis Perencanaan Pilecap

##### 4.4.5.1 Material Fondasi

Mutu beton, $f_c'$	= 30 MPa
Mutu baja tulangan, $f_y$	= 390 MPa
Selimut bersih bawah pilecap	= 75 mm
Selimut bersih atas pilecap	= 50 mm
Toleransi penempatan tiang	= 77 mm
Posisi kolom, $\alpha_s$	= 40 mm

##### 4.4.5.2 Pembebanan Fondasi Akibat Beban Ultimit

Berat pilecap + tanah diatasnya

$P_uD, \text{ area}$	= $P_d \text{ area} \times 1,4$
	= $199,24 \times 1,4$
	= 278,94 kN
Beban aksial, $P_u$	= 11353,37 kN
Beban lateral x, $V_{ux}$	= 254,71 kN
Beban lateral y, $V_{uy}$	= 254,58 kN
Momen x, $M_{ux}$	= 711,36 kN.m

$$\text{Momen } y, M_{uy} = 708,50 \text{ kN.m}$$

#### 4.4.5.3 Beban Aksial, Geser, & Momen yang Diterima Tiang Pile akibat Beban Ultimit

$$\begin{aligned} M_{ux, Des} &= M_{ux} - V_{uy} \times D_{cap} \\ &= 711,36 - 254,58 \times 0,7 \\ &= 533,15 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy, Des} &= M_{uy} + V_{ux} \times D_{cap} \\ &= 708,50 - 254,71 \times 0,7 \\ &= 886,80 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{up, x} &= \frac{M_{ux, Des}}{n} \\ &= \frac{533,15}{4} \\ &= 133,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{up, y} &= \frac{M_{uy, Des}}{n} \\ &= \frac{886,80}{4} \\ &= 221,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen 2 arah} &= \sqrt{(M_{up, x}^2 + M_{up, y}^2)} \\ &= \sqrt{(133,29^2 + 221,7^2)} \\ &= 258,68 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban geser arah } x (V_{up, x}) &= \frac{V_{ux}}{N_p} \\ &= \frac{254,71}{4} \\ &= 63,68 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban geser arah } y (V_{up, y}) &= \frac{V_{uy}}{N_p} \\ &= \frac{254,58}{4} \\ &= 63,65 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser 2 arah} &= \sqrt{(V_{up, x}^2 + V_{up, y}^2)} \\ &= \sqrt{(63,68^2 + 63,65^2)} \\ &= 90,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

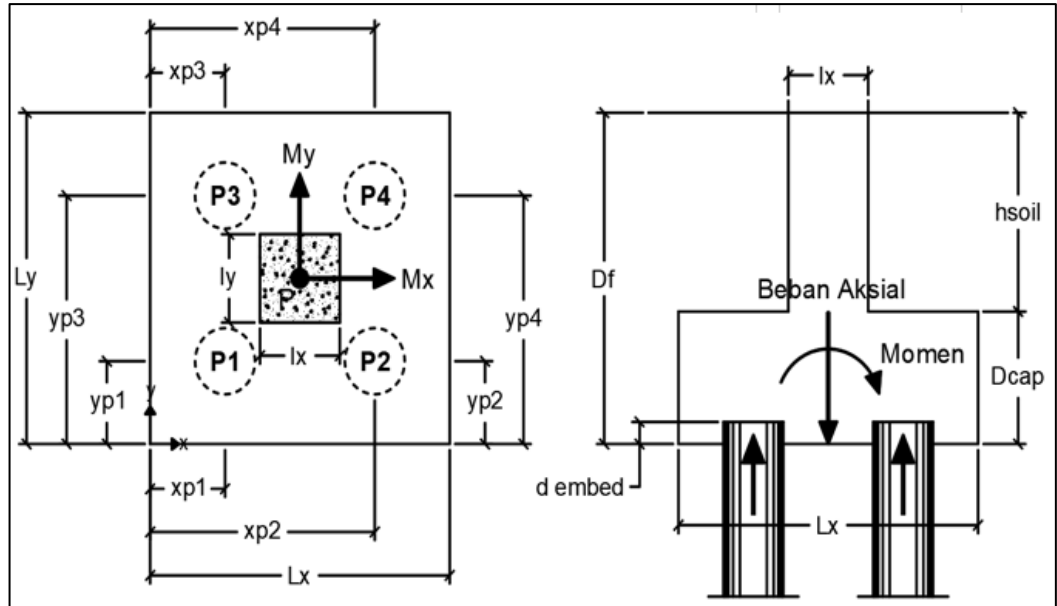
$$\text{Beban aksial pile 1} = 2766,62 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 2} = 3476,06 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 3} = 2340,10 \text{ kN}$$

Beban aksial pile 4 = 3049,53 kN  
 Beban aksial terbesar = 3476,06 kN

#### 4.4.6 Analisis Kebutuhan Pilecap



Gambar 4. 15 Pilecap

Jarak dari tepi *pile* ke tiang = 1,25 diameter tiang  
 Jarak antar tiang *pile* = 2,50 diameter tiang

##### 4.4.6.1 Koordinat Posisi Tiang *Pile*

Pile 1

Arah x ( $x_p$ ) =  $1,25d = 0,625$  m

Arah y ( $y_p$ ) =  $1,25d = 0,625$  m

Pile 2

Arah x ( $x_p$ ) =  $1,25d + 2,5d = 1,875$  m

Arah y ( $y_p$ ) =  $1,25d = 0,625$  m

Pile 3

Arah x ( $x_p$ ) =  $1,25d = 0,625$  m

Arah y ( $y_p$ ) =  $1,25d + 2,5d = 1,875$  m

Pile 4

Arah x ( $x_p$ ) =  $1,25d + 2,5d = 1,875$  m

Arah y ( $y_p$ ) =  $1,25d + 2,5d = 1,875$  m

#### 4.4.6.2 Data Pilecap

##### 1. Pilecap

$$\begin{aligned}\text{Lebar pile cap, } Lx &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Panjang pile cap, } Ly &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Luas pile cap, } A_{cap} &= Lx \times Ly \\ &= 2,5 \times 2,5 \\ &= 6,25 \text{ m}^2 \\ \text{Tebal pile cap, } D_{cap} &= 0,70 \text{ m} \\ \text{Kedalaman fondasi, } D_f &= 1,50 \text{ m} \\ h_{soil} &= D_f - D_{cap} \\ &= 1,5 - 0,7 \\ &= 0,80 \text{ m} \\ \gamma_{beton} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{soil} &= 16 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

##### 2. Kolom

$$\begin{aligned}\text{Lebar kolom, } l_x &= 0,60 \text{ m} \\ \text{Panjang kolom, } l_y &= 0,60 \text{ m} \\ X_c &= \frac{1}{2} Lx = 1,25 \text{ m} \\ Y_c &= \frac{1}{2} Ly = 1,25 \text{ m}\end{aligned}$$

##### 3. Tiang Pile

$$\begin{aligned}\text{Diameter tiang pile} &= 0,50 \text{ m} \\ \text{Daya dukung izin aksial tekan tiang pile} &= 9200,086 \text{ kN} \\ \text{Daya dukung izin aksial tarik tiang pile} &= 8199,086 \text{ kN} \\ \text{Daya dukung izin lateral tiang pile} &= 254,71 \text{ kN} \\ \text{Jumlah tiang, } n &= 4 \text{ buah} \\ \text{Jarak kepala tiang terhadap sisi bawah pile cap} &= 0,10 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.4.6.3 Pembebanan Fondasi akibat Beban Servis

$$\begin{aligned}P_d \cdot \text{area} &= \gamma_{beton} \times Lx \times Ly \times D_{cap} + \\ &h_{soil} \times \gamma_{soil} \times (Lx \times Ly - l_x \times l_y) \\ &= 24 \times 2,5 \times 2,5 \times 0,7 + 0,8 \times 16 \times (2,5 \times 2,5 - \\ &0,6 \times 0,6) \\ &= 180,39 \text{ kN}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Beban Aksial, } P &= 11353,37 \text{ kN} \\ \text{Beban Lateral, } V_x &= 254,71 \text{ kN} \\ \text{Beban Lateral, } V_y &= 254,58 \text{ kN} \\ \text{Momen x, } M_x &= 711,36 \text{ kN.m} \\ \text{Momen y, } M_y &= 708,50 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### 4.4.6.4 Titik Pusat Tiang Pile Grup

$$\begin{aligned} \text{Arah x} &= (xp_1 + xp_2 + xp_3 + xp_4)/Np \\ &= (0,625 + 1,875 + 0,625 + 1,875)/4 \\ &= 1,25 \text{ m} \\ \text{Arah y} &= (yp_1 + yp_2 + yp_3 + yp_4)/Np \\ &= (0,625 + 1,875 + 0,625 + 1,875)/4 \\ &= 1,25 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.4.6.5 Jarak Titik Pusat terhadap Posisi Tiang Pile

$$\begin{aligned} \text{Pile 1 arah x} &= -0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 1 arah y} &= -0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 2 arah x} &= 0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 2 arah y} &= -0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 3 arah x} &= -0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 3 arah y} &= 0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 4 arah x} &= 0,625 \text{ m} \\ \text{Pile 4 arah y} &= 0,625 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.4.6.6 Momen Inersia Tiang Pile Grup

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia arah x} &= 1,5625 \text{ m}^2 \\ \text{Momen inersia arah y} &= 1,5626 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.4.6.7 Beban Aksial, Geser dan Momen yang diterima Tiang Pile

$$\begin{aligned} M_{x.des} &= M_x + (-V_y) \times D. cap \\ &= 711,36 + (-254,58) \times 0,7 \\ &= 533,15 \text{ kN.m} \\ M_{y.des} &= M_y + (V_x) \times D. cap \\ &= 708,50 + (254,71) \times 0,7 \\ &= 886,80 \text{ kN.m} \\ \text{Beban geser arah x } (V_{p,x}) &= \frac{V_x}{Np} \end{aligned}$$

$$= \frac{254,71}{4}$$

$$= 63,68 \text{ kN}$$

$$\text{Beban geser arah x (Vp,x)} = \frac{V_y}{N_p}$$

$$= \frac{254,58}{4}$$

$$= 63,65 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 1} = 2741,98 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 2} = 3451,42 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 3} = 2315,46 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 4} = 3024,90 \text{ kN}$$

