

ANALISIS PONDASI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOJONEGORO

IR. H. Zainuddin, MT

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro

Jl. Lettu Suyitno No.2, Glendeng, Kalirejo, Bojonegoro 62119

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Fakultas Teknik Sipil Universitas Bojonegoro merupakan bangunan Yayasan Suyitno Bojonegoro, Jawa Timur dengan jenis konstruksi struktur beton. Pondasi adalah struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah. Pondasi yang digunakan pada pembangunan Gedung Fakultas Teknik Sipil Universitas Bojonegoro adalah jenis pondasi dalam yaitu pondasi bored pile (strauss). Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menghitung beban yang akan di terima oleh pondasi, analisis daya dukung pondasi bored pile, dan juga jumlah bored pile dalam satu titik. Dalam pembahasan tugas akhir ini menggunakan metode observasi langsung di lapangan dan konsultasi dengan berbagai pihak. Dimana untuk penelitian uji tanah dengan alat sondir dilaksanakan sendiri dengan bantuan tim dari Fakultas Teknik Sipil. Proyek pembangunan gedung Fakultas Teknik Sipil Universitas Bojonegoro menggunakan pondasi bored pile. Pada titik P5 dengan kedalaman 3 meter hasil kontrol $PU < \phi Q_n$ adalah 21,13 ton < 22,24 ton udah memenuhi syarat, titik P9 dan P4 dengan kedalaman awal belum memenuhi syarat maka kedalaman ditambah menjadi 3,4 dan 3,8 meter. Dengan hasil kontrol $PU < \phi Q_n$ adalah P9 = 26,96 ton < 28,45 ton, P4 = 31,06 ton < 31,30 ton. Untuk titik P6 dengan kedalaman 3 meter hasil kontrol $PU < \phi Q_n$ adalah 12,69 ton < 15,96 ton sudah memenuhi syarat tersebut. Dengan hasil analisis tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk titik tinjau P5 dan P6 kedalaman awal 3 meter sudah sesuai dan untuk titik tinjau P9 dan P4 kedalaman awal 3 meter belum memenuhi syarat maka kedalaman ditambah menjadi 3,4 dan 3,8 meter agar memenuhi syarat kontrol.

Keywords : *struktur beton, bored pile.*

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan pondasi sangat penting, sehingga harus dilaksanakan dengan cermat, karena pondasi inilah yang akan memikul dan menahan seluruh beban yang bekerja di atasnya. Pondasi secara umum terbagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Bored pile merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang umum digunakan apabila daya dukung tanah yang besar terletak sangat dalam. Masalah yang sangat penting untuk diperhatikan dalam suatu perencanaan adalah menentukan parameter tanah yang tepat.

Konstruksi dari pondasi bored pile secara umum dilakukan dengan cara membuat lubang bor dengan diameter tertentu hingga mencapai kedalaman yang sudah ditentukan pada tahap perencanaan. Setelah lubang bor selesai dibuat, tulangan baja yang telah dirangkai dimasukkan ke

dalam lubang bor tersebut dan dilanjutkan dengan pengisian material beton ke dalam lubang.

Terdapat banyak metode yang digunakan untuk memprediksi daya dukung ultimit bored pile supaya mendekati kenyataan, namun sampai sekarang ini metode analisis daya dukung ultimit bored pile masih menggunakan pendekatan statis dari Ilmu Mekanika Tanah dan berdasarkan formula-formula empiris yang didapatkan dari hasil penelitian.

Berdasarkan beberapa kondisi di atas, maka perlu adanya analisis tentang kekuatan dari struktur pondasi bored pile dari bangunan yang diteliti sehingga memberikan informasi yang lebih rinci. Untuk perhitungan beban menggunakan peraturan PPRUG 1987 dan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan

struktur lain. Dengan tujuan penelitian yaitu Berapakah total beban yang akan diterima pondasi tiap 1 kelompok tiang dan Berapakah nilai daya dukung pondasi dalam memikul beban di atasnya.

2. Kajian Pustaka

A. Fungsi Pondasi

Berdasarkan struktur beton bertulang, pondasi berfungsi untuk :

- a. Mendistribusikan dan memindahkan beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan di atasnya ke lapisan tanah dasar yang dapat mendukung struktur tersebut.
- b. Mengatasi penurunan yang berlebihan dan penurunan yang tidak sama pada struktur di atasnya.
- c. Memberi kestabilan pada struktur dalam memikul beban horizontal akibat angin, gempa bumi dan sebagainya.

