

Studi Review Desain Struktur Masjid Baitul Arham Kabupaten Sumenep
Study of the Structure Design Review of Baitul Arham Mosque, Sumenep Regency

Dio Indra Fahrezy¹⁾, Pujo Priyono²⁾, Arief Alihudien³⁾

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: Dio.indra007@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: Pujopriyono@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Masjid Al-Ashri, Pogung, DIY merupakan bangunan baru yang akan dibangun menggantikan bangunan sebelumnya yang memiliki kapasitas lebih kecil dari bangunan rancangan ini. Pembangunan Masjid Baitul Arham menggunakan pondasi straus diameter 30 cm, sedalam 10 m, yang mempunyai kuat dukung tanah yang sudah melebihi gaya luar yang terjadi pada pondasi. Kegiatan yang dilakukan ini adalah mengenai kajian struktur gedung Masjid Baitul Arham Sumenep berdasarkan desain gambar rencana, kajian ini meliputi predimensi dan perancangan struktur atas dan struktur pondasi, yang dianalisis menggunakan software SAP2000 v24 untuk desain. Pada 7 desember 2016 gempa sebesar 6.4 SR menimpa masjid tua teungku, tetapi pada struktur masjid sendiri masih berfungsi dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan nilai keandalan bangunan sebesar 70,6 % dengan katagori “sedang” yang berarti bahwa komponen bangunan masih berfungsi dengan baik, sementara penurunan kekokohan sebesar 29,4%. Metode pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode observasi (akses langsung ke lokasi) dan metode pengambilan data. Sumber data penelitian ini berdasarkan data primer dan data sekunder.

Kata Kunci: *Gempa Bumi, Masjid Al-Ashri, Struktur Bangunan Lama, SAP 2000*

Abstract

Al-Ashri Mosque, Pogung, DIY is a new building that will be built to replace the previous building which has a smaller capacity than this design building. The construction of the Baitul Arham Mosque uses a straus foundation with a diameter of 30 cm, a depth of 10 m, which has a soil bearing strength that exceeds the external forces that occur in the foundation. The activity carried out is regarding the study of the structure of the Baitul Arham Sumenep Mosque building based on the design plans, this study includes pre-dimensional and design of superstructures and foundation structures, which are analyzed using SAP2000 v24 software for design. On December 7, 2016 an earthquake of 6.4 on the Richter scale struck the old Teungku mosque, but the structure of the mosque itself is still functioning properly. The results showed that the reliability value of the building was 70.6% with the "moderate" category, which means that the building components were still functioning properly, while the decrease in robustness was 29.4%. The data collection method was carried out using the observation method (direct access to the location) and data collection methods. The data source of this research is based on primary data and secondary data.

Keywords: *Earthquake, Al-Ashri Mosque, Old Building Structures, SAP 2000*

1. PENDAHULUAN

Desa Pabian, Kecamatan Kota Sumenep, Kabupaten Sumenep merupakan salah satu wilayah di Pulau Madura yang mengalami perkembangan cukup pesat baik di bidang ekonomi maupun di sosial budaya.

Masjid Baitul Arham di Kabupaten Sumenep beralamat di Jl. Slamet Riyadi, Bereksook, Desa Pabian, Kecamatan Kota Sumenep, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur 69417. Rehabilitasi Masjid Baitul Arham Kabupaten Sumenep dimaksudkan untuk mencetak kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) berkarakter kebangsaan Indonesia yang kuat. Sasaran prioritasnya adalah masyarakat Desa Pabian dan Kota Sumenep pada khususnya, serta masyarakat Madura dan Jawa Timur pada umumnya.

Perencanaan pondasi merupakan bagian penting dari rencana bangunan. Pondasi adalah struktur bawah bangunan yang langsung terhubung dengan tanah yang merupakan struktur penahan beban dari atas yang akan menyalurkan beban bangunan ke dalam tanah. Jika beban yang disalurkan ke tanah oleh pondasi tidak melebihi kekuatan pondasi yang bersangkutan, maka perencanaan pondasi dalam dikatakan benar. Sedangkan kekuatan pondasi ditentukan oleh kekuatan tanah dan kekuatan material.