#### 4.4.6.8 Kontrol Beban Aksial dan Geser yang Diterima Tiang Pile

$$\text{Gaya geser dua arah, } V_{p,R} = \sqrt{(V_{p,x}^2 + V_{p,y}^2)}$$

$$= \sqrt{(63,68^2 + 63,65^2)}$$

$$= 90,03 \text{ kN}$$

$$V_{p,R} < \text{Daya dukung lateral ijin}$$

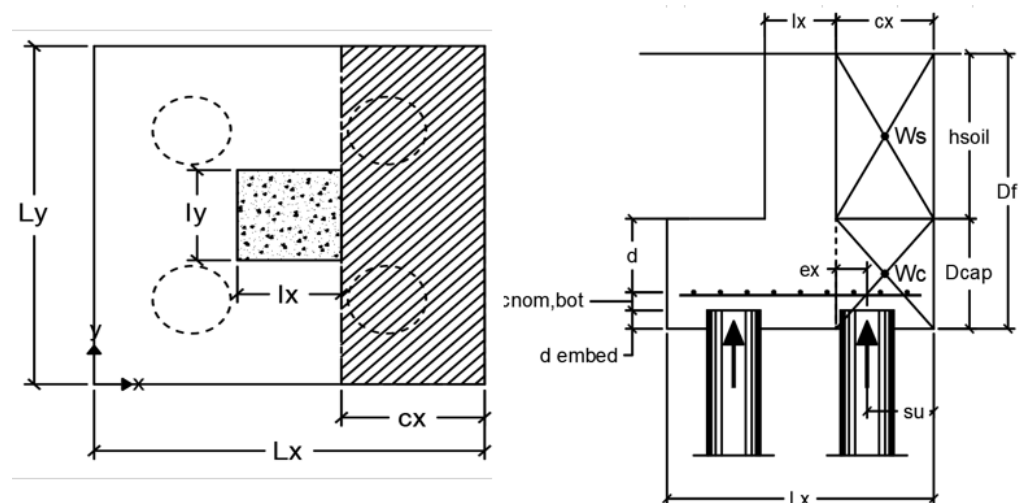
$$90,03 < 254,71 \quad (\text{OKE!})$$

$$\text{Tiang pile dengan beban aksial terbesar (maxpile)} = 248,12 \text{ kN}$$

$$\text{Maxpile} < \text{Daya dukung lateral ijin}$$

$$248,12 < 254,71 \quad (\text{OKE!})$$

#### 4.4.7 Desain Penulangan Lentur Arah X

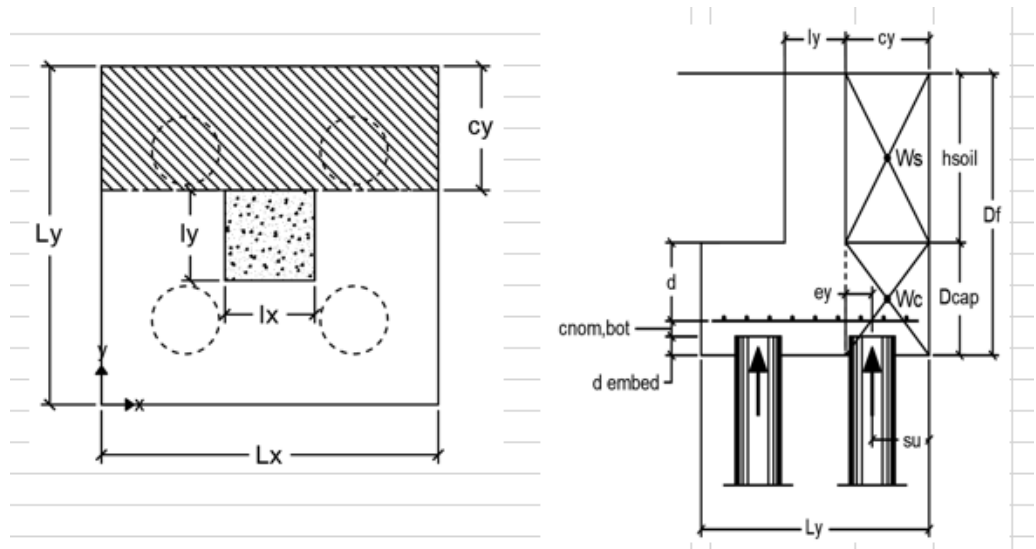


Gambar 4. 16 Desain Tulangan Lentur Arah X

$$\begin{aligned}
\text{Diameter tulangan rencana} &= D29 \text{ mm} \\
\text{Jarak tiang ke tepi, } s_u &= 1,25D \\
&= 0,625 \text{ m} \\
C_x &= \frac{Lx-lx}{2} \\
&= \frac{2,5-0,6}{2} \\
&= 0,95 \text{ m} \\
E_x &= C_x - S_u \\
&= 0,95 - 0,625 \\
&= 0,325 \text{ m} \\
W_s &= c_x \times L_y \times h. \text{ soil} \times \gamma. \text{ soil} \times 1,4 \\
&= 0,95 \times 2,5 \times 1 \times 16 \times 1,4 \\
&= 53,20 \text{ kN} \\
W_c &= c_x \times L_y \times D. \text{ cap} \times \gamma. \text{ beton} \times 1,4 \\
&= 0,95 \times 2,5 \times 0,7 \times 2 \times 1,4 \\
&= 55,86 \text{ kN} \\
M_{ux} &= 2 \text{ maxpile} \times e_x - w_s \times \frac{c_x}{2} - w_c \times \frac{c_x}{2} \\
&= 2 \cdot 3476,06 \times 0,325 - 53,2 \times \frac{0,95}{2} - \\
&\quad 55,86 \times \frac{0,95}{2} \\
&= 2207,63 \text{ kN.m} \\
\text{Tinggi efektif pelat, } d &= 481,50 \text{ mm} \\
\text{Faktor reduksi kekuatan lentur, } \phi &= 0,9 \\
R_n &= \frac{M_{ux}}{\phi \times L_y \times d^2} \\
&= \frac{2207,63 \cdot 10^6}{0,9 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 481,5^2} \\
&= 4,2321 \\
\text{Rasio tulangan perlu, } \rho &= 0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2R_n}{0,85 f_{c'}}}\right) \\
&= 0,85 \times \frac{24}{390} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2 \cdot 4,2321}{0,85 \cdot 24}}\right) \\
&= 0,0119 \\
\text{As perlu} &= \rho \times L_y \times d \\
&= 0,0119 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 481,5 \\
&= 14375 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{As min} &= 0,0018 \times Ly \times D_{cap} \\
&= 0,0018 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 0,7 \cdot 10^3 \\
&= 3150 \text{ mm}^2 \\
\text{As tulangan} &= 14375 \text{ mm}^2 \\
\text{Digunakan tulangan} &= 22 \text{ D29} \\
\text{Luas tulangan} &= \pi \times 0,25 \times 29^2 \times 22 \\
&= 14531 \text{ mm}^2 \\
\text{Kontrol luas tulangan} &= \text{Luas tulangan} > \text{As. Tulangan} \\
&= 14531 > 14375 \quad (\text{OKE!}) \\
\text{Jarak tulangan rencana} &= 100 \text{ mm} \\
\text{Jarak tulangan max, } s_{max} &= 457 \text{ mm} \\
\text{Kontrol jarak tulangan} &= S < S_{max} \\
&= 100 < 457 \quad (\text{OKE!}) \\
\text{Tinggi efektif blok kompresi, } a &= \frac{asx \times fy}{0,85 \cdot f'c' \cdot Ly} \\
&= \frac{14531 \times 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 2,5 \cdot 10^3} \\
&= 88,90 \text{ mm} \\
\text{Faktor bentuk distribusi tegangan, } \beta_1 &= 0,85 \\
\text{Kapasitas momen minimal, } M_n &= asx \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 14531 \times 390 \times \left(481,5 - \frac{88,9}{2}\right) \\
&= 2476,881 \text{ kN.m} \\
\text{Desain kapasitas momen, } \phi M_n &= \phi \times M_n \\
&= 0,9 \times 2476,882 \\
&= 2229,193 \text{ kN.m} \\
\text{Kontrol kapasitas momen lentur arah x} &= \phi M_n > M_{ux} \\
&= 2229,193 > 2207,63 \quad (\text{OKE!})
\end{aligned}$$

#### 4.4.8 Desain Penulangan Lentur Arah Y



Gambar 4. 17 Desain Tulangan Lentur Arah Y

Diameter tulangan rencana = D29 mm

Jarak tiang ke tepi, su = 1,25D  
= 0,625 m

Cy =  $\frac{Ly - ly}{2}$   
=  $\frac{2,5 - 0,6}{2}$   
= 0,95 m

Ey = Cy - Su  
= 0,95 - 0,625  
= 0,325 m

Ws = Cy × Lx × h. soil × γ. soil × 1,4  
= 0,95 × 2,5 × 1 × 16 × 1,4  
= 53,20 kN

Ws = Cy × Lx × D. cap × γ. beton × 1,4  
= 0,95 × 2,5 × 0,7 × 2 × 1,4  
= 55,86 kN

Mux = 2 maxpile × ey - ws ×  $\frac{cy}{2}$  - wc ×  $\frac{cy}{2}$   
= 2 . 3476,06 × 0,325 - 53,2 ×  $\frac{0,95}{2}$  -  
55,86 ×  $\frac{0,95}{2}$   
= 2207,63 kN.m

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi efektif pelat, } d &= 510,50 \text{ mm} \\
\text{Faktor reduksi kekuatan lentur, } \phi &= 0,9 \\
R_n &= \frac{M_{ux}}{\phi \times L_x \times d^2} \\
&= \frac{2207,63 \cdot 10^6}{0,9 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 510,5^2} \\
&= 3,765 \\
\text{Rasio tulangan perlu, } \rho &= 0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2R_n}{0,85 f_{c'}}}\right) \\
&= 0,85 \times \frac{24}{390} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2 \cdot 3,765}{0,85 \cdot 24}}\right) \\
&= 0,0105 \\
\text{As perlu} &= \rho \times L_y \times d \\
&= 0,0105 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 510,5 \\
&= 13396 \text{ mm}^2 \\
\text{As min} &= 0,0018 \times L_x \times D_{cap} \\
&= 0,0018 \times 2,5 \cdot 10^3 \times 0,7 \cdot 10^3 \\
&= 3150 \text{ mm}^2 \\
\text{As tulangan} &= 13396 \text{ mm}^2 \\
\text{Digunakan tulangan} &= 22 \text{ D29} \\
\text{Luas tulangan} &= \pi \times 0,25 \times 29^2 \times 22 \\
&= 14531 \text{ mm}^2 \\
\text{Kontrol luas tulangan} &= \text{Luas tulangan} > \text{As. Tulangan} \\
&= 14531 > 13396 \text{ (OKE!)} \\
\text{Jarak tulangan rencana} &= 100 \text{ mm} \\
\text{Jarak tulangan max, } s_{max} &= 457 \text{ mm} \\
\text{Kontrol jarak tulangan} &= S < S_{max} \\
&= 100 > 457 \text{ (OKE!)} \\
\text{Tinggi efektif blok kompresi, } a &= \frac{a_s y \times f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot L_x} \\
&= \frac{14531 \times 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 2,5 \cdot 10^3} \\
&= 88,90 \text{ mm} \\
\text{Faktor bentuk distribusi tegangan, } \beta_1 &= 0,85 \\
\text{Kapasitas momen minimal, } M_n &= a_s y \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 14531 \times 390 \times \left(510,5 - \frac{88,9}{2}\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2641,232 \text{ kN.m} \\
\text{Desain kapasitas momen, } \phi Mn &= \phi \times Mn \\
&= 0,9 \times 2641,232 \\
&= 2377,109 \text{ kN.m} \\
\text{Kontrol kapasitas momen lentur arah x} &= \phi Mn > M_{ux} \\
&= 2377,109 > 2207,63 \quad (\text{OKE!})
\end{aligned}$$