Pemilihan jenis struktur bawah (sub-structure) yaitu pondasi, menurut Suyono (1984) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Keadaan tanah pondasi
Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.
2. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya
Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dll.)
3. Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya
Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan

dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

4. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

Pemilihan jenis pondasi yang tepat, perlu diperhatikan apakah pondasi tersebut sesuai dengan berbagai keadaan tanah :

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi telapak.
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi tiang apung.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara pemukiman kaisan lebih menguntungkan.
4. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah dapat menggunakan kaisan terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm² maka digunakan kaisan tekanan.
5. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka

menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat. (Bowles J.E, 1993)

B. Macam – macam Pondasi

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti :

- a. Pondasi telapak yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom (Gambar 2.1b).
- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain (Gambar 2.1a).
- c. Pondasi rakit (raft foundation) yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom – kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi – sisinya berimpit satu sama lain

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam ialah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan (Hardiyatmo, 2002). Macam macam tipe pondasi dalam seperti dibawah ini :

- a. Pondasi sumuran atau kaison (pier foundation/ caisson) yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang (Gambar 3.1d), digunakan bila tanah keras terletak relatif dalam. Peck dkk (1953) membedakan pondasi sumuran dengan pondasi dangkal dari nilai kedalamannya (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk pondasi

sumuran $D_f/B > 4$, sedangkan untuk pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

- b. Pondasi tiang (pile foundation), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban yang bekerja dan tanah keras terletak sangat dalam. Pondasi tiang umumnya diameternya lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran

3. Jenis Pondasi Tiang Bor

Ada berbagai jenis pondasi tiang bor, yaitu :

- a. Tiang bor lurus untuk tanah keras.
- b. Tiang bor yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
- c. Tiang bor yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
- d. Tiang bor lurus untuk tanah bebatuan

C. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya failure. Sedangkan failure pada tanah adalah penurunan (sattlement) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah. (Bowles J.E, 1992)

D. Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Hasil Sondir

Diantara perbedaaan tes dilapangan, CPT (cone penetration test) atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi

tiang, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (bearing capacity) dari bore pile sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi tiang. Untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff.

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{11})$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal.

Q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_{11} = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_c}{3} + \frac{JHL \times K_{11}}{5}$$

Dimana :

Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.

Q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_{11} = Keliling tiang.

Untuk menghitung daya dukung bore pile berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Aoki dan De Alencar.

Daya dukung ultimate pondasi bore pile dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_b \times A_p)$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung bore pile

Q_b = Tahanan ujung sondir

A_p = Luas penampang tiang

Aoki dan Alencar mengusulkan untuk

memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut :

$$Q_b = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b}$$

Dimana :

$q_{ca}(\text{base})$ = perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang.

F_b = Faktor empiric tergantung pada tipe tanah.

Tabel 1 : Faktor empiric

Tipe Tiang Pancang	F_b
Bored pile	3.5
Baja	1.75
Beton Pratekan	1.75

Sumber : Titi dan Farsakh, 1999

Pada perhitungan kapasitas pondasi bore pile dengan sondir tidak diperhitungkan daya dukung selimut bore pile. Hal ini dikarenakan perlawanan geser tanah yang terjadi pada pondasi bore pile dianggap sangat kecil sehingga dianggap tidak ada.

Untuk Faktor aman memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu.

- a. Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2m$

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5}$$

- b. Untuk asar tiang tanpa pembesaran dibagian bawah

$$Q_a = \frac{Q_u}{2}$$

E. Pembebanan

Dalam perencanaan suatu struktur

bangunan harus memenuhi peraturan – peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Menurut PBI 1983, pengertian dari beban-beban tersebut adalah

1. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian (finishing), mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.
2. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.
3. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.
4. Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara

F. Cone Penetration Test (CPT)

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian

dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 1992). Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam praktiknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Parameter sifat – sifat tanah yang diperoleh cara pendekatan menggunakan cone penetration test (CPT) pada tanah asli undisturb di lokasi proyek. Lain halnya sampel tanah dari boring jelas sudah terganggu (disturb). Nilai effective friction angle cara pendekatan menggunakan cone resistance q_c Cone Penetration Test dan cara data sampel tanah dengan boring terdapat perbedaan yang tidak begitu significant. Selisih perbedaan sebesar 4.2 % untuk nilai effective friction angle (ϕ). Metode untuk mencari parameter sifat – sifat tanah pada penelitian ini dapat diperoleh dengan cepat dan mudah hanya berdasarkan nilai cone penetration q_c dari uji Cone Penetration Test (CPT). Berarti parameter sifat –sifat tanah dimungkinkan untuk diperoleh dengan cara ini untuk setiap titik uji Cone Penetration Test(CPT) dan disetiap strata tanah. (Lulie dan Suryadharma, 2007)

Cone Penetration Test (CPT) adalah peralatan yang tepat untuk digunakan selama pembangunan untuk memutuskan jika galian fondasi sudah selesai dan terdapat keraguan sifat – sifat tanah yang tidak diperoleh saat penyelidikan awal rencana. Spesifikasi pembangunan seharusnya mengijinkan insinyur menggunakan Cone Penetration Test (CPT) atau peralatan test lainnya untuk mengatasi masalah yang ada (US Department of Agriculture, 1984).