Pembangunan Masjid Baitul Arham menggunakan pondasi straus diameter 30 cm, sedalam 10 m, yang mempunyai kuat dukung tanah yang sudah melebihi gaya luar yang terjadi pada pondasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai pendukung pondasi dari bangunan.

Pondasi

Pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang

menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna, dan gaya-gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain.

Secara umum, pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Namun demikian fungsi pondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya:

- Untuk memikul beban-beban dari struktur atas.
- Untuk menahan gaya angkat (up-lift force) pada pondasi atau dok di bawah muka air.
- Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian ditarik lagi.
- Untuk mengurangi penurunan.
- Untuk memperkaku tanah di bawah pondasi mesin, mengurangi amplitude getaran dan frekuensi alamiah dari sistem.
- Untuk memberikan tambahan faktor keamanan.
- Untuk menahan longsor atau sebagai soldier piles (Rahardjo, 2000).

Pondasi Bore Pile

Pondasi tiang bor mempunyai karakteristik khusus karena cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaan perilakunya di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut diantaranya:

- Tiang bor dilaksanakan dengan menggali lubang bor dan mengisinya dengan material beton, sedangkan tiang pancang dimasukan ke tanah dengan mendesak tanah disekitarnya (displacement pile).
- Beton dicor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing di bawah tanah.

Perancangan Pondasi Tiang Bor

Daya dukung pondasi tiang bor mengikuti rumus umum yang diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung dan tahanan selimut tiang. Sebagaimana formula umum dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana:

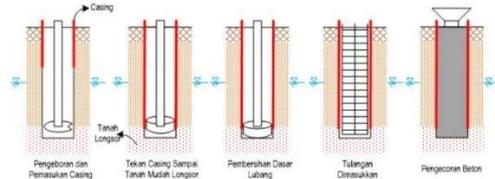
$$Q_u = \text{Daya dukung ultimit tiang (ton).}$$

Q_p = Daya dukung ultimit ujung tiang (ton).

Q_s = Daya dukung ultimit selimut tiang (ton) (Rahardjo, 2000)

Jenis-jenis Pondasi Tiang Bor

Ada berbagai jenis pondasi tiang bore, yaitu :



Gambar 1. Macam-macam pondasi tiang bore
Sumber : Pencarian di internet.

Metode Pelaksanaan Bore Pile

- Persiapan Lokasi Pekerjaan (Site Preparation)
 Pelajari Lay-out pondasi dan titik-titik bore pile, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.
- Rute/ Alur Pengeboran
 Merencanakan alur/urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, Excavator, Crane dan Truck Mixer dapat termobilisasi tanpa halangan.
- Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi
 Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bore pile dengan bantuan alat Theodolit.
- Pemasangan Stand Pipe/ Casing
 Setelah mencapai suatu kedalaman yang mencukupi untuk menghindari tanah di tepi lubang berguguran maka perlu dipasang casing, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter dalam kurang lebih sama dengan diameter lubang bor.
- Pembuatan Drainase dan Kolam Air.
 Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran.
- Setting Mesin RCD (RCD Machine Instalation)

Setelah semua selesai, kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut:

Teori Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (1996), analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Persamaan-persamaan daya dukung tanah yang diusulkan, umumnya didasarkan pada **persamaan**

Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Dimana:

- τ = s = Tahanan geser tanah
- c = Kohesi tanah
- ϕ = Sudut gesek dalam tanah
- σ = Tegangan normal

Analisis Terzaghi

$$q_u = P_u/A$$

Dimana:

- q_u = Daya dukung ultimit.
- P_u = Beban ultimit.
- A = Luas pondasi.

