

REVIEW DESAIN STRUKTUR BAWAH BANGUNAN: STUDI KASUS PENGECEKAN DAYA DUKUNG PONDASI TAPAK SEKOLAH DASAR NEGERI (SDN) 12 MUNTEI, MENTAWAI

Winda FITRIA^{1*}, Merley MISRIANI², Elvi Roza SOFYAN³

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Riau

*Email korespondensi: winda@pnp.ac.id

[diterima: 25 November 2023, disetujui: 15 Desember 2023]

ABSTRACT

Mentawai Island is a region within the Province of West Sumatera that is frequently shaken by earthquakes. The implementation of earthquake-resistant building standards is a crucial element that must be considered in efforts to reduce the risk of tragedy in this area, given that West Sumatera Province is among those with a high risk of earthquakes. The implementation of earthquake-resistant building standards should have started during the designing process, not only during construction. As one of the outermost provinces, Mentawai is also lagging in infrastructure development, this sustainable development needs to be carried out to make Mentawai come out of being behind compared to other cities and districts in the West Sumatera region. SDN 12 Muntei is one of the Mentawai Island public buildings that serves as an elementary school. The review design of the site foundation of the SDN 12 Muntei school building aims to be sure the foundation can support its weight. Research data was obtained from Detail Engineering Design (DED) before the SDN 12 building was built. To obtain the maximum axial value of the building, modeling was carried out using the SAP2000 software application. Based on the results, the DED drawing's foundation does not comply with the regulation and is not robust enough to sustain the maximum weight of the building. The carrying capacity of the foundation permit for the SDN 12 Muntei is 147.534 KN, while the maximum load on the building is 338.89 KN. The results of this analysis show that the foundation cross-section is unqualified and must be repaired, is below standard and not yet meet the requirements, thus must be repaired and strengthened.

Key words: *Foundation, Mentawai, Earthquake, Daya dukung Terzaghi.*

INTISARI

Kepulauan Mentawai merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Barat yang sering diguncang gempa. Penerapan standar bangunan tahan gempa menjadi elemen krusial yang harus diperhatikan dalam upaya mengurangi risiko bencana di wilayah ini, mengingat Provinsi Sumatera Barat termasuk wilayah yang memiliki risiko gempa yang cukup tinggi. Penerapan standar bangunan tahan gempa seharusnya sudah dimulai sejak proses desain dan perencanaan, tidak hanya pada saat pembangunan. Sebagai salah satu provinsi terluar, Mentawai juga tertinggal dalam pembangunan infrastruktur, sehingga pembangunan berkelanjutan perlu dilakukan agar Mentawai dapat keluar dari ketertinggalannya dibandingkan dengan kota dan kabupaten lain di wilayah Sumatera Barat. SDN 12 Muntei merupakan salah satu bangunan publik di Pulau Mentawai yang berfungsi sebagai bangunan sekolah dasar. Tinjauan terhadap desain pondasi tapak bangunan sekolah SDN 12 Muntei sangat diperlukan dengan tujuan untuk memastikan pondasi dapat menopang berat bangunan. Data penelitian berasal dari *Detail Engineering Design* (DED) sebelum gedung SDN 12 dibangun. Untuk mendapatkan nilai aksial maksimum bangunan, dilakukan pemodelan dengan menggunakan aplikasi SAP2000. Berdasarkan pemodelan dan analisis data yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa pondasi bangunan menurut gambar DED tidak sesuai dengan peraturan dan tidak cukup kuat untuk menopang beban maksimum bangunan. Daya dukung pondasi yang diizinkan untuk SDN 12 Muntei adalah 147.534 KN, sedangkan beban maksimum bangunan adalah 338.89 KN. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa penampang pondasi belum memenuhi syarat dan harus diperbaiki dengan perkuatan.

Kata kunci: Pondasi, Mentawai, Gempa, Daya dukung Terzaghi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hal pertama yang dilakukan dalam pembangunan konstruksi adalah pekerjaan pondasi, sebagai struktur bawah. Kemudian dilanjutkan dengan pelaksanaan pekerjaan struktur atas. Pondasi memiliki peranan yang penting dalam bangunan, karna pondasi bertugas meneruskan beban baik dari berat sendiri bangunn maupun beban luar yang bekerja pada bangunan tersebut (Kusumah, 2018)

Standar bangunan tahan gempa sangat penting untuk mengurangi kemungkinan bencana di wilayah yang rawan gempa di seluruh dunia (Asman et al., 2020; Nurbani et al., 2020; Qureshi et al., 2021). Bangunan tahan gempa harus diterapkan sejak tahap desain dan perencanaan, bukan hanya selama proses konstruksi. Selama proses pembangunan di wilayah Indonesia, terutama Sumatera Barat, sangat penting bagi para pelaku konstruksi untuk memperhatikan penerapan standar bangunan tahan gempa (Hesna & Hidayat, 2019; Qureshi et al., 2021). Kedepannya diharapkan tidak ada lagi konstruksi bangunan gedung yang didirikan tanpa proses perencanaan yang mengacu pada standar bangunan tahan gempa SNI 1726 Tahun 2019.