Secara prinsip hasil dari Cone Penetration Test(CPT) dapat digunakan untuk mengevaluasi :

1. soil stratification,
2. soil density,

3. shear strength parameters.

Data sondir tersebut digunakan untuk mengidentifikasi dari profil tanah terhadap kedalaman. Hasil akhir dari pengujian ini didapatkan nilai jumlah perlawanan (JP) dan nilai perlawanan konus (PK), sehingga hambatan lekat (HL) didapatkan dengan menggunakan rumus :

a. Hambatan ekat (HL)

$$HL = (JP - PK) \times \frac{A}{B}$$

b. Jumlah Hambatan Lekat (JHL)

$$JHL_i = \sum_0^i HL$$

Dimana :

PK = Perlawanan penetrasi konus (kg/cm²)

JP = Jumlah perlawanan (perlawanan ujung konus + selimut) (kg/cm²)

A = Interval pembacaan (cm)

B = Faktor alat = luas konus / luas torak (cm)

I = kedalaman apisan tanah yang ditinjau (m)

JHL = Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm²)

Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang.

G. Kekuatan Tanah Sebagai Dasar Pondasi

Menurut (Frick, 2001) keadaan kekuatan tanah sebagai dasar pondasi tergantung pada susunan dan struktur tanah sebagai kulit bumi yang termakan cuaca dan air hujan. Semakin heterogen struktur tanah tersebut, semakin sulitlah perencanaan pondasi.

Kekuatan tanah dapat diselidiki dengan berbagai cara, antara lain :

1. Kedalaman dan ketebalan lapisan bumi, terutama lapisan yang akan menerima beban pondasi,
2. Tegangan tanah (σ) yang diizinkan,

3. Keadaan hidrologis (sifat – sifat dari lapisan tanah).

Perlu diperhatikan bahwa disamping kekuatan atau kelemahan, kekokohan landasan tanah juga dipengaruhi oleh :

1. Pemadatan dan penurunan tanah akibat vibrasi lalu lintas, peralatan berat perindustrian dan sebagainya,
2. Penurunan tanah akibat perubahan hidrologis (misalnya penurunan muka air tanah atau kadar air di dalam tanah) atau karena pengikisan pada tepi sungai dan sebagainya,
3. Pergeseran tanah atau longsor akibat tekanan berat, terendam air akibat banjir atau air pasang.

Hal tersebut mengakibatkan penurunan gedung yang tak terhindarkan. Perencanaan pondasi yang baik akan menghambat terjadinya penurunan. Namun, apabila terjadi penurunan masih dalam batas toleransi. Pondasi bangunan yang menjamin kestabilan / keseimbangan bangunan terhadap pembebanan (berat sendiri, beban hidup, retakan dan gerakan geologis kecil serta gaya tekan angin, gempa bumi dan sebagainya) harus diperhitungkan sedemikian rupa. Dengan pengetahuan tentang konsep struktur, maka pondasi merupakan bagian struktur gedung yang mempunyai daya tahan paling lama sebagai landasan dari struktur bangunan.

3. Metode Penelitian

D. Pengumpulan Data Penelitian

Data umum dari proyek pembanunan Gedung perkuliahan fakultas teknik Unigoro adalah sebagai berikut :

4. Nama Proyek : Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Unigoro
5. Lokasi Proyek : Jl. Lettu Suyitno No. 2, Kalirejo, Kec. Bojonegoro, Kab. Bojonegoro, Jawa timur 62119
6. Sumber Dana : Yayasan Suyitno Bojonegoro

7. Pemilik Proyek : Yayasan Suyitno Bojonegoro
8. Peta Lokasi : Dapat dilihat pada gambar 3.2

E. Metode Penelitian

Penelitian daya dukung pondasi bored pile untuk gedung laboratorium Fakultas Teknik Unuversitas Bojonegoro dimulai dengan melakukan penyeidikan tanah dilapangan, penyelidikan tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi dan sifat - sifat tanah, termasuk untuk mengetahui kedalaman tanah keras yang mampu menahan beban bangunan.