Qult Daya Dukung Tanah

$$Q_{ult} = (q_c \times A_b) + (q_f \times O)$$

Dimana:

- Q_{ult} = kapasitas daya dukung ultimit (Ton)
- q_c = Perlawanan ujung konus tiang (Kg/cm^2)
- A_b = luas penampang tiang (cm^2)
- q_f = jumlah hambatan lekat (Kg/cm)
- O = keliling tiang (cm)

Daya Dukung Tiang Bore Pile Atas Bahan Bagian Ujung Tiang

$$P_{ijin} = A \cdot \sigma_b - W$$

Dimana, A adalah luas penampang bagian ujung tiang bore pile dan σ_b adalah tegangan ijin dukung beton = $0,2f'_c$ dan W adalah berat tiang borepile

Perilaku Kolon Dengan Beban Aksial Tekan

$$P_n = k_c f'_c A_c + f_y A_{st} + k_s f_{sy} A_{sp}$$

Dimana:

- P_n = gaya tekan nominal untuk kolom yang tulangan gesernya berupa spiral (kekuatan leleh dari kolom)
- k_c = 0,85
- f'_c = kekuatan beton karakteristik (contoh uji berupa silinder)
- f_y = tegangan leleh baja tulangan memanjang

A_{st} = luas tulangan memanjang
 k_s = konstanta = 1,5 s/d 2,5, dengan rata-rata 1,95
 f_{sy} = tegangan leleh baja tulangan spiral
 A_{sp} = luas tulangan spiral

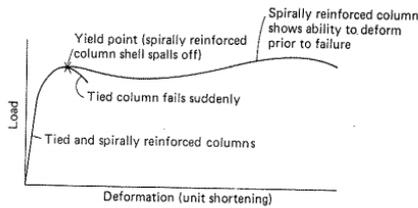


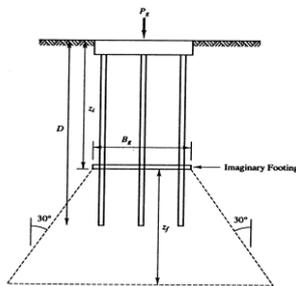
Figure 13.3.1 Typical load-deformation curves for tied and spirally reinforced columns.

Gambar 2. Tipikal kurva beban-deformasi untuk kolom dengan sengkang ikat dan spiral
 Sumber : Pencarian Internet

Penurunan Pondasi Tiang

Metode penurunan dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

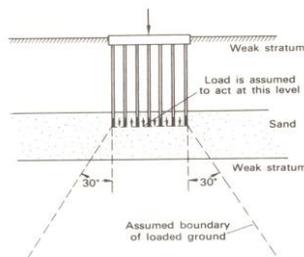
Friction Pile



Gambar 3. Penurunan Pondasi Tiang Friction Pile

Sumber : Pencarian Internet

End- Bearing Pile



Gambar 4. Penurunan Pondasi Tiang End-Bearing Pile

Sumber : Pencarian Internet

Penurunan Tiang Tunggal

Yaitu Penurunan akibat beban kerja vertikal Q_w . Untuk rumus nya yaitu sebagai berikut :

$S = S_1 + S_2 + S_3$
 S : Penurunan total
 S_1 : Penurunan batang tiang
 S_2 : Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

S_3 : Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang
 Menentukan S_1

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Q_{wp} : beban yang dipikul ujung tiang akibat beban kerja

Q_{ws} : beban yang dipikul selimut tiang akibat beban kerja

L : panjang tiang

A_p : Luas penampang tiang

E_p : modulus elastisitas tiang

Menentukan S_2 Vesic (1977) Semiempiris

$$S_2 = \frac{q_p C_p}{ED q_p}$$

q_p : tahanan ujung batas tiang

C_p : koefisien empiris

Tabel 1. Nilai C_p (vesic, 1997)

I	Tiang Pancang	Tiang bor
Pasir(Padatlepas)	0.02-0.04	0.09-0.18
Lempungan(Kaku-lunak)	0.02-0.03	0.03-0.06
Lanau (Padat-lepas)	0.03-0.05	0.09-0.12