#### 4.4.9 Analisis Fondasi Sumuran

Analisis fondasi sumuran menggunakan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Diameter luar} &= 1,6 \text{ m} \\
\text{Diameter dalam} &= 1,45 \text{ m} \\
\text{Tebal selimut (ts)} &= 0,075 \text{ m} \\
\text{Panjang sumuran (L)} &= 4 \text{ m} \\
\text{Luas sumuran (A)} &= 2\pi r^2 \\
&= 2\pi 0,8^2 \\
&= 2,0114 \text{ m}^2 \\
&= 20114,29 \text{ cm}^2 \\
\text{Luas selimut (A}_s) &= \pi dL \\
&= \pi \times 0,075 \times 4 \\
&= 1,8857 \text{ m}^2 \\
\text{Berat jenis beton } (\gamma) &= 24 \text{ kN/m} \\
\text{Panjang pilecap} &= 2 \text{ m} \\
\text{Lebar pilecap} &= 2 \text{ m} \\
\text{Tebal pilecap} &= 0,5 \text{ m} \\
\text{Berat pilecap} &= P. \text{pilecap} \times l. \text{pilecap} \times t. \text{pilecap} \times \gamma \\
&= 2 \times 2 \times 0,5 \times 24 \\
&= 4,8 \text{ kN} \\
F_c' &= 30 \text{ Mpa} = 30000 \text{ kN/m}^3 \\
F_y &= 390 \text{ Mpa} \\
\text{Beban aksial (P)} &= 11353,37 \text{ kN}
\end{aligned}$$

#### 4.4.10 Daya Dukung Fondasi Sumuran

$$\begin{aligned}
\text{Dinding Sumuran } (Q_{d1}) &= (0,85 f_c') \times \left[ \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d \text{ luar}^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d \text{ dalam}^2 \right) \right] \\
&= (0,85 \cdot 25000) \times \left[ \left( \frac{1}{4} \pi \cdot 1,6^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \pi \cdot 1,45^2 \right) \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 7638,616 \text{ kN} \\
\text{Cyclops } (Q_{d2}) &= (0,85 f'c') \times \left(\frac{1}{4} \pi \cdot d \text{ dalam}^2\right) \\
&= (0,85 \cdot 25000) \times \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 1,45^2\right) \\
&= 35104,24 \text{ kN} \\
Q_d &= Q_{d1} + Q_{d2} \\
&= 7638,616 + 35104,24 \\
&= 42742,86 \text{ kN}
\end{aligned}$$

#### 4.4.11 Daya Dukung Ultimit Fondasi Sumuran

$$\begin{aligned}
\text{Daya dukung ujung tiang } (Q_p) &= qc \times A \\
&= 150 \times 20114,29 \\
&= 3017143 \text{ kg} \\
&= 30171,43 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Berat sendiri fondasi sumuran

$$\begin{aligned}
W_p &= \left[\left(\frac{1}{4} \pi (d \text{ luar}^2 - d \text{ dalam}^2)\right) \times L \times \gamma\right] + \left[\left(\frac{1}{4} \pi \cdot d \text{ dalam}^2\right) \times L \times \gamma\right] \\
&= \left[\left(\frac{1}{4} \pi \cdot (1,6^2 - 1,45^2)\right) \times 4 \times 2,4\right] + \left[\left(\frac{1}{4} \pi \cdot 1,45^2\right) \times 4 \times 2,4\right] \\
&= 12,0686 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Daya dukung ultimit } (Q_u) &= Q_p - W_p \\
&= 30171,43 - 12,0686 \\
&= 30159,36 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\text{Safety factor } (SF) = 2,5$$

$$\begin{aligned}
\text{Daya dukung ijin } (Q_a) &= \frac{Q_u}{SF} \\
&= \frac{30159,36}{2,5} \\
&= 12063,74 \text{ Kn}
\end{aligned}$$

$$P < Q_a$$

$$11353,37 < 12063,74 \quad (\text{OK})$$

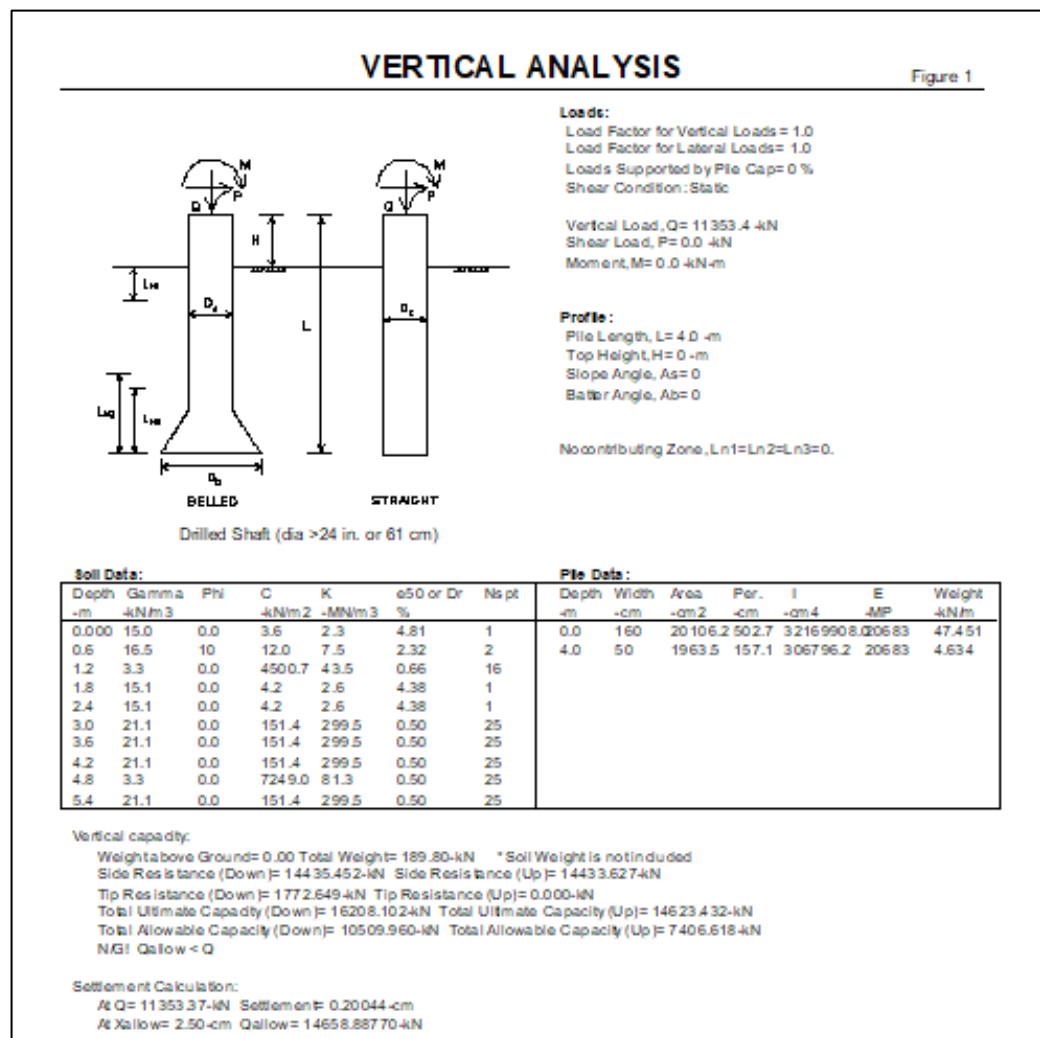
$$\text{SF Tiang} = \frac{Q_a}{P} = \frac{12063,74}{11353,37} = 1,0626$$



#### 4.4.12 Analisis Penurunan Fondasi Sumuran

Penurunan fondasi sumuran dihitung dengan menggunakan bantuan *software All Pile*. Proses perhitungan dilakukan dengan cara memilih tipe fondasi yang digunakan, kemudian masukan data dimensi fondasi yang digunakan seperti halnya dalam perhitungan fondasi *bore pile*. Pada proyek ini menggunakan fondasi dengan diameter 1,6 meter dan kedalaman 4 meter.

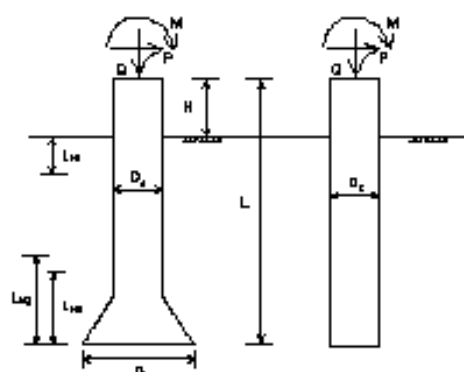
Hasil perhitungan yang dilakukan pada fondasi sumuran diperoleh data penurunan fondasi sebesar 0,20044 cm dan defleksi lateral sebesar 1,09 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fondasi sumuran ini masih memenuhi syarat untuk digunakan.



Gambar 4. 18 Penurunan Fondasi Sumuran

## LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Dilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

**Loads:**  
 Load Factor for Vertical Loads = 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q = 11353.4 kN  
 Shear Load, P = 254.7 kN  
 Moment, M = 711.4 kN-m

**Profile:**  
 Pile Length, L = 4.0 -m  
 Top Height, H = 0 -m  
 Slope Angle, As = 0  
 Batter Angle, Ab = 0

No contributing Zone, L<sub>n1</sub> = L<sub>n2</sub> = L<sub>n3</sub> = 0.