Langkah selanjutnya adalah memhitung pembebanan gedung, dimana perhitungan pembebanan gedung tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja diatas pondasi tersebut. Setelah perhitungan pembebanan bangunan, analisa daya dukung pondasi bored pile dilakukan untuk mengetahui apakah daya dukung tanah dilokasi tersebut baik untuk pondasi bored pile.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan salah satu aspek yang berperan penting dalam kelancaran dan keberhasilan dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah berupa data primer dan sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti. Dalam hal ini peneliti melakukan observasi langsung dilapangan untuk mengumpulkan data. Data yang dikumpulkan adalah data test sondir (CPT), dapat dilihat pada lampiran hasil uji sondir.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak diusahakan sendir oleh peneliti. Data sekunder ini berupa data – data proyek dari kontraktor pemegang proyek pembangunan Gedung

Fakultas Teknik Sipil Unigoro.

G. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan untuk mengetahui beban pada gedung yang teah direncanakan. Berikut ini data teknis gedung laboratorium Fakutas Teknik Universitas Bojonegoro.

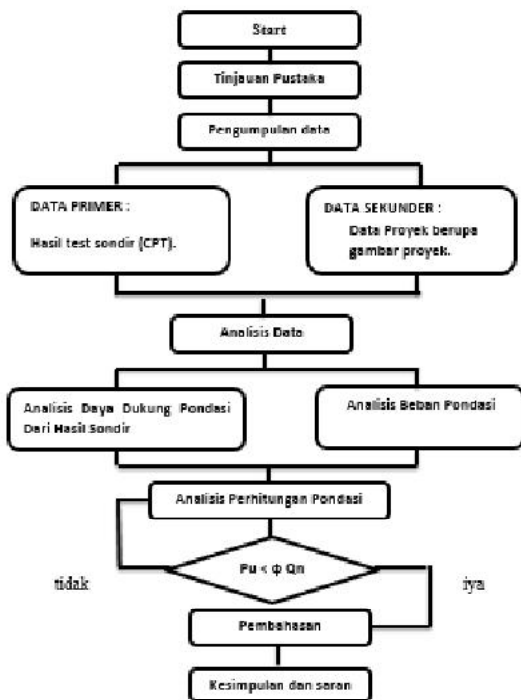
Data Teknis Gedung

Lokasi	: Bojonegoro
Jenis Tanah	: Tanah Kohesif
Panjang Gedung	: 36 m
Lebar Gedung	: 9,05 m
Tinggi Lantai dasar	: 4,05 m
Tinggi Total	: 8,10 m
Bahan Stuktur	: Beton Bertulang
Mutu Beton (Fc)	: 30 Mpa
Mutu Baja (Fy)	: 240 Mpa
Modulus Elastisitas	: 25742,96 Mpa

H. Metode Analisis Data

Dalam perhitungan pondasi pored pile ini penulis melakukan langkah langkah sebagai berikut :

- a. Menghitung Beban yang ada diatas pondasi bored pile,
- b. Menghitung daya dukung pondasi dengan metode Meyerhoff,
- c. Alur peneitian / flowchart ada pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 1 flow chart analisis pondasi

4. Hasil & Pembahasan

A. Analisa Pembebanan

Data Pembebanan

a. Beban Mati

- Beton Bertulang = 2400 kg/m³
- Baja = 7850 kg/m³
- Tembok ½ Bata = 250 kg/m²
- Plafond dan Inst. Listrik = 18 kg/m²
- Speci = 21 kg/m³
- Penutup Lantai = 24 kg/m²
- Beban Hidup Lantai Atap = 100 kg/m²
- Lantai Gedung = 250 kg/m²

b. Perhitungan Beban Total

a) Lantai 2

$$\text{Beban Mati (qd) Pelat dak} = 325,8(\text{M}^2) \times 0,1 \times 2400 = 78192 \text{ kg}$$

$$\text{Balok B1 } 25 \times 50 = 166,26 \text{ (M)} \times (0,25 \times 0,50) \times 2400 = 49879 \text{ kg}$$

$$\text{BA1 } 20 \times 35 = 72 \text{ (M)} \times (0,20 \times 0,35) \times 2400 = 12096 \text{ kg}$$

$$\text{B2 } 20 \times 35 = 67,421 \text{ (M)} \times (0,20 \times 0,35) \times 2400 = 11327 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom K1 } 30 \times 40 = 13 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,4) \times 2400 = 14976 \text{ kg}$$

$$\text{K2 } 30 \times 30 = 13 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,3) \times 2400 = 11232 \text{ kg}$$

$$\text{K3 } 30 \times 30 = 23 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,3) \times 2400 = 19872 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 433 \text{ (m}^2) \times 250 = 108250 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond \& Inst. Listrik} = 325,8 \text{ (M}^2) \times 18 = 5864,4 \text{ kg}$$

$$\text{Total Beban Mati (qd)} = 311688 \text{ kg}$$

Beban Hidup (ql)

$$\text{Jadi ql lantai 2} = 100 \times 325,8$$

b) Lantai 1

Beban Mati (qd)

$$\text{Pelat dak} = 325,8(\text{M}^2) \times 0,12 \times 2400 = 93830 \text{ kg}$$