Wilayah kepulauan Mentawai termasuk dalam kawasan rawan bencana gempa bumi (tektonik) dan gelombang besar tsunami berada di Sumatera Barat (Putra, 2019). Hal ini membuat proses pembangunan di daerah Mentawai perlu mendapat perhatian lebih serius. Selain itu dikarenakan menjadi salah satu pulau terluar, pembangunan dan pengembangan infrastruktur di Kepulauan Mentawai masih tertinggal dibandingkan kabupaten dan kota lainnya di Provinsi Sumatera Barat. Perlu dilakukan pemerataan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan di daerah Mentawai untuk membuat kepulauan ini keluar dari ketertinggalannya. Pembangunan infrastruktur di daerah Mentawai salah satunya adalah bangunan sekolah yang berlokasi di Muntei, suatu desa yang berada di Kecamatan Siberut Selatan.

Bangunan sekolah ini harus direncanakan sesuai dengan peraturan dan standar bangunan tahan gempa yang berlaku. Saat ini, pembangunan sekolah termasuk bagian dari peningkatan infrastruktur di daerah tertinggal yang perlu mendapat perhatian dan menjadi prioritas. Sehingga tahap perencanaan konstruksi bangunan sekolah perlu dilakukan dengan teliti dan merujuk kepada standar bangunan tahan gempa yang berlaku.

Struktur bawah bangunan gedung Sekolah Dasar Negeri 12 Muntei perlu dilakukan tinjauan ulang terhadap design (*review design*). Hal ini penting dilakukan karena adanya keraguan dari pengguna bangunan terhadap kekuatan pondasi bangunan. Keterbatasan data penyelidikan tanah pada lokasi pembangunan membuat beberapa data yang dijadikan parameter dalam perencanaan hanya diasumsikan saja. Kedepannya, diharapkan pembangunan semua bangunan terutama bangunan publik harus melakukan proses pengujian tanah terlebih dahulu sebelum kegiatan perencanaan berlangsung.

Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi dalam meneruskan beban bangunan dari atas ke dasar tanah dengan kekuatan yang cukup untuk menahannya (Ye et al., 2021). Pondasi dapat mengalami penurunan dan keruntuhan daya dukung (Kim, Gajan, Saafi, 2011). Jika pondasi suatu bangunan sudah rusak, biasanya akan diikuti oleh kerusakan komponen bangunan lainnya, seperti: lantai bergelombang dan pecah, dinding retak dan miring, kedudukan kuzen dan pintu berubah, penurunan bangunan dan yang paling fatal adalah runtuhnya bangunan itu sendiri (Eze et al., 2023).

Pondasi adalah struktur terbawah yang meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah dibawahnya. Hal ini membuat pondasi memiliki peranan penting dalam menentukan keamanan suatu bangunan. Desain pondasi yang baik akan menghindarkan bangunan dari kegagalan struktur sehingga bangunan dapat berdiri dengan kokoh (Dharmayasa, 2018).

Faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis pondasi antara lain: beban yang direncanakan bekerja pada bangunan tersebut, jenis lapisan tanah, faktor non teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Tipe pondasi yang dipilih harus mampu menahan kedudukan struktur terhadap semua gaya yang bekerja (Ismail et al., 2017)

Pondasi tapak termasuk kedalam pondasi dangkal yang menyalurkan beban bangunan ke tanah dibawahnya. Ketepatan dan ketelitian dalam perhitungan dan analisis daya dukung dalam perencanaan menjadi kunci keamanan dan kekuatan dari pondasi tapak (Jaelani dan Syafier, 2023).

Perencanaan pondasi dan pengujian tanah yang dilakukan pada tahap perencanaan struktur bawah ini nantinya akan memberikan informasi: jenis tanah, kekuatan tanah, kedalaman tanah keras di lokasi rencana pembangunan, muka air tanah, perkiraan penurunan hari berikutnya, dan perkiraan beban maksimum yang diizinkan untuk jenis dan pondasi yang dipilih.