Soil Data:							Pile Data:						
Depth -m	Gamma -kN/m <sup>3</sup>	Phi	C -kN/m <sup>2</sup>	K -MN/m <sup>3</sup>	e50 or Dr %	Ns pt	Depth -m	Width -cm	Area -cm <sup>2</sup>	Per. -cm	I -cm <sup>4</sup>	E -MP	Weight -kN/m
0.00	15.0	0.0	3.6	2.3	4.81	1	0.0	160	20106.2	502.7	3216990.8	20683	47.451
0.6	16.5	10	12.0	7.5	2.32	2	4.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.634
1.2	3.3	0.0	4500.7	43.5	0.66	16							
1.8	15.1	0.0	4.2	2.6	4.38	1							
2.4	15.1	0.0	4.2	2.6	4.38	1							
3.0	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25							
3.6	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25							
4.2	21.1	0.0	151.4	299.5	0.50	25							

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, y = 0.96000 -cm

Max. Moment, M = 1120.00 -kN-m

Top Deflection Slope, S = -0.00375

OK! Top Deflection, 0.9600 -cm is less than the Allowable Deflection = 2.50 -cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.  
 The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

Gambar 4. 19 Defleksi Lateral Fondasi Sumuran

#### 4.4.1 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Fondasi Sumuran

Perhitungan kebutuhan tulangan fondasi sumuran menggunakan bantuan aplikasi *PCA Coloumn*. Tulangan pokok yang digunakan pada fondasi sumuran adalah 24D22 dan beugel spiral menggunakan besi D13.



All Sides Equal

No. of bars: 24

Bar size: #22

Clear cover: 50 mm

Bar Layout

Rectangular

Circular

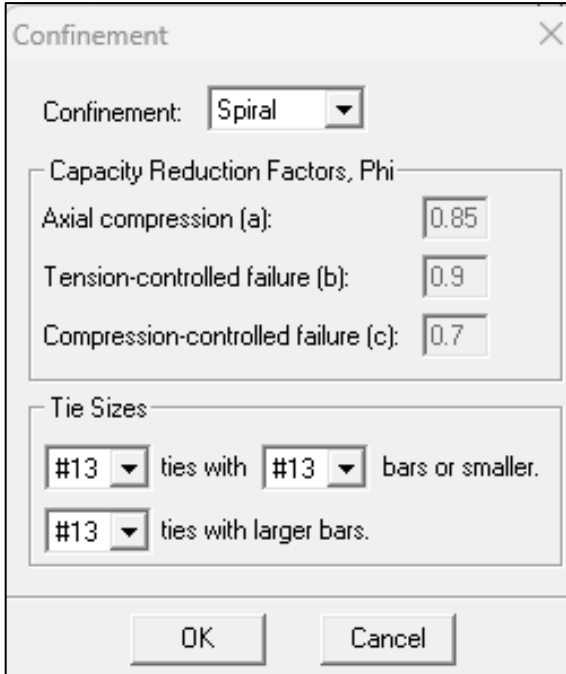
Cover to

Transverse bars

Longitudinal bars

OK Cancel

Gambar 4. 20 Data Tulangan Pokok Fondasi Sumuran



Confinement

Confinement: Spiral

Capacity Reduction Factors, Phi

Axial compression (a): 0.85

Tension-controlled failure (b): 0.9

Compression-controlled failure (c): 0.7

Tie Sizes

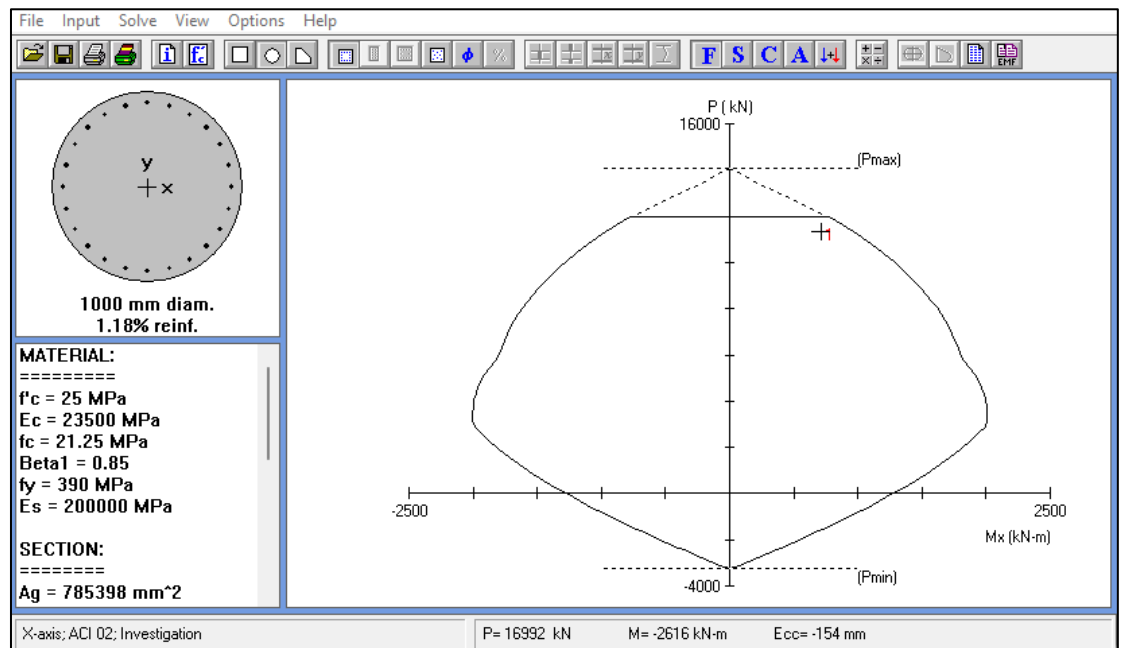
#13 ties with #13 bars or smaller.

#13 ties with larger bars.

OK Cancel

Gambar 4. 21 Data Beugel Spiral Fondasi Sumuran

Dari hasil perhitungan dari tulangan yang akan digunakan, diperoleh hasil momen lentur pada fondasi sumuran seperti pada diagram berikut:



Gambar 4. 22 Diagram Momen Lentur Fondasi Sumuran

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis perencanaan fondasi bore pile pada pembangunan Gedung 5 lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban kerja yang diterima oleh fondasi berdasarkan SNI-1727:2020, yang dihitung menggunakan bantuan program software SAP 2000, diperoleh hasil sebagai berikut :
  - a) Beban aksial = 11353,37 kN
  - b) Beban lateral arah x = 254,71 kN
  - c) Beban lateral arah y = 254,58 kN
  - d) Momen arah x = 711,36 kN.m
  - e) Momen arah y = 708,5 kN.m
2. Dalam analisis perencanaan perhitungan fondasi bore pile dengan diameter fondasi 0,5 meter dan kedalaman 4 meter diperoleh hasil sebagai berikut :
  - a) Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan metode Mayerhoff menghasilkan kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) sebesar 44017,2857 kN dan kapasitas dukung kelompok tiang ( $Q_{a-grup}$ ) sebesar 28198,26 kN. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa faktor aman  $Q_{a-grup}$  terhadap beban aksial sebesar 2,484.
  - b) Perhitungan penurunan fondasi dan defleksi lateral dilakukan dengan menggunakan *software All Pile*. Dari perhitungan tersebut diperoleh penurunan sebesar 0,15382 cm dengan besaran penurunan yang dipersyaratkan maksimal sebesar 2,5 cm. Sedangkan defleksi lateral sebesar 1,09 cm dengan besaran maksimal yang dipersyaratkan maksimal adalah 2,5 cm. Maka, dapat disimpulkan bahwa penurunan dan defleksi lateral fondasi tersebut memenuhi syarat.
  - c) Analisis perhitungan penulangan fondasi menggunakan *software PCA Coloumn*. Tulangan utama yang digunakan untuk *bore pile* adalah 12D19 dan *beugel* spiral menggunakan  $\emptyset 10$ . Dilihat dari diagram beban aksial (P) terhadap momen lentur ( $M_x$ ) tulangan tersebut memenuhi syarat.
3. Dalam proses analisis perencanaan fondasi, penulis menggunakan 2 pilihan jenis fondasi sebagai bahan pertimbangan. Fondasi yang pertama adalah fondasi bore pile dan yang kedua adalah fondasi sumuran.

- a) Pada fondasi bore pile direncanakan menggunakan diameter 0,5 meter dengan kedalaman 4 meter. Dalam 1 kelompok tiang terdiri dari 4 tiang bore pile. Dari hasil perhitungan daya dukung fondasi kelompok tiang diperoleh faktor aman fondasi terhadap beban aksial sebesar 2,484. Penurunan yang terjadi pada fondasi sebesar 0,15382 cm dan defleksi lateral sebesar 1,09 cm yang artinya sudah memenuhi syarat maksimum yang diizinkan. Tulangan pokok yang digunakan adalah 12 D19 dan beugel spiral  $\emptyset 10$ .
- b) Fondasi sumuran direncanakan menggunakan diameter 1,6 meter dengan kedalaman 4 meter. Hasil perhitungan daya dukung fondasi diperoleh faktor aman daya dukung izin ( $Q_a$ ) terhadap beban aksial ( $P$ ) sebesar 1,0626. Penurunan yang terjadi pada fondasi sebesar 0,20044 cm dan defleksi lateral sebesar 0,96 cm yang artinya sudah memenuhi syarat maksimum yang diizinkan. Tulangan pokok yang digunakan adalah 24 D22 dan beugel spiral  $\emptyset 13$ .

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan kesimpulan diatas, terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut :

- a) Untuk hasil perencanaan fondasi yang lebih akurat sebaiknya dilakukan uji lab tanah agar diketahui secara riil kondisi tanah di lokasi tersebut.
- b) Dalam proses pemilihan fondasi yang digunakan sebaiknya dipertimbangkan secara rinci agar didapat fondasi yang efisien.
- c) Selain pertimbangan teknis, pemilihan fondasi juga harus mempertimbangkan aspek ekonomi dan kemudahan mobilisasi alat maupun bahan.