Sumber : Rumus Vesic, 1997

Penurunan Tiang Kelompok

Menentukan S_3 Vesic (1977)

$$S_g(e) = \sqrt{\frac{1}{D_s} B_g}$$

$S_g(e)$: penurunan elastik tiang grup

B_g : lebar tiang kelompok

D : diameter satu tiang dalam kelompok

S : penurunan elastik tiang tunggal

Tiang kelompok dalam pasir dan kerikil Meyerhorf (1976)

$$S_g(e) = \sqrt{\frac{0,92q}{D_{corr}} B_g I}$$

$$q \text{ (kN/m}^2\text{)} = \frac{Q_g}{L_g B_g}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8B_g} \geq 0,5$$

L_g dan B_g : panjang dan lebar tiang grup

N_{corr} : N SPT koreksi rata-rata dalam daerah penurunan

I : faktor pengaruh

L : panjang tiang tertanam

3. METODELOGI

a. Data Umum

Rehabilitasi masjid baitul arham berada pada kabupaten sumenep, madura jawa timur

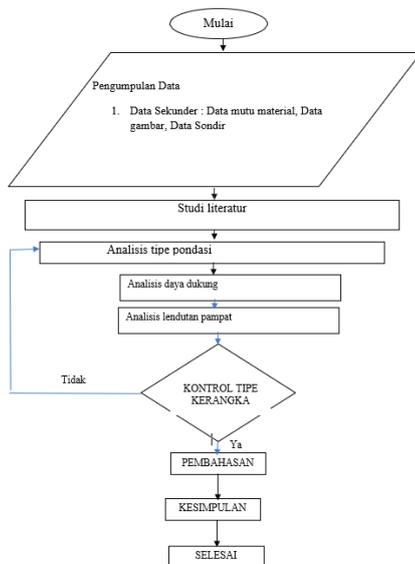
dengan tinggi bangunan 16 meter.



Gambar 5. Peta Lokasi

Sumber : Google earth

b. FLOWCHART



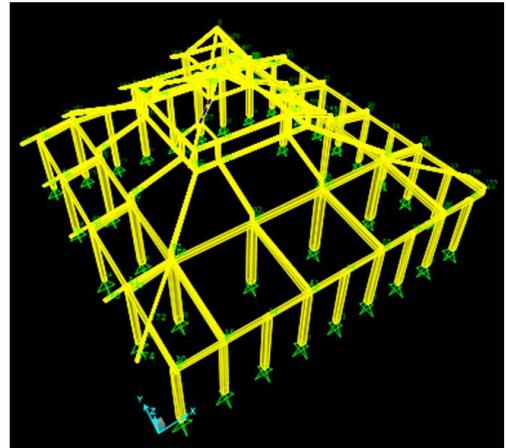
Gambar 6. Flowchart
 Sumber : Tugas Akhir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Struktur Masjid Baitul Arham Sumenep

Kajian pada penelitian ini meliputi predimensi dan perancangan struktur atas dan struktur pondasi, yang dianalisis menggunakan software SAP2000 v24 untuk desain.

b. Pemodelan Struktur Model 3d



Gambar 7. Pemodelan 3D Struktur Masjid Arham Sumenep

Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

- **Pembebanan**

- **Beban mati**

Pembebanan beban mati tambahan yang digunakan dihitung berdasarkan pada berat jenis material yang diperoleh dari standart yang berlaku.

Tabel 2. Beban Mati

No.	Material	Berat	Lebar	Jumlah	Satuan
1	Plafond kayu	8	1	10	kg/m ²
2	Penggantung	10	1	10	kg/m ²
3	Penutup atap	40	1	40	kg/m ²
4	M/E	19	1	15	kg/m ²
Total DL				75	kg/m ²

Sumber : Hasil Perhitungan

- **Beban hidup**

Berikut merupakan beban hidup pada bangunan majid arham ini :