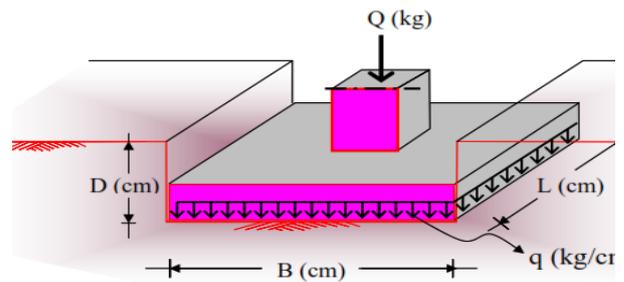
Daya dukung pondasi dangkal

Sehingga sistem pondasi tanah tidak runtuh atau mengalami penurunan yang berlebihan, pondasi yang direncanakan harus mampu menahan beban rencana. Menurut Hakam (2008), dalam merencanakan pondasi dangkal, dua persyaratan harus dipenuhi:

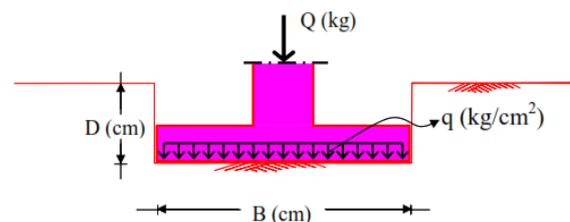
- Pondasi harus mampu menahan beban hingga batas tertentu
- Pondasi tidak diizinkan bergerak hingga batas toleransi tertentu.

Menurut Hakam (2008), faktor keamanan yang paling umum digunakan dalam perencanaan pondasi adalah 3. Toleransi untuk pergerakan (pergeseran dan penurunan) berbeda-beda tergantung pada jenis bangunan dan fungsinya yang didukung oleh sistem pondasi-tanah. Gambar 1 dan 2 menunjukkan parameter perencanaan daya dukung pondasi dangkal (Hakam, 2008).

Pondasi dangkal (D) harus memiliki kedalaman yang lebih kecil atau sama dengan lebarnya (B). Selain itu, jika kedalaman pondasi kurang dari 4 kali lebarnya ($D \leq 4B$), pondasi tersebut juga dianggap dangkal.



Gambar 1. Parameter Perencanaan Pondasi Dangkal Tampak Perspektif 3D (Hakam, 2008)



Gambar 2. Parameter Perencanaan Pondasi Dangkal Tampak Perspektif 2D (Hakam, 2008)

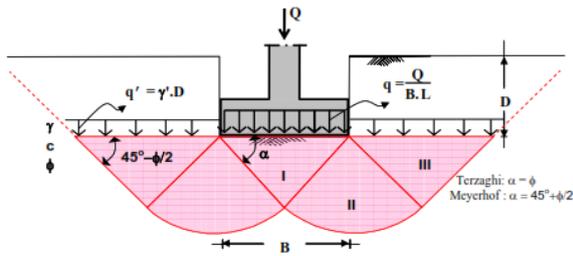
Menurut Hakam (2008) terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung dari pondasi dangkal, yaitu pertama metode Terzaghi dan kedua teori Meyerhof, Hansen dan Vesic.

Metode Terzaghi, dikembangkan oleh Terzaghi semenjak tahun 1943 untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi dangkal. Pada beberapa literature metode ini disebut juga dengan kapasitas daya dukung batas pondasi/ *ultimate bearing capacity* (Hakam, 2008).

Teori Meyerhof, Hansen dan Vesic, secara garis besar teori ini masih mengadopsi teori yang dituliskan oleh Terzaghi dalam menentukan kapasitas daya dukung, tetapi ada beberapa perubahan yang dilakukan oleh masing-masing teori untuk menentukan faktor daya dukung pondasi (Hakam, 2008)

Daya dukung pondasi dangkal dengan metode Terzaghi

Metode Terzaghi juga dikenal sebagai teori kapasitas daya dukung batas yang didasarkan pada bentuk permukaan keruntuhan geser di bawah pondasi menerus kaku, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Bidang Keruntuhan dalam Tanah dibawah Pondasi Dangkal (Hakam, 2008)

Bidang keruntuhan pondasi didasarkan pada pergerakan material tanah yang terdesak oleh beban di atasnya. Daerah keruntuhan di bawah pondasi kemudian dibagi menjadi tiga zona. *Zone 1* berada di bawah pondasi dalam bentuk segitiga, *Zone II* berfungsi sebagai daerah peralihan, dan *Zone III* berfungsi sebagai daerah tekan *passive* (Hakam, 2008)