## DAFTAR PUSTAKA

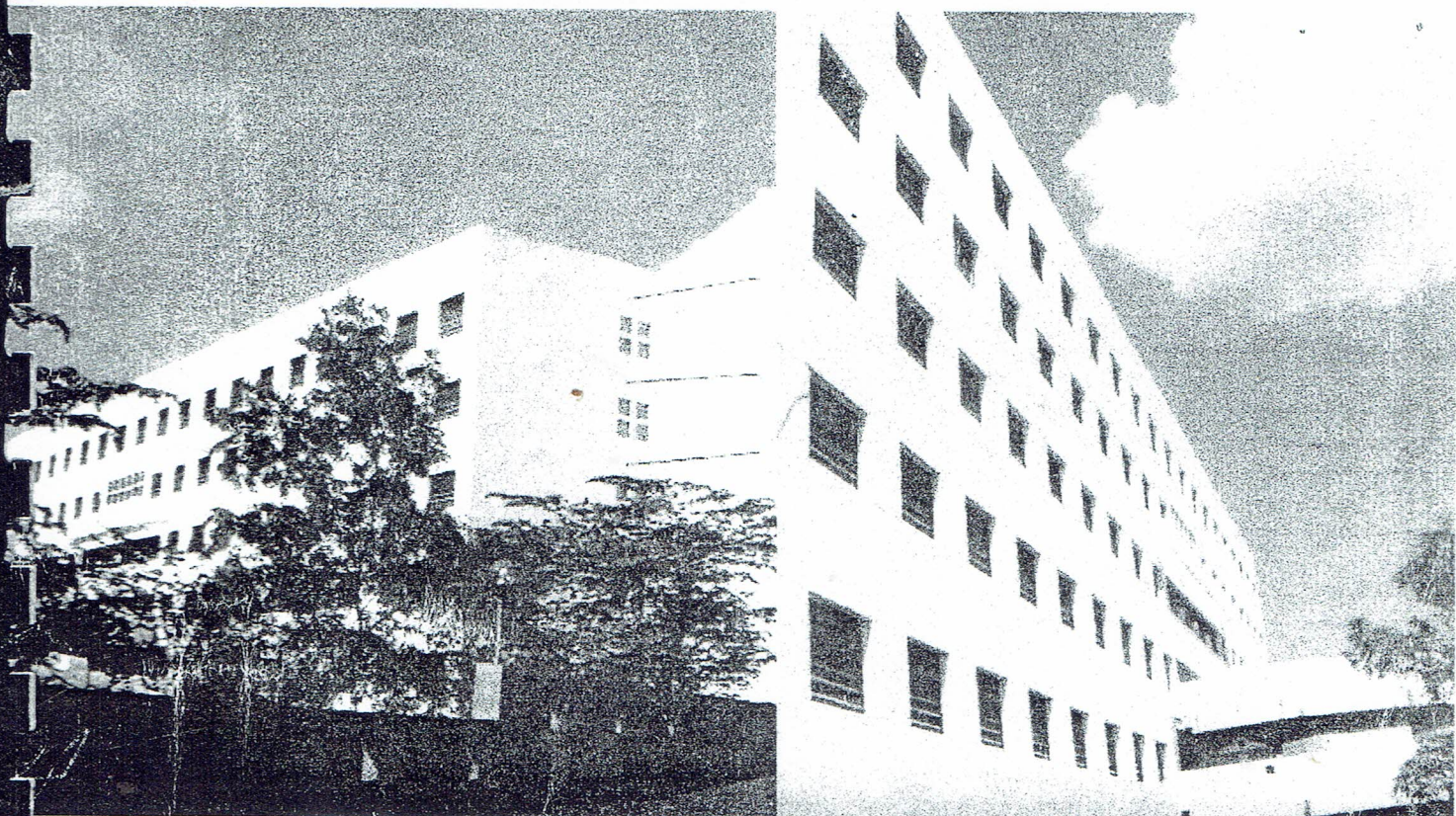
- 1727:2020, SNI. 2020. "SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain." *Jakarta*, no. 8, 1–336.
- Bowles, Joseph E. 1997. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1995. "Mekanika Tanah Jilid 1(Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik." *Penerbit Erlangga*, 1–300.
- Data BPS 2023. 2023. "Jumlah Rumah Sakit Umum, Rumah Sakit Khusus, Puskesmas, Klinik Pratama, dan Posyandu Menurut Kecamatan di Kota Salatiga, 2021 - 2023." 2023. <https://salatigakota.bps.go.id/id/statistics-table/1/OTI0IzE=/jumlah-rumah-sakit-umum--rumah-sakit-khusus--puskesmas--klinik-pratama--dan-posyandu-menurut-kecamatan-di-kota-salatiga--2021---2023.html>.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2001. *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka Utama.
- . 2008. "Teknik Fondasi II." *Gajah Mada University Press*, 316.
- Istimawan Dipohusodo. 1999. *STRUKTUR BETON BERTULANG*. Jakarta.
- Robertson dan Campanella. 1983. "SPT-CPT Correlations-Robertson et al-ASCE JGE1983," 6.
- SNI 2847. 2019. "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019," no. 8, 10340.

# LAMPIRAN



LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

**RSU PURI ASIH  
JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169  
SALATIGA  
JAWA TENGAH**



AGUSTUS 2019

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

JL. Pawiyatan Luhur IV/1 Benda Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555, 8505003 (hunting) Fax. (024) 8415429 - 8445265  
e-mail: [unika@unika.ac.id](mailto:unika@unika.ac.id) <http://www.unika.ac.id>

**Unika**   
**SOEGIJAPRANATA**





Laporan Penyelidikan Tanah

**RSU PURI ASIH  
JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169  
SALATIGA  
JAWA TENGAH**

**A. Pendahuluan**

Penyelidikan tanah merupakan langkah awal dalam merencanakan suatu konstruksi bangunan. Pondasi merupakan konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menopang beban – beban bangunan di atasnya.

**B. Lingkup Penyelidikan Tanah**

Lingkup penyelidikan tanah yang kami lakukan dengan menggunakan :

- a. CPT (Cone Penetration Test) atau dikenal dengan Sondir dengan kapasitas 2.5 ton, dengan jumlah titik sondir yang kami selidiki berjumlah 3 titik .
- b. Pengamatan ketinggian muka air tanah

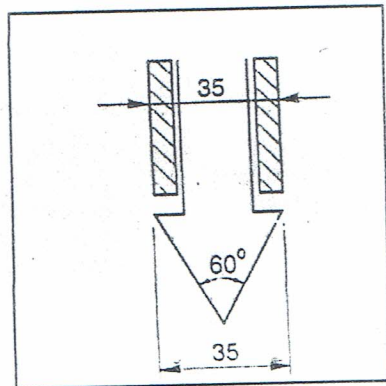
**C. Prosedure Penyelidikan Tanah**

CPT/sondir pertama kali dipakai 1917 oleh dan dipopulerkan pada tahun 1932 di Nderland. CPT disebut pula DCP = Dutch Cone Penetration Test. Diperkenalkan secara luas oleh Sanglerat (1972), dan Broms – Flodin (1932).

Uji sondir, pengujian sondir termasuk in situ testing. Insitu Testing= Uji Langsung/investigasi di lapangan dan mendapatkan hasil uji saat itu juga. Rangkaian pipa yang ujungnya terdapat conus. Rangkaian pipa dengan rod baja didalamnya yang menekan conus ke dalam tanah yang dibaca sebagai



bacaan tahan ujung conus / conus resistance ( $q_c$ ) dan gerakan selimut pipa baja dibaca sebagai tahanan selimut / sleeve friction ( $f_s$ ).



Gambar 1 : Potongan Pipa dan Rod Sondir

#### D. Tujuan Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah yang kami lakukan ini merupakan bagian dari perencanaan RUMAH SAKIT .

#### E. Lokasi Pengujian

Jl. Jend Sudirman No.169 Salatiga

Denah titik uji sondir dapat dilihat pada printout grafik sondir .

#### F. Kondisi Lapangan

Lokasi penyelidikan tanah adalah relatif datar, sudah ada bangunan.

Penelitian ini guna melengkapi ijin IMB .

Bagian depan adalah jalan Jend Sudirman , belakang berbatasan dengan rumah tinggal , kiri berbatasan dengan lahan kosong sedangkan bagian kanan berbatasan dengan jalan kampung .

**G. Hasil Penyelidikan Tanah di Lapangan Dengan Sondir**

Asumsi permukaan tanah tiap titik sondir adalah  $\pm 0.00$  m,

Semua titik sondir **DAPAT MENCAPAI TANAH KERAS**,

S1 kedalaman tanah keras 1.20 m

S2 kedalaman tanah keras 2.60 m

S3 kedalaman tanah keras 3.00 m

Semua pengujian penelitian tanah mencapai nilai  $q_c$  150 kg/cm<sup>2</sup>.

Muka air tanah tidak dapat ditemukan.

**H. Rekomendasi**

Setelah mempertimbangkan lokasi dan kondisi tanah, maka kami merekomendasikan pondasi dangkal :

**Alternatif 1 :**

Pondasi sumuran dengan kedalaman berkisar - 3.00 m

Ø 0.80 meter, beban ijin berkisar ( $Q_a$ ): 40 ton

Ø 1.00 meter, beban ijin berkisar ( $Q_a$ ): 60 ton

Untuk safety factor (SF) = 2

**Alternatif 2 :**

Pondasi dangkal dengan kedalaman berkisar -2.00 .

Pondasi telapak atau pondasi lanjur ukuran (2 m x 2 m) , *bearing capacity ultimate* (daya dukung ultimate =  $q_u$ ) yang disarankan berkisar = 1 kg/cm<sup>2</sup>

atau beban ijin ( $Q_a$ ) = 10 ton

Untuk safety factor (SF) = 2



FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax.(024) 8415429 - 8445265  
e-mail:unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



**I. Penutup**

Demikianlah laporan hasil penyelidikan tanah untuk bangunan RSU PURI ASIH Jl. Jend Sudirman No. 169 Salatiga . Semoga laporan ini dapat bermanfaat dalam mendirikan bangunan,dan bila ada alternatif jenis pondasi lain yang akan digunakan, data hasil penyelidikan tanah ini dapat dipakai dalam perencanaan.

Atas kepercayaan yang telah diberikan dan kerjasamanya ,kami mengucapkan terima kasih.