Tabel 3. Beban Hidup

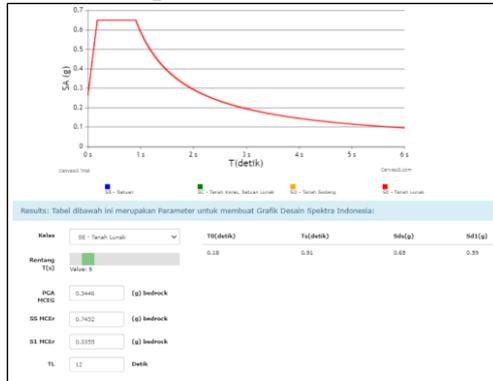
No.	Fungsi Lantai	Berat	Satuan
1	Orang	100	kg
2	Hujan	20	kg/m ²

Sumber : Hasil Perhitungan

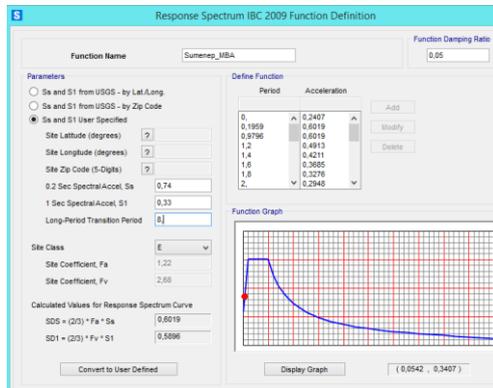
- **Beban Angin**

Mengacu Peraturan Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013), besarnya tekanan dinyatakan dalam kg/m², ditentukan dengan menaglikan tekanan tiup dengan koefisien-koefisien angin. Tekanan tiup yang diambil 40 kg/m²

• **Beban Gempa**



Gambar 8. Beban Gempa Masjid Arham Sumenep
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000



Gambar 9. Beban Gempa Masjid Arham Sumenep
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

• **Material**

○ **Sifat Material**

Sifat material struktur yang dapat digunakan pada seluruh desain struktur beton adalah :

- BJ Beton : 2400 kg/m³
- Rasio poisson : 0,2
- Berat jenis baja : 7560 kg/m³

• **Kekuatan Karakteristik**

Mutu beton (f'c) yang sesuai dengan elemen struktur adalah sebagai berikut :

- Beton Struktur Kolom, Balok : 26,4 Mpa, K-300
- Kuat leleh (Fy) baja tulangan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :
 - Untuk diameter ≥ 10 :

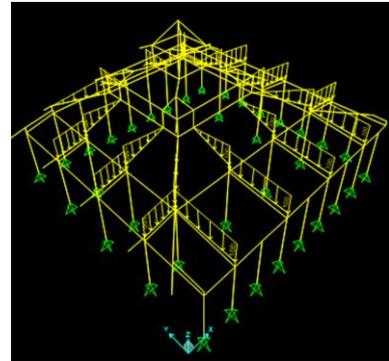
BJTD 40 Fy = 400 N/mm² (Tulangan Ulir)

- Untuk diameter ≤ 10 :

BJTD 24 Fy = 240 N/mm² (Tulangan Polos)

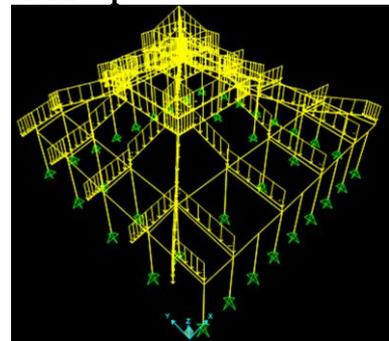
• **Pemodelan Distribusi Beban**

○ **Beban Mati**



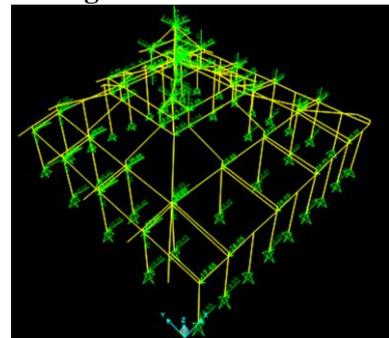
Gambar 10. Beban Mati Masjid Arham Sumenep
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