Setelah melakukan analisis kesetimbangan gaya-gaya pada sistem pondasi-tanah tersebut, kapasitas daya dukung dirumuskan sebagai berikut:

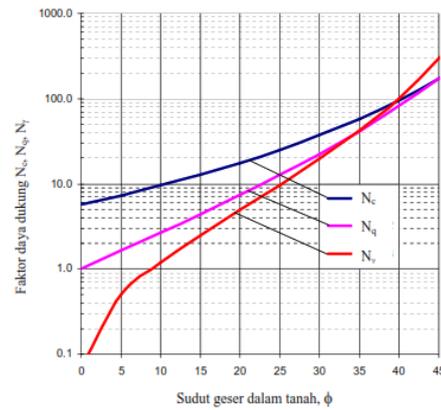
$$qu = cNc(Sc) + q'Nq + \frac{1}{2}\gamma B Ny (Sy) \quad (1)$$

Nilai kohesi tanah di bawah dasar pondasi adalah *c*, *q'* adalah nilai "*γ*" kali *D*, dan "*γ*" adalah berat volume tanah efektif di atas dasar pondasi. Namun, faktor kapasitas daya dukung tanpa satuan (non-dimensional) *Nc*, *Nq*, dan *Ny* diperoleh hanya dari nilai sudut geser (*F*) tanah. *Sc* dan *Sy* adalah faktor bentuk dari denah pondasi. Tabel 1 menunjukkan nilai ini.

Tabel 1. Faktor Bentuk Daya Dukung Terzaghi

Faktor bentuk	Bentuk Pondasi		
	Menerus (L >> B)	Bujur Sangkar (L = B)	Lingkaran (diameter=B)
Sc	1.0	1.3	1.3
Sy	1.0	0.8	0.6

Selanjutnya faktor kapasitas daya dukung *Nc*, *Nq* dan *Ny* dipengaruhi oleh sudut gesernya. Nilai faktor daya dukung ditentukan dengan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Selain dengan grafik yang ada pada Gambar 4, nilai faktor daya dukung pondasi dengan metode Terzaghi juga dapat ditentukan dengan mengacu pada Tabel 2.



Gambar 4. Nilai Faktor Daya Dukung dari Rumus Terzaghi.(Hakam, 2008)

Tabel 2. Faktor Daya Dukung Pondasi

φ	Nc	Nq	Ny
0.00	5.70	1.00	0.00
5.00	7.30	1.60	0.50
20.00	17.70	7.40	5.00
25.00	25.10	12.70	9.70
30.00	37.20	22.50	19.70
35.00	57.80	41.40	42.40
40.00	95.70	81.30	100.40
45.00	172.30	173.30	297.50

Tanah

Klasifikasi tanah

Tanah berbutir kasar dan berbutir halus adalah dua kategori utama tanah. Penggolongan ini didasarkan pada ukuran butirannya. Tanah lempung dan tanah lanau digolongkan sebagai tanah berbutir halus, sedangkan butiran tanah yang berukuran besar dari lanau digolongkan sebagai tanah berbutir kasar. Tanah berbutir kasar juga dibagi lebih detail berdasarkan ukuran pasir, seperti pasir halus, sedang, dan kasar. Selain itu, tanah dapat dibagi menjadi kategori berdasarkan keragaman gradasinya: tanah bergradasi seragam, tanah berlobang, dan tanah bergradasi baik atau lengkap. Tanah dengan gradasi lengkap memiliki tahanan geser yang lebih baik dibandingkan dengan tanah bergradasi seragam karena partikel tanah dalam gradasi lengkap saling mengunci, yang menghasilkan kontak antar bulir yang lebih baik (Hardiyatmo, 2011).

Pengujian Tanah dilapangan

Penyelidikan tanah di lapangan merupakan langkah awal yang sangat penting dalam mencapai keberhasilan suatu proyek pembangunan. Penyelidikan tanah diperlukan untuk memberikan informasi seperti jenis lapisan tanah, parameter tanah, dan muka air. Selanjutnya, data ini dianalisis dan diolah untuk membuat rekomendasi tentang kelayakan dan keselamatan proyek, serta dampak pada lingkungan.

Pada umumnya, penyelidikan tanah menghasilkan beberapa data sebagai berikut:

- a. Kedalaman lapisan tanah keras diperlukan untuk menentukan jenis pondasi yang akan digunakan
- b. Informasi tentang parameter tanah yang diperlukan untuk menganalisis daya dukung pondasi, termasuk perkiraan muka air tanah
- c. Data untuk memprediksi penurunan yang akan terjadi akibat beban bangunan
- d. Pengaruh pembangunan terhadap lingkungan dan solusi untuk menanganinya.