Semarang, 28 Agustus 2019

  
R. Budi Setiyadi, MT  
Ka. Lab. Mekanika Tanah  
FAKULTAS TEKNIK  
LAB MEKANIKA TANAH

**LAMPIRAN**

**PRINT OUT HASIL UJI SONDIR**

Lab Mektan

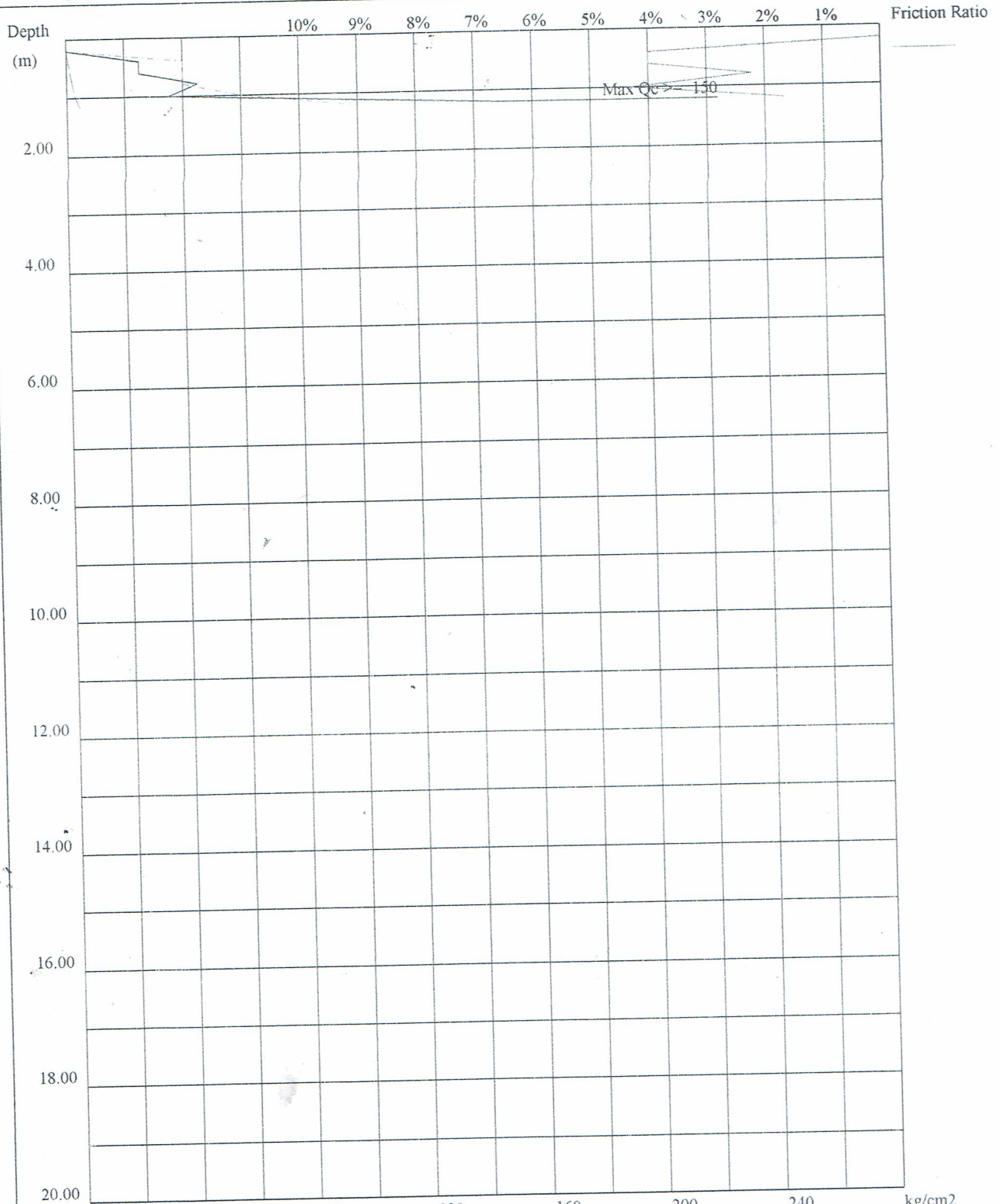
FT Sipil

# CONE PENETRATION TEST

Page 1 of 1

Project : RSU PURI ASIH  
 Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA  
 Test Point : 1 X-coord : 0.000 m  
 Test Date : 28 AGUSTUS 19 Y-coord : 0.000 m  
 Test By : andhi Z-coord : 0.000 m

Capacity : 2.5 t  
 G.W.L : 0.00 m  
 Depth-H : 1.20 m  
 Final-Qc : 150.00 kg/cm<sup>2</sup>



0	End-Qc	—————	80	120	160	200	240	kg/cm <sup>2</sup>
0	Local Fr	-----	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	kg/cm <sup>2</sup>
0	Total Fr	-----	2400	3600	4800	6000	7200	kg/cm



FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax.(024) 8415429 - 8445265  
e-mail:unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



CPT V.2.0

Cone Penetration Test

Project : RSU PURI ASIH

Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA

Job No : 1

Point : 1

Test No : 1

Test By : andhi

Test Date : 28 AGUSTUS 19

No.	Depth (m)	R1	R2	LF	LFF	TF	FR
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.4	25.00	35.00	1.00	20.00	20.00	4.00
3	0.6	25.00	35.00	1.00	20.00	40.00	4.00
4	0.8	45.00	55.00	1.00	20.00	60.00	2.22
5	1.0	35.00	50.00	1.50	30.00	90.00	4.29
6	1.2	150.00	175.00	2.50	50.00	140.00	1.67

Lab Mektan

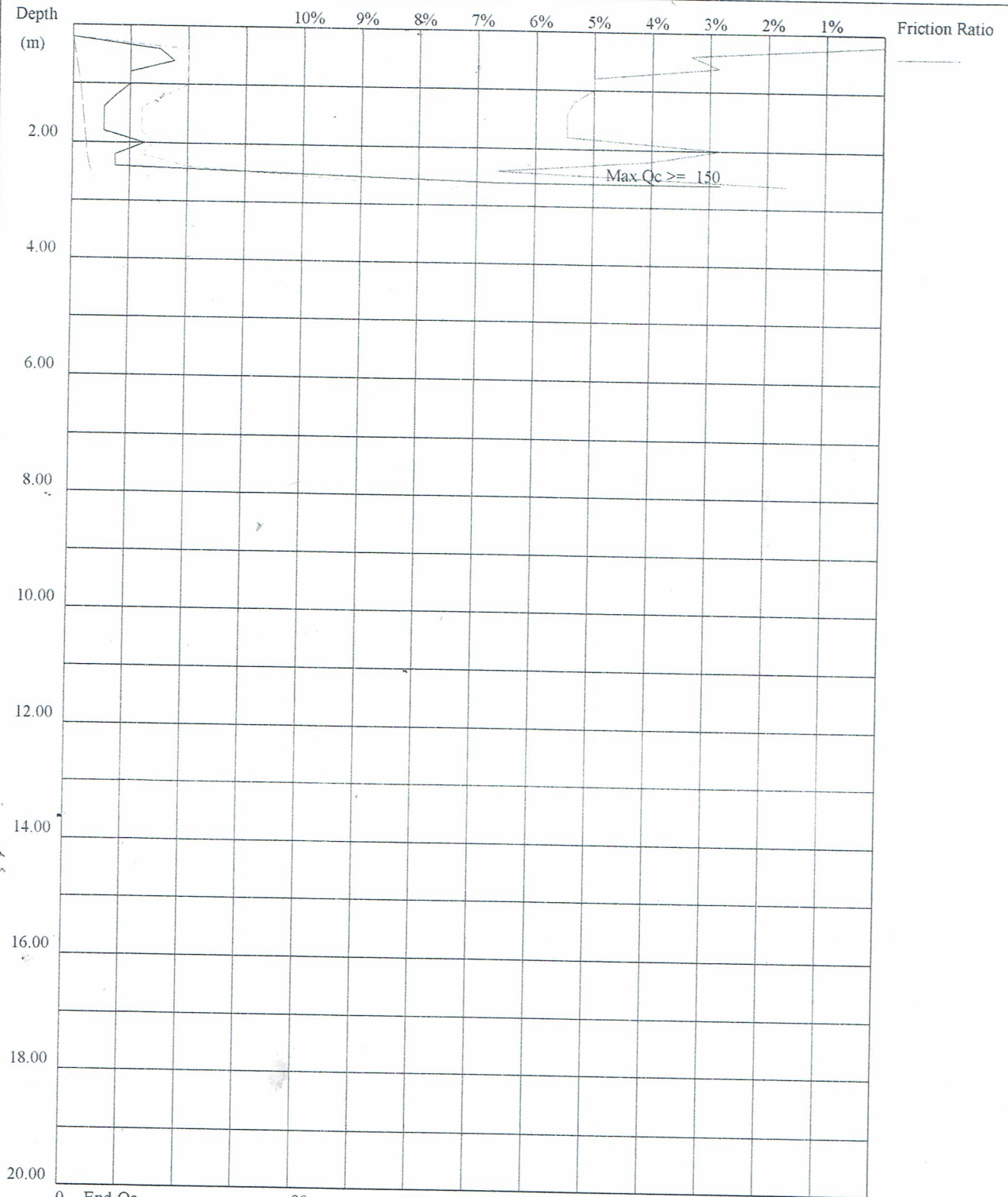
FT Sipil

# CONE PENETRATION TEST

Page 1 of 1

Project : RSU PURI ASIH  
Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA  
Test Point : 2 X-coord : 0.000 m  
Test Date : 28 AGUSTUS 19 Y-coord : 0.000 m  
Test By : andhi Z-coord : 0.000 m

Capacity : 2.5 t  
G.W.L : 0.00 m  
Depth-H : 2.60 m  
Final-Qc : 150.00 kg/cm<sup>2</sup>



0	End-Qc	80	120	160	200	240	kg/cm <sup>2</sup>
0	Local Fr	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	kg/cm <sup>2</sup>
0	Total Fr	2400	3600	4800	6000	7200	kg/cm

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax.(024) 8415429 - 8445265  
e-mail:unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



CPT V.2.0

Cone Penetration Test

Project : RSU PURI ASIH

Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA

Job No : 2

Point : 2

Test No : 2

Test By : andhi

Test Date : 28 AGUSTUS 19

No.	Depth (m)	R1	R2	LF	LEF	TF	FR
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.4	30.00	40.00	1.00	20.00	20.00	3.33
3	0.6	35.00	45.00	1.00	20.00	40.00	2.86
4	0.8	20.00	30.00	1.00	20.00	60.00	5.00
5	1.0	20.00	30.00	1.00	20.00	80.00	5.00
6	1.2	15.00	23.00	0.80	16.00	96.00	5.33
7	1.4	11.00	17.00	0.60	12.00	108.00	5.45
8	1.6	11.00	17.00	0.60	12.00	120.00	5.45
9	1.8	11.00	17.00	0.60	12.00	132.00	5.45
10	2.0	25.00	32.00	0.70	14.00	146.00	2.80
11	2.2	15.00	21.00	0.60	12.00	158.00	4.00
12	2.4	15.00	25.00	1.00	20.00	178.00	6.67
13	2.6	150.00	175.00	2.50	50.00	228.00	1.67