• **Beban Hidup**



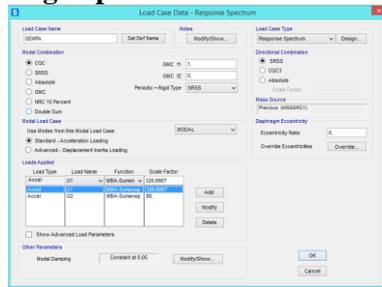
Gambar 11. Beban Hidup Masjid Arham Sumenep
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

• **Beban Angin**



Gambar 12. Beban Angin Masjid Arham Sumenep
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

• **Beban gempa**



Gambar 13. Beban Gempa Masjid Arham Sumenep

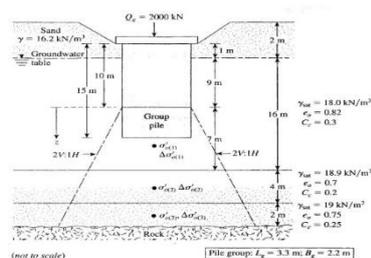
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

c. Analisis Reaksi dan Kuat Elemen Struktur

Untuk analisis reaksinya dilakukan dengan bantuan SAP 2000. Untuk hasilnya bisa dilihat pada lampiran penelitian ini.

d. Penurunan Tiang Pondasi

Tiang (0.3x0.3m, L=12m) dengan beban izin 337 kN. Jika 240 kN disumbangkan oleh tahanan gesek dan 97 merupakan tahanan ujung. Tentukan penurunan elastik tiang dengan $E_p=21 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ dan $E_s=30000 \text{ kN/m}^2$ dan $\mu=0.3$



Gambar 14. Penurunan Tiang Pondasi
Sumber : Hasil Pencarian Internet

Panjang tiang

$$L = 15 \text{ m.}$$

$$L' = \frac{2}{3} L$$

$$= \frac{2}{3} \times 15$$

$$= 10 \text{ m.}$$

Titik 1 :

$$\hat{\sigma}_0 = 16,2 \times 2 + (18,9 - 9,81) \times (9 + \frac{7}{2})$$

$$= 134,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{Q_g}{(B_g + Z_i)(L_g + Z_i)}$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{2000}{(3,3 + \frac{7,0}{2})(2,2 + \frac{7,0}{2})}$$

$$= 51,6 \text{ kN/m}^2$$

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} c_c \times \text{Log} \frac{(\hat{\sigma}_0 + \Delta \hat{\sigma})}{\hat{\sigma}_0}$$

$$S_{c1} = \frac{7}{1+0,82} 0,3 \times \text{Log} \frac{(134,8+51,6)}{134,8}$$

$$= 0,1624 \text{ m}$$

Titik 2 :

$$\hat{\sigma}_0 = 16,2 \times 2 + (189,81) \times (9+7) + (18,9 - 9,81) \times \frac{4}{2}$$

$$= 181,62 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{Q_g}{(B_g + Z_i)(L_g + Z_i)}$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{2000}{(3,3+7+\frac{4}{2})(2,2+7+\frac{4}{2})}$$

$$= 14,52 \text{ kN/m}^2$$

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} c_c \times \text{Log} \frac{(\hat{\sigma}_0 + \Delta \hat{\sigma})}{\hat{\sigma}_0}$$

$$S_{c2} = \frac{4}{1+0,7} 0,2 \times \text{Log} \frac{(181,62+14,52)}{181,62}$$

$$= 0,0157 \text{ m}$$

Titik 3 :

$$\hat{\sigma}_0 = 16,2 \times 2 + (18 - 9,81) \times (9+7) + (18,9 - 9,81) \times 4 + (19 - 9,81) \times 2/2$$

$$= 208,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{Q_g}{(B_g + Z_i)(L_g + Z_i)}$$

$$\Delta \hat{\sigma}_i = \frac{2000}{(3,3+7+4+\frac{2}{2})(2,2+7+4+\frac{2}{2})}$$

$$= 9,2 \text{ kN/m}^2$$

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} c_c \times \text{Log} \frac{(\hat{\sigma}_0 + \Delta \hat{\sigma})}{\hat{\sigma}_0}$$

$$S_{c3} = \frac{2}{1+0,75} 0,25 \times \text{Log} \frac{(208,99+9,2)}{208,99}$$

$$= 0,0054 \text{ m}$$

Total penurunan konsolidasi :