Balok

$$\text{B1 } 25 \times 50 = 166,26 \text{ (M)} \times (0,25 \times 0,50) \times 2400 = 49879 \text{ kg}$$

$$\text{BA1 } 20 \times 35 = 72 \text{ (M)} \times (0,20 \times 0,35) \times 2400 = 12096 \text{ kg}$$

$$\text{B2 } 20 \times 35 = 67,421 \text{ (M)} \times (0,20 \times 0,35) \times 2400 = 11327 \text{ kg}$$

Kolom

$$\text{K1 } 30 \times 40 = 13 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,4) \times 2400 = 14976 \text{ kg}$$

$$\text{K2 } 30 \times 30 = 13 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,3) \times 2400 = 11232 \text{ kg}$$

$$\text{K3 } 30 \times 30 = 23 \text{ (bh)} \times (4 \times 0,3 \times 0,3) \times 2400 = 19872 \text{ kg}$$

Sloof

$$\text{S1 } 25 \times 40 = 225,65 \text{ (M)} \times (0,25 \times 0,40) \times 2400 = 54156 \text{ kg}$$

$$\text{S2 } 20 \times 25 = 153,25 \text{ (M)} \times (0,20 \times 0,25) \times 2400 = 18390 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 433 \text{ (m}^2\text{)} \times 250 = 108250 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond \& Inst. Listrik} = 325,8 \text{ (M}^2\text{)} \times 18 = 5864,4 \text{ kg}$$

$$\text{Penutup Lantai} = 325,8 \text{ (M}^2\text{)} \times 24 = 7819,2 \text{ kg}$$

$$\text{Total Beban Mati (qd)} = 407691,63 \text{ kg}$$

Beban Hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{ql lantai 2} &= 250 \times 325,8 = 81450 \text{ kg} \\ &= 32580 \text{ kg} \end{aligned}$$

B. Titik Tinjauan Pondasi Yang Akan Dianalisis

Perhitungan Beban Pondasi Di Titik Tinjauan 1 (P5)

Berat Total Beban Mati (qd) untuk 1 titik pondasi adalah 14673 kg/m^2

Beban Hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{a) Lantai 2} &= (3 \times 2,1 \times 100) \\ &= 630 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Lantai 1} &= (3 \times 2,1 \times 250) \\ &= 1575 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2\text{qd} + 1,6\text{ql} = (1,2 \times 14673) + (1,6 \times 2205) = 21135,6 \text{ kg/m}^2 \\ &= 21,13 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan beban pondasi di titik tinjauan 2 (P9)

Berat Total Beban Mati (qd) untuk 1 titik pondasi adalah $17426,4 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Lantai 2} &= (3 \times 3,6 \times 100) \\ &= 1080 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lantai 1} = (3 \times 3,6 \times 250) = 2700 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2\text{qd} + 1,6\text{ql} = (1,2 \times 17426,4) + (1,6 \times 3780) \\ &= 26959,68 \text{ kg/m}^2 \\ &= 26,96 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan beban pondasi di titik tinjauan 3 (P4)

Berat Total Beban Mati (qd) untuk 1 titik pondasi adalah 19581 kg/m^2

Beban Hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{a) Lantai 2} &= (3 \times 4,5 \times 100) \\ &= 1350 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Lantai 1} &= (3 \times 4,5 \times 250) \\ &= 3375 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2\text{qd} + 1,6\text{ql} \\ &= (1,2 \times 19581) + (1,6 \times 4725) \end{aligned}$$

$$= 31057,2 \text{ kg/m}^2 = 31,06 \text{ ton/m}^2$$

Perhitungan beban pondasi di titik tinjauan 4 (P6)