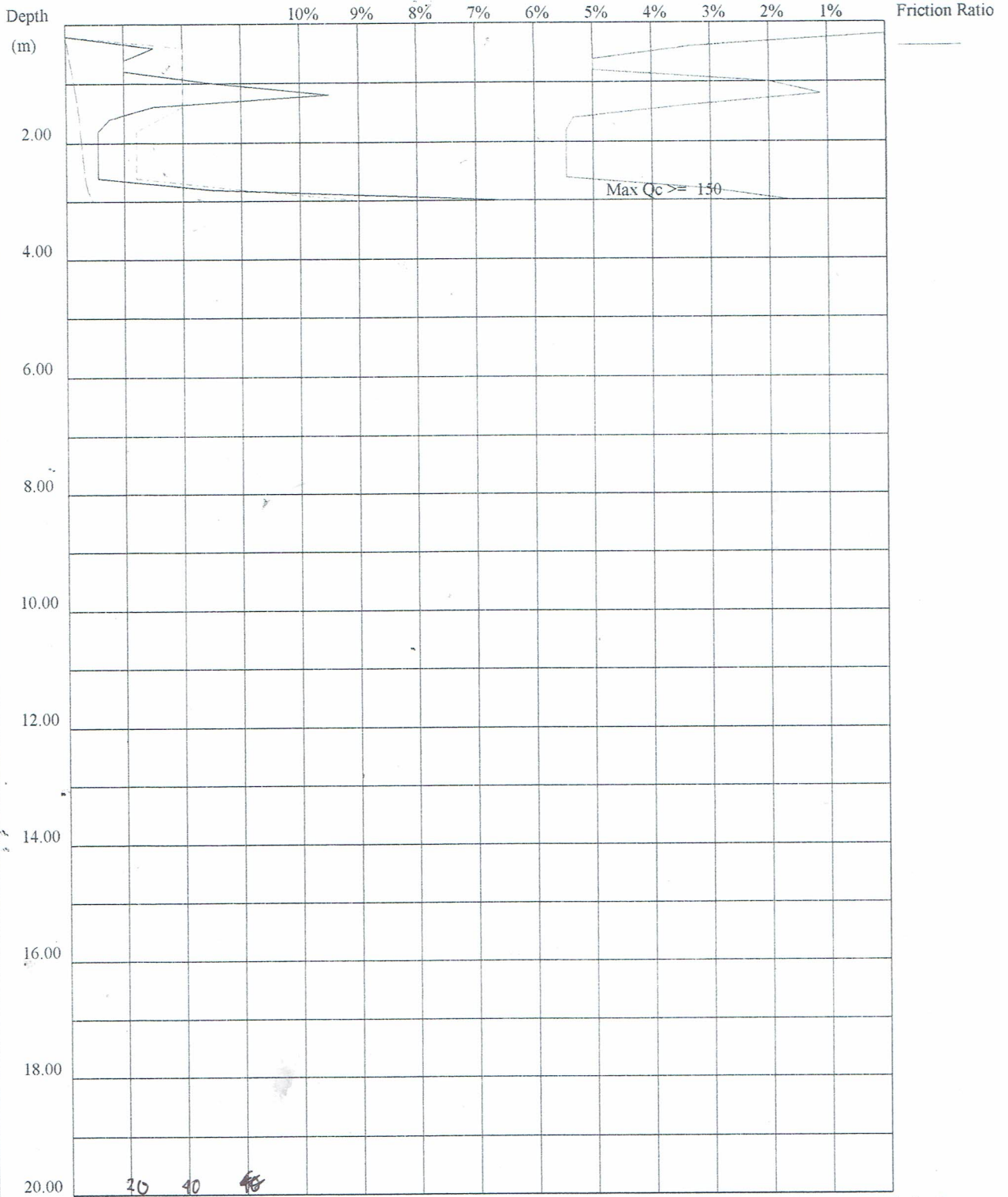


Lab Mektan  
FT Sipil

# CONE PENETRATION TEST

Page 1 of 1

Project : RSU PURI ASIH  
 Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA  
 Test Point : 3 X-coord : 0.000 m  
 Test Date : 28 AGUSTUS 19 Y-coord : 0.000 m  
 Test By : andhi Z-coord : 0.000 m  
 Capacity : 2.5 t  
 G.W.L : 0.00 m  
 Depth-H : 3.00 m  
 Final-Qc : 150.00 kg/cm<sup>2</sup>



0	End-Qc	—————	80	120	160	200	240	kg/cm <sup>2</sup>
0	Local Fr	- - - - -	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	kg/cm <sup>2</sup>
0	Total Fr	- - - - -	2400	3600	4800	6000	7200	kg/cm

**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
 Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
 Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax.(024) 8415429 - 8445265  
 e-mail:unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



CPT V.2.0

Cone Penetration Test

Project : RSU PURI ASIH

Location : JL. JEND. SUDIRMAN NO. 169 SALATIGA

Job No : 3

Point : 3

Test No : 3

Test By : andhi

Test Date : 28 AGUSTUS 19

No.	Depth (m)	R1	R2	LF	LFF	TF	FR
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.4	30.00	40.00	1.00	20.00	20.00	3.33
3	0.6	20.00	30.00	1.00	20.00	40.00	5.00
4	0.8	20.00	30.00	1.00	20.00	60.00	5.00
5	1.0	50.00	60.00	1.00	20.00	80.00	2.00
6	1.2	90.00	100.00	1.00	20.00	100.00	1.11
7	1.4	30.00	40.00	1.00	20.00	120.00	3.33
8	1.6	15.00	23.00	0.80	16.00	136.00	5.33
9	1.8	11.00	17.00	0.60	12.00	148.00	5.45
10	2.0	11.00	17.00	0.60	12.00	160.00	5.45
11	2.2	11.00	17.00	0.60	12.00	172.00	5.45
12	2.4	11.00	17.00	0.60	12.00	184.00	5.45
13	2.6	11.00	17.00	0.60	12.00	196.00	5.45
14	2.8	50.00	65.00	1.50	30.00	226.00	3.00
15	3.0	150.00	175.00	2.50	50.00	276.00	1.67

**LAMPIRAN**

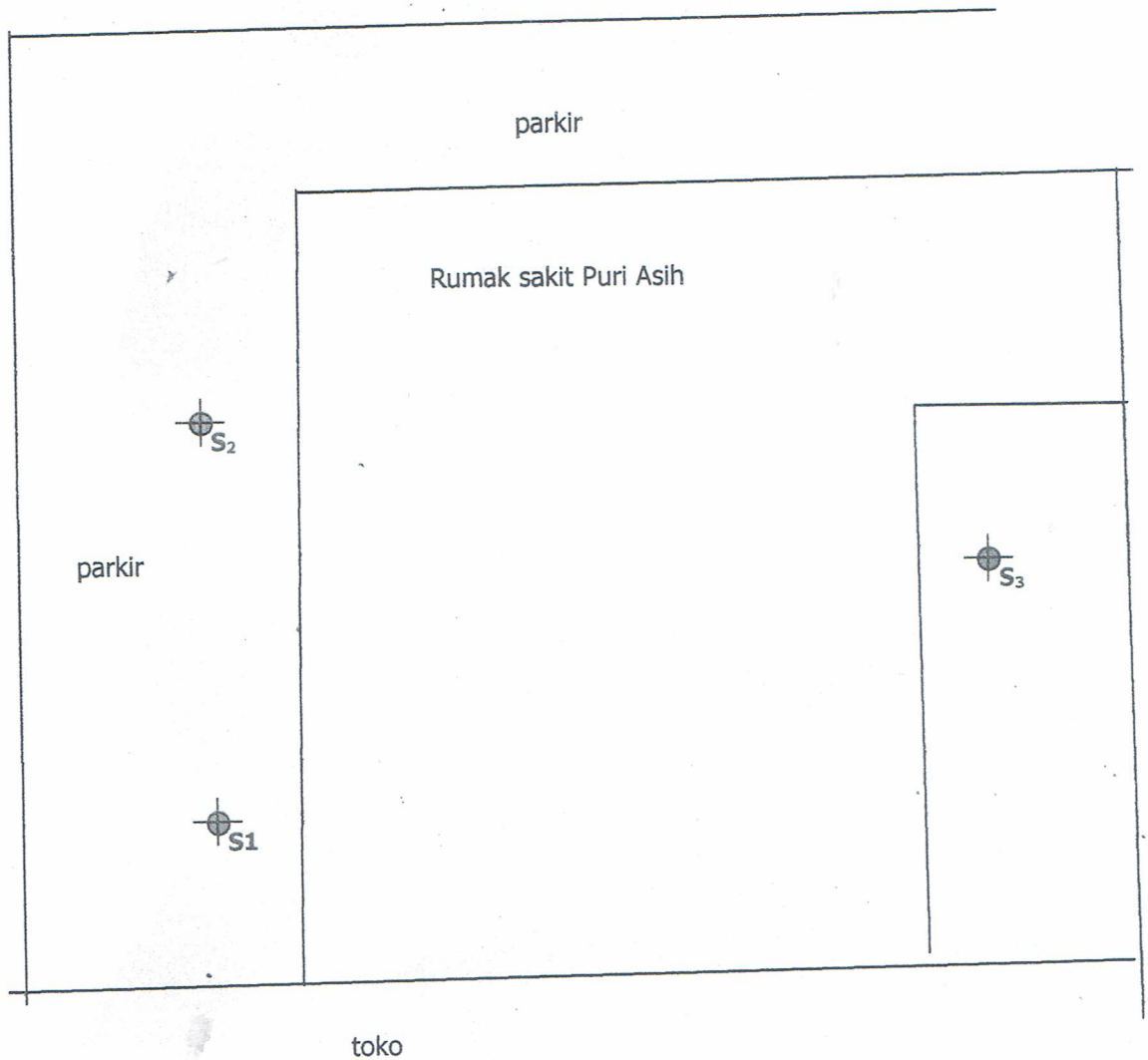
**DENAH TITIK SONDIR**

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Benda Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555, 8505003 (hunting) Fax. (024) 8415429 - 8445265  
e-mail: unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



Jl. Jend Sudirman



Gambar 1 : Denah Titik Sondir RS Puri Asih Jl. Jend. Sudirman No 169  
Salatiga



**LAMPIRAN**

**DOKUMENTASI**



**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax.(024) 8415429 - 8445265  
e-mail:unika@unika.ac.id <http://www.unika.ac.id>



**DOKUMENTASI UJI SONDIR  
RSU PURI ASIH  
JL. JEND SUDIRMAN NO. 169 - SALATIGA**



**Titik Uji \$1**



**Titik Uji \$1**



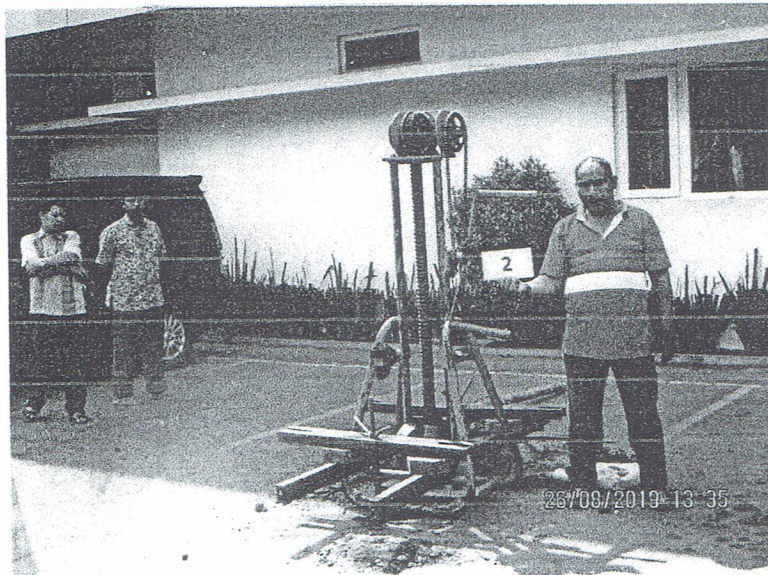
**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555, 8505003 (hunting) Fax. (024) 8415429 - 8445265  
e-mail: unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