Hardiyatmo (2011) menjelaskan beberapa pengujian tanah yang dapat dilakukan dilapangan antara lain:

- a. Pengeboran
Pekerjaan geoteknik yang dilakukan adalah pengeboran tanah untuk mengetahui jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah. Pengeboran dapat dilakukan dengan tenaga manusia (*hand boring*) dengan kedalaman 2 sampai 5 meter. Pengeboran ini dapat dilakukan sampai kedalaman 30 meter, tetapi untuk pengeboran yang melebihi 10 meter sudah sangat tidak layak menggunakan tenaga manusia.
- b. Sondir – *Cone Penetration Test (CPT)*
Sondir merupakan alat uji tahanan tanah yang paling umum digunakan di Indonesia. Alat ini lebih mudah dibawa dan digunakan, dan memperkirakan daya dukung tanah lebih cepat dan lebih murah.

- c. *Standard Penetratin Test (Nspt)*

Uji penetrasi standar (SPT) perlu dilakukan apabila sulit dalam mendapatkan contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, karakteristik tanah pasir ditentukan melalui pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan.

- d. *Dynamic Cone Penetration Test (DCPT)*

Daya dukung tanah menurut pengujian (DCPT) umumnya digunakan pada aplikasi perkerasan jalan raya. Biasanya, grafik empiris digunakan untuk mengkonversi nilai daya dukung datanh ke dalam nilai *California Bearing Ratio (CBR)*.

- e. *Vane Shear Test*

Uji *vane shear* digunakan untuk mengestimasi kekuatan geser tanah pada tanah berbutir halus.

Tanah granuler, seperti pasir dan kerikil, tidak berkohehi ($c=0$), atau mempunyai kohesi sangat kecil sehingga dalam perhitungan kapasitas daya dukung sering diabaikan. Tanah granuler mempunyai permeabilitas yang besar, sehingga hitungan daya dukung pasir selalu didasarkan pada kondisi terdrainase (*drained*). Sudut geser dalam pasir (ϕ') sangat dipengaruhi oleh kerapatan relatif yang nilainya berkisar antara 25^0 sampai 45^0 (Hardiyatmo, 2011).

Nilai sudut geser yang sering digunakan berkisar antara $30^0 - 40^0$. Hardiyatmo (2011), menyebutkan bahwa nilai sudut geser (ϕ') untuk pasir longgar dan tidak padat = 30^0 , sementara untuk pasir padat nilai sudut geser (ϕ') yang direkomendasikan = 35^0 . Kedua nilai sudut geser tersebut dapat dipertimbangkan sebagai nilai yang aman (Hardiyatmo, 2011)

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengecekan daya dukung pondasi tapak pada SDN 12 Muntei, Mentawai. Review ini dilakukan terhadap desain awal dari bangunan tersebut. Jika desain awal tidak memenuhi syarat kapasitas daya dukung pondasi, maka akan dilakukan desain ulang/ *redesain* pada penelitian selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Pengambilan Data dan Pengolahan Penelitian

Data teknis yang dibutuhkan pada penelitian ini mengacu kepada desain awal SDN 12 Muntei. Desain awal tersebut, merupakan data sebelum dilakukan review dan desain ulang pada bangunan tersebut. Review dan desain ulang ini telah dilakukan sebelum bangunan didirikan.

Pada penelitian ini pengecekan kekuatan pondasi dilakukan dengan menggunakan metode Terzaghi. Data penelitian diambil dari data awal perencanaan bangunan, kemudian dimodelkan menggunakan aplikasi SAP2000 dan kemudian dilakukan analisis dengan membandingkan antara kekuatan dari pondasi yang direncanakan dengan beban maksimal yang dipikul oleh pondasi. Hasil akhir analisis ini nantinya akan memberikan informasi tentang daya dukung pondasi apakah mencukupi beban yang dipikulnya atau tidak.

Tahapan Penelitian

Setiap penelitian perlu disertai dengan rancangan penelitian untuk mengontrol proses pelaksanaan tercapainya tujuan dari penelitian tersebut. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

Tahap pertama, asumsi dan preliminary desain.

Data teknis bangunan gedung menggunakan data yang ada pada *Detail Engineering Design (DED)* SDN 12 Muntei yang dapat diakses dari Laporan Perencanaan Review Desain SDN 12 Muntei. Data tanah diasumsikan dengan mengacu kepada referensi terkait pondasi menurut Hakam (2008) dan Hardiyatmo, (2011).