Berat Total Beban Mati (qd) untuk 1 titik pondasi adalah $8896,8 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{a) Lantai 2} &= (1,5 \times 2,4 \times 100) \\ &= 360 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Lantai 1} &= (1,5 \times 2,4 \times 250) \\ &= 900 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban Ultimate} = 1,2\text{qd} + 1,6\text{ql}$$

$$= (1,2 \times 8896,8) + (1,6 \times 1260)$$

$$= 12688,56 \text{ kg/m}^2 = 12,69 \text{ ton/m}^2$$

C. Analisa Kapasitas Daya Dukung

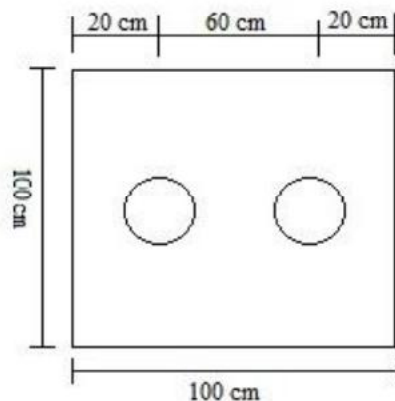
Pondasi

Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} Q_n &= \text{Jumlah Tiang} \times Q_a \times E_f \\ &= 2 \times 13730,252 \times 0,9 \\ &= 24714,45 \text{ kg} \\ &= 24,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= PU < \phi Q_n \\ &= 21,13 \text{ ton} < (0,9 \times 24,71) \\ &= 21,13 \text{ ton} < 22,24 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa perencanaan yang ada di gambar sudah memenuhi syarat karena $PU < \phi Q_n$



Gambar 2. Dimensi Pile Cap dan Jarak antar tiang strauss

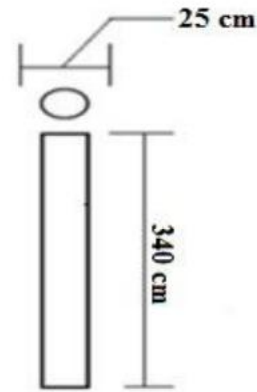
Analisa kapasitas daya dukung pondasi (P9) dengan metode Meyerhoff dengan diameter pondasi \emptyset 25cm dan kedalaman pondasi strauss 300 cm.

Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang

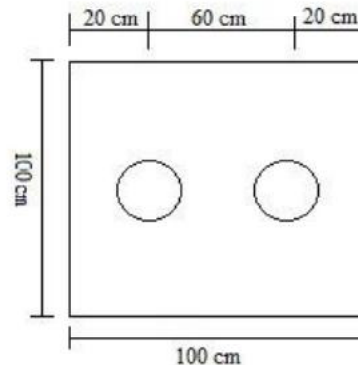
$$\begin{aligned} Q_n &= \text{Jumlah Tiang} \times Q_a \times E_f \\ &= 2 \times 17561,05 \times 0,9 \\ &= 31609,894 \text{ kg} \\ &= 31,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= PU < \phi Q_n \\ &= 26,96 \text{ ton} < (0,9 \times 31,61) \\ &= 26,96 \text{ ton} < 28,45 \text{ to (OK)} \end{aligned}$$

Dengan perubahan pada kedalaman tiang pondasi hasil yang didapatkan telah memenuhi syarat, yaitu $P_u < \phi Q_n$.



Gambar 3. Dimensi Pondasi (P9) Setelah Diubah



Gambar 4. Dimensi Pile Cap dan Jarak antar tiang strauss

Analisa kapasitas daya dukung pondasi (P4) dengan metode Meyerhoff dengan diameter pondasi \emptyset 25cm dan kedalaman pondasi strauss 300 cm.

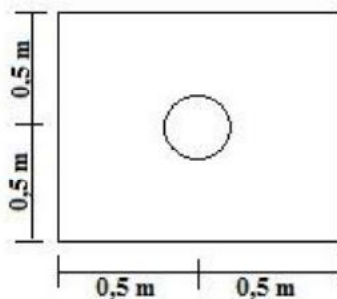
Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} Q_n &= \text{Jumlah Tiang} \times Q_a \times E_f \\ &= 1 \times 13730,252 \times 1 \\ &= 13730,252 \text{ kg} \\ &= 17,73 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= \text{PU} < \phi Q_n \\ &= 12,69 \text{ ton} < (0,9 \times 17,73) \\ &= 12,69 \text{ ton} < 15,96 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa perencanaan yang ada di gambar sudah memenuhi syarat karena $\text{PU} < \phi Q_n$.

Untuk titik tinjau pondasi (P6) perencanaan awal jumlah tiang pondasi adalah 2 buah tiang, tetapi setelah penulis menganalisis daya dukung pondasinya cukup 1 tiang pondasi saja. Karena sudah terpenuhi syarat $\text{PU} < \phi Q_n$.



Gambar 5. Dimensi Pile Cap dan Jarak tiang strauss

D. Penulangan Pondasi Bored Pile

Jika dimensi atau penampang pondasi ditentukan oleh gaya aksial/berat bangunan yang dipikul masing – masing kolom, maka penulangan pondasi ditentukan oleh gaya momen dan gaya geser yang bekerja pada pondasi tersebut. Dengan perhitungan sebagai berikut.