**DOKUMENTASI UJI SONDIR  
RSU PURI ASIH  
JL. JEND SUDIRMAN NO. 169 - SALATIGA**



**Titik Uji \$2**



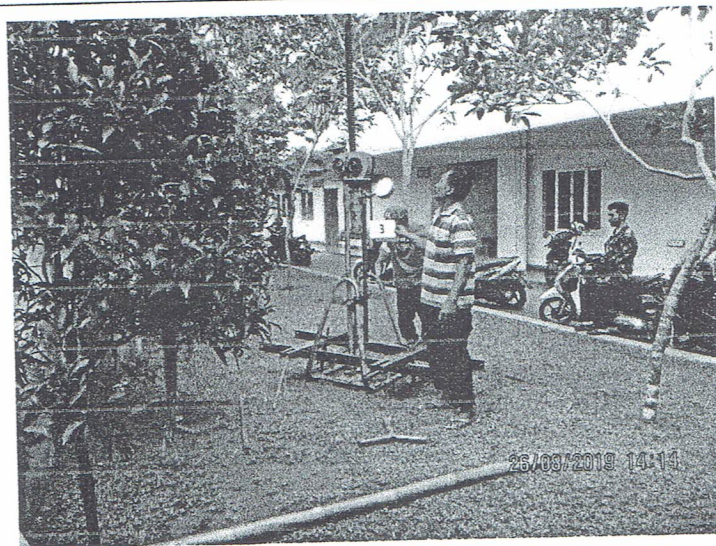
**Titik Uji \$2**



**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234  
Telp. (024) 8441555,8505003 (hunting) Fax. (024) 8415429 - 8445265  
e-mail:unika@unika.ac.id http://www.unika.ac.id



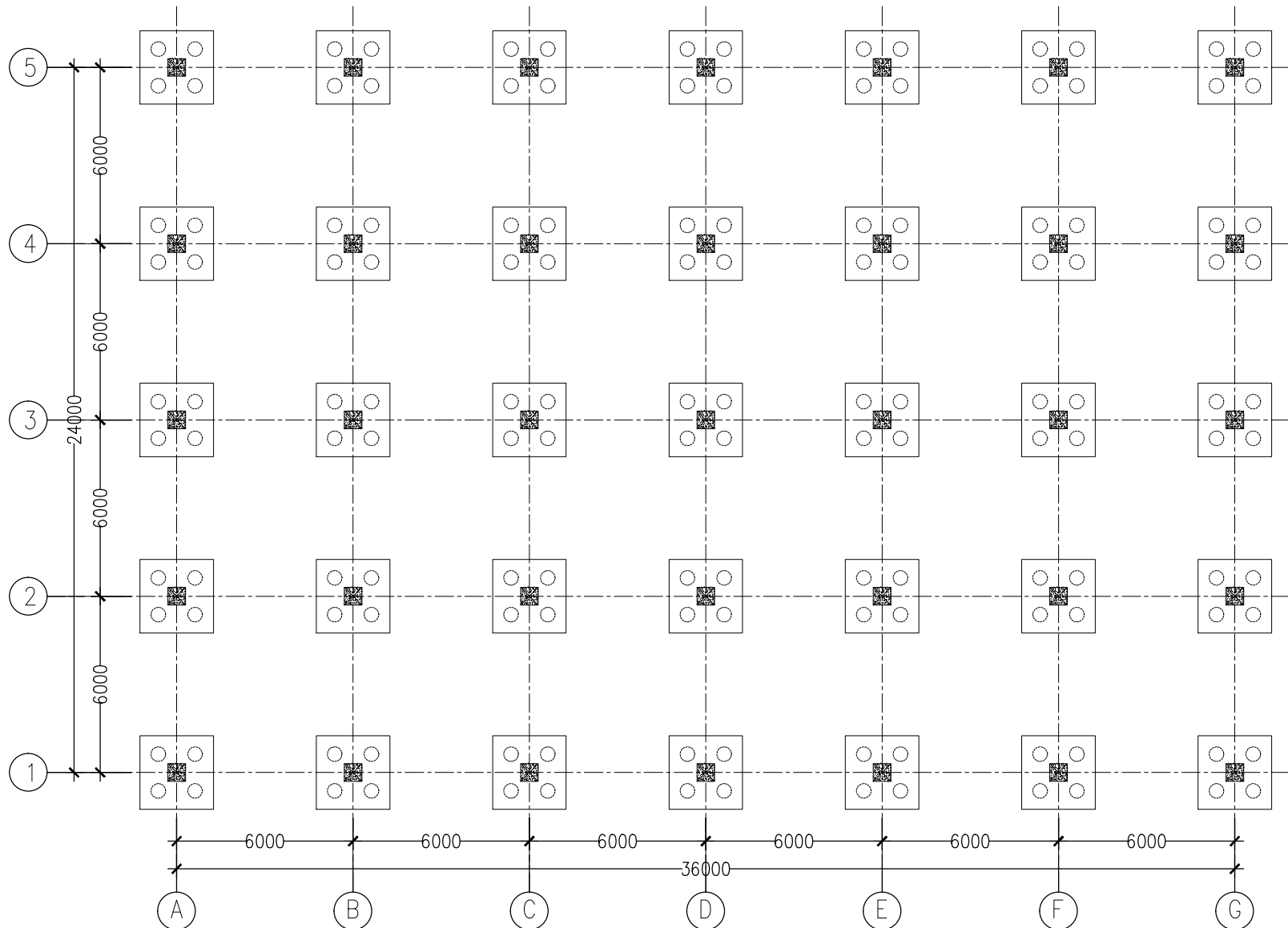
**DOKUMENTASI UJI SONDIR  
RSU PURI ASIH  
JL. JEND SUDIRMAN NO. 169 - SALATIGA**



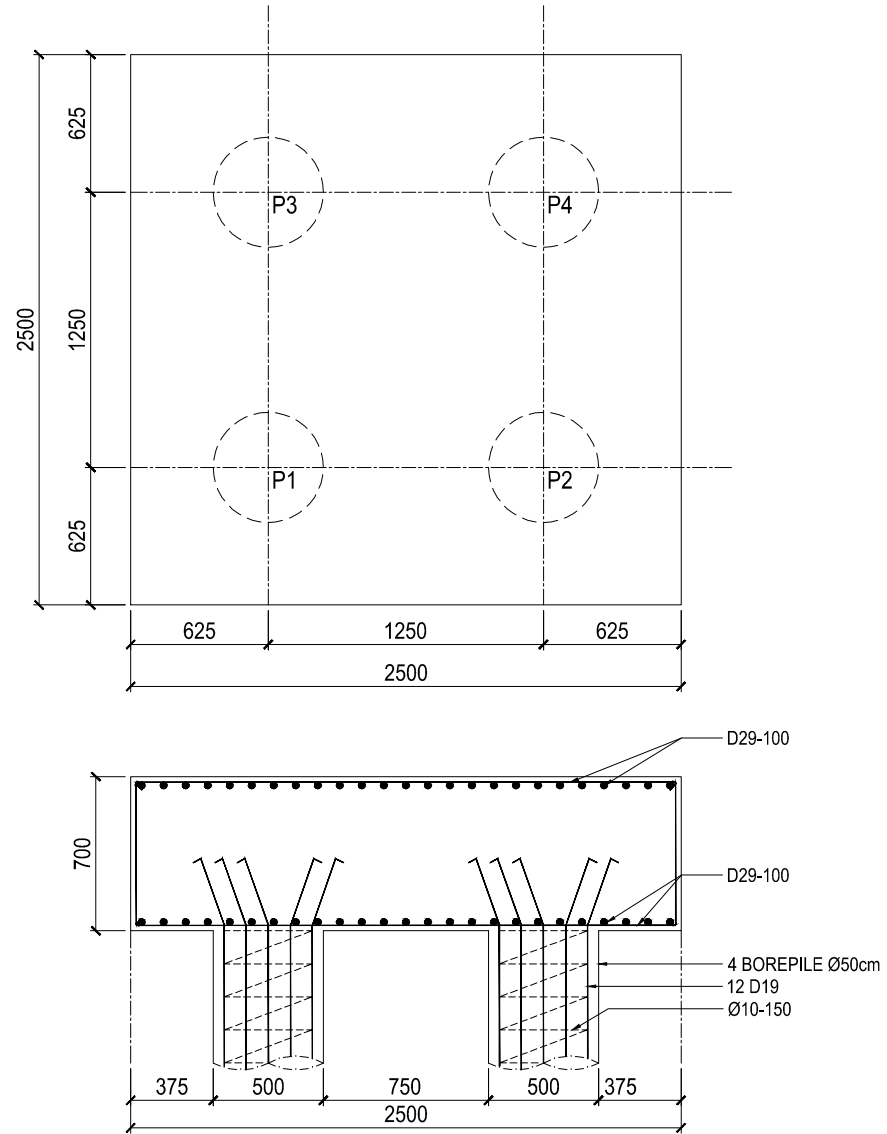
**Titik Uji \$3**



**Titik Uji \$3**



KONTRAKTOR	PROYEK	PEMILIK PROYEK	PIMPINAN PROYEK	DRAFTER	CATATAN	DIPERIKSA	JUDUL		
	RS PURI ASIH SALATIGA SALATIGA						DENAH RENCANA FONDASI BOREPILE		
	LOKASI					DISETUJUI	SKALA	KODE	HALAMAN
	Jl. JEND. SUDIRMAN No. 169, KOTA SALATIGA.			RIYO			1:125	ST 101	-



**DETAIL PILECAP + BOREPILE**

SKALA = 1 : 25

KONTRAKTOR	PROYEK	PEMILIK PROYEK	PIMPINAN PROYEK	DRAFTER	CATATAN	DIPERIKSA	JUDUL		
	RS PURI ASIH SALATIGA SALATIGA						DETAIL PONDASI BOREPILE		
	LOKASI					DISETUJUI	SKALA	KODE	HALAMAN
	Jl. JEND. SUDIRMAN No. 169, KOTA SALATIGA.			RIYO			1:25	ST 103	-