Tahap kedua, yaitu permodelan

Permodelan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai gaya-gaya dalam terutama nilai axial maksimal yang bekerja pada bangunan. Permodelan 3D untuk bangunan gedung sekolah dilakukan dengan mengacu pada data yang ada pada tahap 1, menggunakan aplikasi SAP2000. Keluaran dari permodelan adalah nilai beban axial maksimal

dari bangunan gedung SDN 12 Muntei tersebut.

Tahap ketiga, pengolahan data

Analisis data dilakukan dengan pengecekan kekuatan pondasi rencana dan membandingkannya dengan kapasitas daya dukung maksimal yang mampu dipikul oleh pondasi. Setelah dilakukan perbandingan, kemudian disimpulkan tentang kelayakan pondasi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

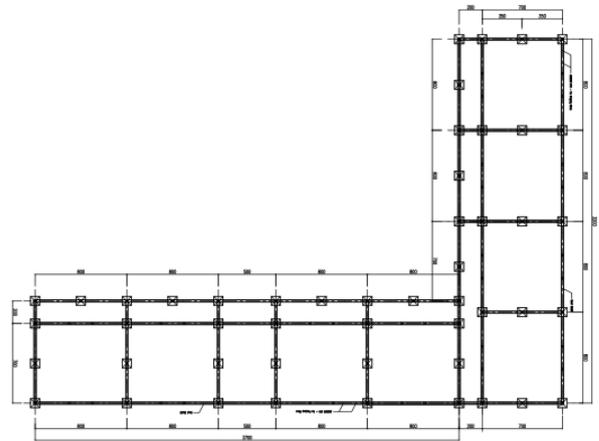
Data eksisting SDN 12 Muntei

Gambar denah pondasi

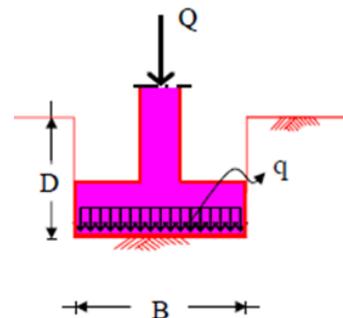
Bangunan SD ini merupakan bangunan satu lantai dengan luas total bangunan adalah 621 m^2 . Denah dan tampak atas bangunan SDN 12 Muntei dapat dilihat pada Gambar 5.

Desain awal pondasi

Desain awal pondasi pada SDN 12 Muntei ini dapat dilustrasikan seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Denah Pondasi Bangunan SDN 12 Muntei



Gambar 6. Potongan Penampang Pondasi SDN 12 Muntei

Penyelidikan tanah

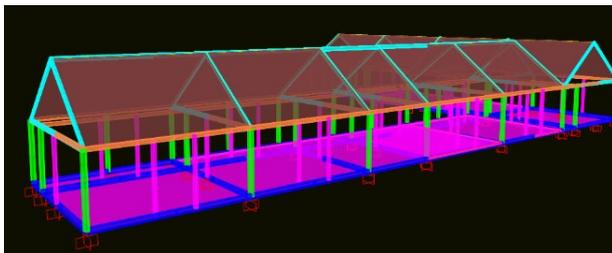
Perencanaan ini tidak dilengkapi dengan data pengujian tanah. Tidak adanya data pengujian tanah menjadi alasan utama review desain pondasi tapak pada SDN 12 Muntei ini dilakukan hanya dengan asumsi jenis tanah pada daerah pantai. Lahan pantai dan pesisir merupakan tanah pasiran dengan karakteristik tanah bertekstur kasar, lepas- lepas dan terbuka menjadi sangat peka terhadap erosi (Ma'aruf, 2018)

Data desain awal pondasi tapak SDN 12 Muntei adalah:

Jenis Pondasi	: Pondasi Tapak
Jenis Tanah	: Tanah Pasir (asumsi)
Kedalaman Rencana	: 1.45 m
Berat volume, γ	: 15.69 KN/m ³ (asumsi)
Kohesi, c	: 0 KN/m ² (asumsi)
Sudut geser dalam, ϕ	: 30° (asumsi)
Kedalaman, (D)	: 1.45 m (diambil dari elevasi existing)
Lebar, B	: 0.8 m
Panjang bentang (L)	: 4.25m

Permodelan SDN 12 Muntei dengan menggunakan aplikasi SAP2000

Permodelan menggunakan aplikasi SAP2000 dilakukan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang bekerja pada bangunan. Bentuk bangunan setelah dimodelkan dapat dilihat pada Gambar 7.