Perhitungan Tulangan

Rencana dimensi :

- Diameter : 250 mm
- Tebal Selimut tiang : 40 mm
- F_c : 30 Mpa
- F_y : 240 Mpa
- Tulangan Pokok D 13 ($A_s = 132,6 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Senggang Spiral D 10 ($A_s = 78,5 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} d &= h - p - \Theta \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \Theta \text{ utama} \\ &= 250 - 40 - 78,5 - \frac{1}{2} 132,6 \\ &= 65,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 490,625 \text{ cm}^2$$

Jika $f_y = 240$ dan $f_c = 30$, maka $\beta = 0,85$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \\ 0,85 \frac{\beta \times f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600+240} \right] &= \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 240 \\ &= 0,0058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,064 \\ &= 0,048 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$M_u = 31,68 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 31,68 / 0,9$$

$$= 35,2 \text{ kN/m}^2$$

Koefisien Ketahanan (R_n)

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 35200 / (250 \times 193^2)$$

$$= 35200 / 9312,25$$

$$= 25884,75 \text{ kN/mm}^2$$

$$= 25,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Luas Tulangan Tarik } (A_s') = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0,0058 \times 250 \times 65,2 = 94,54 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan 6D13; A_s

$$= 0,25 \times 13^2 \times 3,14$$

$$= 132,665$$

$$= 132,665 \times 6$$

$$= 795,99 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min}$$

Jadi jumlah tulangan memanjang adalah 6 buah dengan ukuran D13 (6D13).

Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 196,41 \text{ kN} \\ M_u &= 31,68 \text{ kNm} \\ V_n &= V_u / \phi \\ &= 196,41 / 0,8 \\ &= 245,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} * b * d = \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30 * 250 * 65,2} = 14879,79 \text{ kN} = 14,88 \text{ T} \\ \phi V_c &= 0,8 * 14,88 \\ &= 11,904 \text{ T} \end{aligned}$$

$$V_u > \phi V_c \rightarrow \text{Perlu}$$

Tulangan Geser

Akan digunakan Ø 10 mm

$$\begin{aligned} A_v &= 2 * \frac{1}{4} * 3,14 * 10 = 15,7 \text{ mm} \\ S &= \frac{A_v * d * f_y}{(V_n - V_c)} = \\ &= \frac{15,7 * 65,2 * 240}{(245,51 - 14,88) * 1000} = 106,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat } s &< \frac{1}{2} d = 106,52 < \\ (1/2 * 652) &= 106,52 < 326 \end{aligned}$$

Jadi Digunakan Tulangan Geser Ø 10 – 100.

Penulangan Pile Cap

$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 500 - 40 \\ &= 460 \text{ mm} \\ M_u &= 31,68 \text{ kNm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 31,68 / 0,9 \\ &= 35,2 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

Koefisien Ketahanan (Rn)

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b * d^2) \\ &= 35200 * 10^3 / (0,9 * 250 * \\ &1932) \\ &= 0,0168 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 240$$

$$= 0,006$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{\beta * f_c'}{f_y} * 0,85 * \left[\frac{600}{600 + 240} \right]$$

$$= 0,048$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f_c'} = \frac{240}{0,85 * 27} = 10,457$$

$$\rho = \frac{1}{10,457} \left[1 - \right.$$

$$\left. \sqrt{1 - \frac{2 * 10,457 * 0,0168}{240}} \right] = 0,0009$$

$$A_s' = \rho * b * d$$

$$= 0,0009 * 1000 * 460 = 414 \text{ mm}^2$$

Digunakan 8 D 13 = 0,25 x 13² x 3,14

$$= 132,665$$

$$= 132,665 * 8$$

$$= 1061,32 > A_s'$$

Jadi Tulangan yang digunakan adalah 8D13.

5. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan beban dan analisa daya dukung pondasi proyek pembangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro yang ada di Jl. Lettu Suyitno No. 2, Kalirejo, Bojonegoro maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Daya dukung tiang pondasi (P5) adalah 24,71 ton, berat beban yang akan ditopang pada titik (P5) adalah 21,13 ton. Dengan Syarat pondasi dapat memikul beban diatasnya yaitu $P_u < \phi Q_n$, titik pondasi (P5) sudah memenuhi syarat tersebut dengan hasil analisis kontrol yang didapatkan adalah 21,13 ton < 22,24 ton.
2. Daya dukung tiang pondasi (P9) adalah 24,71 ton, berat beban yang akan ditopang pada titik (P9) adalah 26,96 ton. Dengan Syarat pondasi