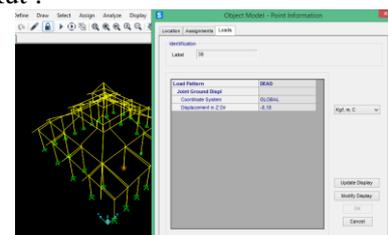
$$S_c = S_{c1} + S_{c2} + S_{c3}$$

$$= 0,1624 + 0,0157 + 0,0054$$

$$= 0,1835 \text{ m}$$

e. Rasio Kuat Elemen Baja dan Kolom Beton Kondisi Tumpuan Menjadi Penurunan Konsolidasi

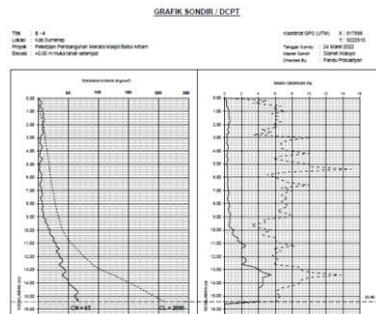
Hasil rasio kuat elemen yaitu sebagai berikut :



Gambar 15. Hasil Rasio Kuat Elemen
Sumber : Hasil Perhitungan SAP 2000

f. Tanah

Dalam pengembangan masjid baitul arham ini telah dilakukan uji sondir ringan yang telah diketahui bahwa pada kedalaman 10 meter, belum menyentuh tanah keras sehingga diperlukan adanya uji konsolidasi untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap lendutan.



Gambar 16. Hasil Test Sondir

5. KESIMPULAN

1. Tipe pondasi yang sesuai untuk mengantisipasi penurunan konsolidasi adalah pondasi Borepile, karena karakteristik tanah dilokasi masih belum mencapai tanah keras setelah dilakukan uji sondir, sedangkan gambaran peningkatan rasio PMM kolom akibat terjadinya penurunan konsolidasi, adalah sebesar 65,9 persen terhadap rasio PMM disaat tumpuan sempurna.
2. Tipe Struktur rangka dilakukan pemodelan dengan kombinasi beban metode ultimate dan kombinasi beban metode tegangan ijin, yang dilakukan dengan bantuan software SAP2000 yang setelah

dilakukan perhitungan ditemukan satu dari 35 kolom yang memiliki rasio PMM lebih dari 1 (batas aman) yakni 1,07%, dan terdapat 4 kolom yang rasio deviasi negatif sehingga semua kolom dapat dikatakan terpengaruh saat terjadi peningkatan rasio PMM saat terjadi konsolidasi, namun masih bisa diterima karna tidak ada kolom dengan rasio PMM lebih dari 1 saat tumpuan sempurna.

6. REFERENSI

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design International Fifth Edition*. Civil Engineering Material. Singapur.
- Das, B. M. (2015). *Principles of Foundation Engineering*. Seventh Edition Cengage. USA.
- Hardiyanto, H. C (1996). *Teknik Pondasi 1 Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- HS, S. (1911). *Fondasi Tiang Pancang Jilid I*. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Ir. Pujo Priyono, M.T, & DR. Indra Nurtjahningtyas, S.T, M.T. (2021). *Desain Dan Analisis Struktur Bertulang (Edisi 2)*.
- Sardjono HS. (1991). *Fondasi Tiang Pancang Jilid II*. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Yoga, A. S., & Harmiyati (2016). *Pengaruh Bentuk Penampang Terhadap Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Penetrasi Standar Jurnal Sainis*, Volume 16 Nomor 1, April 2016, 21 – 33, 16, 21 – 33.