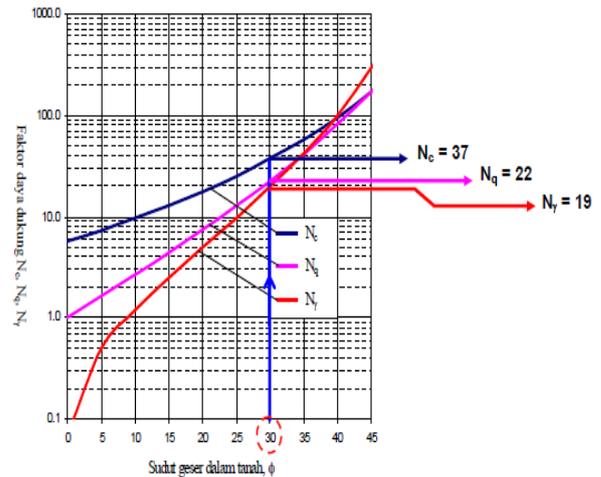


Gambar 7. Permodelan SDN 12 Muntei

Daya dukung pondasi

Daya dukung pondasi dihitung melalui metode Terzaghi (1943), keterbatasan data yang tersedia membuat beberapa data yang dibutuhkan diasumsikan terlebih dahulu. Tanah diasumsikan sebagai tanah pasir dengan sudut geser dalam sebesar 30°. Sehingga didapatkan

nilai faktor daya dukung seperti yang ada pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi

Nilai faktor daya dukung dari grafik yang ada pada Gambar 8 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_c &= 37 \\ N_q &= 22 \\ N_\gamma &= 19 \end{aligned}$$

Tegangan air pori (u)

Tegangan air pori (u) diasumsikan bernilai 0 t/m², karena muka air tanah sangat dalam sehingga tegangan air pori dianggap tidak berpengaruh di dalam perhitungan daya dukung pondasi.

Tegangan total,

$$\begin{aligned} &= 15.67(\text{KN/m}^3) \times 1.45\text{m} \\ &= 22.76\text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tegangan efektif (q')

$$\begin{aligned} q' &= \gamma \times D \\ &= 15.67 (\text{KN/m}^3) \times 1.45\text{m} \\ &= 22.76 \text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai tegangan efektif pada tanah pasir sama dengan nilai tegangan totalnya.

Faktor bentuk S_c dan S_γ

Nilai S_c dan S_γ ditentukan dari bentuk pondasi tapak yang digunakan. Untuk menentukan nilai S_c dan S_γ dapat mengacu pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai S_c dan S_γ Berdasarkan Bentuk

Faktor bentuk	Bentuk Pondasi		
	Menerus (L >> B)	Bujur Sangkar (L = B)	Lingkar (diameter=B)
S_c	1.0	1.3	1.3
S_γ	1.0	0.8	0.6

(Sumber: Rekayasa Pondasi, Hakam, 2008)

Dari Tabel 3 didapatkan nilai berikut:

$$S_c = 1.3$$

$$S_\gamma = 0.8$$

Daya dukung pondasi

Daya dukung pondasi (q_u) dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} q_u &= cN_c \times S_c + q'N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma (S_\gamma) \\ &= (0 \text{ KN/m}^2) (37) (1.3) + (22.76 \text{ KN/m}^2) \\ &\quad (22) + 1/2 (15.67 \text{ KN/m}^3) (0.8) (19) \\ &\quad (0.8) \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 + 500.702 \text{ KN/m}^2 + 190.863 \\ &\quad \text{KN/m}^2 \\ &= 691.568 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate

Daya dukung batas atau daya dukung *Ultimate* (Q_u) yang mampu ditahan oleh pondasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_u &= (B \times B) q_u \\ &= 0.8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 691.568 \text{ KN/m}^2 \\ &= 442.60 \text{ KN} \end{aligned}$$

Daya dukung izin (Allowable)

Daya dukung izin (Q_a) yang dapat diterima oleh pondasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_u / SF \\ SF &= 3 \\ &= 147.534 \text{ KN} \end{aligned}$$

Beban axial maksimal yang dipikul oleh pondasi

Beban axial maksimal pondasi dihasilkan dari output SAP2000 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Beban Axial Maksimal Bangunan

	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
Max	151.34	166.85	338.89	101.34	99.11	11.21
Min	-151.34	-166.85	-334.99	-101.34	-107.93	-11.74

$$P_{maks} = 338.889 \text{ KN}$$

Beban Izin (Q_a)

$$Q_a = 147.534 \text{ KN}$$

$$\text{Jika } Q_a > P_{maks} = \text{Oke}$$

$$\text{Jika } Q_a < P_{maks} = \text{Tidak Oke}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:

$$Q_a = 147.534 \text{ KN}$$

$$P_{maks} = 338.89 \text{ KN}$$

$$Q_a < P_{maks}$$

$$147.534 < 338.89 \text{ KN}$$

$Q_a < P_{maks}$, berarti penampang tidak oke dan harus diperbesar.