- dapat memikul beban di atasnya yaitu $P_u < \phi Q_n$, titik pondasi (P9) belum memenuhi syarat tersebut dengan hasil analisis kontrol yang didapatkan adalah 26,96 ton > 22,24 ton. Oleh karena itu kedalaman tiang bor di ubah dari 3 m menjadi 3,4 m dengan hasil analisis daya dukung pondasi adalah 31,63 ton. Kontrol $P_u < \phi Q_n = 26,96 \text{ ton} < 28,45 \text{ ton}$. Dengan penambahan kedalaman tiang hasil analisis pondasi (P9) telah memenuhi syarat tersebut.
3. Daya dukung tiang pondasi (P4) adalah 24,71 ton, berat beban yang akan ditopang pada titik (P4) adalah 31,06 ton. Dengan Syarat pondasi dapat memikul beban di atasnya yaitu $P_u < \phi Q_n$, titik pondasi (P4) belum memenuhi syarat tersebut dengan hasil analisis kontrol yang didapatkan adalah 31,06 ton > 22,24 ton. Oleh karena itu kedalaman tiang bor di ubah dari 3 m menjadi 3,8 m dengan hasil analisis daya dukung pondasi adalah 34,776 ton. Kontrol $P_u < \phi Q_n = 31,06 \text{ ton} < 31,30 \text{ ton}$. Dengan penambahan kedalaman tiang hasil analisis pondasi (P4) telah memenuhi syarat tersebut.
 4. Daya dukung tiang pondasi (P6) adalah 17,73 ton, berat beban yang akan ditopang pada titik (P6) adalah 12,69 ton. Dengan Syarat pondasi dapat memikul beban di atasnya yaitu $P_u < \phi Q_n$, titik pondasi (P6) sudah memenuhi syarat tersebut dengan hasil analisis kontrol yang didapatkan adalah 12,69 ton < 15,96 ton.
 5. Jadi untuk dimensi tiang pondasi (P5) berdiameter 25 cm dengan kedalaman 3,00 m. Jarak antar tiang bor adalah 0,6 m, dan jarak dari tiang bor ke tepi adalah 0,2 m. Untuk jumlah tiang pondasi (P5) adalah 2 buah tiang pondasi.
 6. Jadi untuk dimensi tiang pondasi (P9) berdiameter 25 cm dengan kedalaman 3,40 m. Jarak antar tiang bor adalah 0,6 m, dan jarak dari tiang bor ke tepi

adalah 0,2 m. Untuk jumlah tiang pondasi (P5) adalah 2 buah tiang pondasi.

7. Jadi untuk dimensi tiang pondasi (P4) berdiameter 25 cm dengan kedalaman 3,80 m. Jarak antar tiang bor adalah 0,6 m, dan jarak dari tiang bor ke tepi adalah 0,2 m. Untuk jumlah tiang pondasi (P5) adalah 2 buah tiang pondasi.
8. Jadi untuk dimensi tiang pondasi (P5) berdiameter 25 cm dengan kedalaman 3,00 m. Jarak dari tiang bor ke tepi adalah 0,5 m. Untuk jumlah tiang pondasi (P5) adalah 1 buah tiang pondasi.

B. Saran

Dari hasil analisa perhitungan dan kesimpulan di atas penulis dapat menyarankan beberapa hal berikut :

1. Dalam pelaksanaan penyelidikan tanah harus dilakukan secara teliti, agar data yang diperoleh sesuai dengan kondisi tanah yang sebenarnya dilokasi tersebut.
2. Jika dalam penyelidikan tanah ada dua alat misalnya sondir dan boring, ada baiknya menggunakan kedua alat tersebut agar mendapatkan hasil yang lebih efektif dan akurat.
3. Dalam perhitungan dan analisis pondasi diperlukan ketelitian, agar tidak mendapatkan hasil yang keliru.
4. Perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan pekerjaan pondasi bored pile yang baik akan menghasilkan suatu konstruksi yang berkualitas baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Hardiyatmo, H.C., 1996, *Teknik Pondasi 1*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

2. Hardiyatmo, H.C., 2002, Teknik Pondasi 2, Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta
3. Bowles, J. E., 1991, Analisa dan desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
4. Bowles, J. E., 1993, Analisa dan desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
5. Sosarodarsono, S. dan Nakazawa, K., 1990, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
6. Adisasmita, Rahardjo. 2008. Pengembangan Wilayah Konsep Dan Teori. Graha Ilmu. Yogyakarta
7. Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
8. Badan Standarisasi Nasional. 2013, "Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013), Jakarta