KESIMPULAN

Review desain awal struktur bawah pondasi tapak SDN 12 Muntei menunjukkan bahwa beban maksimal (P_{maks}) yang dipikul oleh pondasi melebihi kapasitas Daya Dukung Izin (*Allowable Capacity*, Q_a) atau kekuatan pondasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penampang tidak mampu menahan beban yang diterimanya. Disarankan untuk melakukan desain ulang/*redesign* terhadap pondasi pada bangunan tersebut dengan ditambahkan sistem perkuatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mitra yaitu PT M7 Grup Konsultan yang telah bersedia memberikan data DED sebagai referensi dalam tulisan ini.

REFERENSI

- Asman, A., Barlian, E., Hermon, D., Dewata, I., Umar, I., 2020. Mitigation and Adaptation of Community using AHP in Earthquake Disaster-Prone Areas in Pagar Alam City - Indonesia. *International Journal of Management and Humanities*. 4(9): 34–38. <https://doi.org/10.35940/ijmh.i0851.054920>
- Dharmayasa, I.G.N.P., Utami, Ayu, N.A.D., 2018. Desain Pondasi Telapak Berdasarkan Uji CPT di Daerah Kuta, Bali. *PADURAKSA: Jurnal Teknk Sipil Universitas Warmadea*. 7(2): 123-137. <https://doi.org/10.22225/pd.7.2.942.123-137>
- Eze, K. N., Igwe, O., Okereke, D. N., Uwom, C. S., Ukor, K. P., 2023. Foundation integrity assessment of failed buildings in Ehamufu and Aguamede, South East Nigeria. *Scientific Reports*. 13(1): 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28043-y>
- Jaelani, F. S., Syafier, S., 2023. Perancangan Program Analisa Daya Dukung dan Perencanaan Pondasi Telapak Berdasarkan SNI 2847:2013. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 3(12): 1213–1223. <https://doi.org/10.59141/cerdika.v3i12.718>
- Hakam, A., 2008. *Rekayasa Pondasi*, Edisi pertama, CV Bintang Grafika, Padang.
- Hardiyatmo, H.C., 2011. *Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian 1 Edisi ke-2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hesna, Y., Hidayat, B., 2019. Social capital factors in disaster risk reduction on West Sumatera non-engineered house. In: *MATEC Web of Conferences*, 276, 02004. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927602004>
- Ismail, M. R., Setyanto, Zakaria, A., 2015. Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi Footplate Dengan Menggunakan PHP Script. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(3):483-492.
- Kim, Y. J., Gajan, S., Saafi, M., 2011. Settlement Rehabilitation of a 35-Year-Old Building: Case Study Integrated with Analysis and Implementation. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 16(4): 215–222. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000092](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000092)
- Kusuma, H., Hartono, 2018. Analisis Daya Dukung dan Penurunan Tanah Terhadap Pondasi Telapak di Pembangunan RUKO Jl Pelabuhan di Kota Sukabumi. *SANTIKA: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*. 8(2): 787-796. <https://doi.org/10.37150/jsa.v8i2.396>
- Ma'aruf, A., 2017. *Karakteristik Lahan Pesisir dan Pengelolaannya untuk Pertanian*. <http://dx.doi.org/10.31227/osf.io/pgfyv>
- Nurbani, K., Abdullah, A. G., Surahman, U., 2020. Preparedness of vocational high schools in the face of earthquake disasters in Lembang fault area, Indonesia. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042094>
- Putra, R. R., 2019. Pengembangan dan Pemberdayaan Masyarakat Desa/ Nagari Matobe Kecamatan Sipora Selatan Kabupaten Mentawai Menjadi Nagari Tangguh Bencana Gempa dan Tsunami. *Jurnal Aerasi*. 1(2): 42-53.
- Qureshi, M. I., Khan, S. U., Rana, I. A., Ali, B., Rahman, A. ur., 2021. Determinants of people's seismic risk perception: A case study of Malakand, Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 55(May 2020), 102078. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102078>
- Ye, Z., Giriunas, K., Sezen, H., Wu, G., Feng, D. C., 2021. State-of-the-art review and investigation of structural stability in multi-story modular buildings. *Journal of Building Engineering*. 33, 101844. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101844>