

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pondasi

Semua konstruksi bangunan sipil akan ditopang oleh tanah, termasuk gedung, jembatan, jalan dan berbagai bangunan air seperti bendungan dan saluran irigasi. Oleh karena itu kondisi tanah dasar sangat mempengaruhi kestabilan dan keamanan konstruksi bangunan di atasnya. Salah satu unsur bangunan yang langsung berhubungan dengan tanah dasar adalah pondasi (Sarifah, Pasaribu, and Hariri 2023).

Pondasi bangunan adalah konstruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan. Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung dibawahnya. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang ada di bawah struktur tersebut (Wilar 2016).

Penurunan yang terjadi pada pondasi merupakan masalah yang rumit untuk diketahui karena banyak faktor yang memengaruhinya, seperti gangguan pada tegangan tanah yang dapat terjadi pada saat proses pemasangan dan posisi pengalihan beban dari pondasi ke tanah keras.

2.2 Klasifikasi Pondasi

Secara umum terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan pondasi bangunan tergantung jenis struktur, beban dan jenis tanahnya. Untuk konstruksi beban ringan biasanya dipakai pondasi dangkal, dan untuk konstruksi dengan beban yang besar, umumnya digunakan pondasi dalam.

2.2.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal digunakan apabila letak tanah kerasnya yang berada dekat dengan permukaan sebuah tanah dan tidak terlalu dalam, yakni sebuah kedalaman (D) pondasi kurang atau sama dengan lebar (B) pondasi, ($D \leq B$). Kapasitas daya dukung pondasi dangkal ialah kemampuan tanah dibawah pondasi yang menahan sebuah beban-beban, beban-beban tersebut yang diteruskan oleh pondasi dangkal (Fauzi and Ikhyia 2016). Pondasi-pondasi lainnya yang mempunyai lebar kurang

dari jarak D, dimasukkan dalam kategori pondasi dangkal, pada umumnya pondasi dangkal mempunyai kedalaman ≤ 3 meter, jenis-jenis pondasi dangkal :

a. Pondasi Telapak

Pondasi tapak adalah jenis pondasi yang memiliki ciri utama berupa penyebaran beban secara merata ke dalam tanah melalui permukaan dasar yang luas. Disebut “tapak” karena pondasi ini memiliki bentuk yang menyerupai tapak kaki manusia. Bentuk ini dirancang untuk menyebar beban secara efisien ke dalam tanah sehingga dapat menopang struktur bangunan di atasnya dengan baik (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Pondasi Telapak

b. Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali (Gambar 2.2) adalah jenis pondasi yang memanfaatkan batu alam sebagai material utamanya. Batu-batu ini disusun sedemikian rupa, lalu dicampur dengan bahan pengikat seperti semen dan pasir. Proses pengikatan ini dilakukan agar pondasi menjadi satu kesatuan yang kukuh.

c. Pondasi Batu Bata (*Rollag*)

Pondasi *rollag* adalah salah satu jenis pondasi dangkal yang banyak diaplikasikan untuk menahan beban pada bangunan. Jenis pondasi ini terbuat dari tumpukan batu bata yang dirangkai dengan adukan beton. Ukuran kedalaman galian tanah yang sering diterapkan berkisar antara 50-80 centimeter (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 Pondasi Batu Kali



Gambar 2.3 Pondasi Batu Bata (*Rollag*)

d. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah jenis pondasi yang terbuat dari beton bertulang dengan bentuk yang menyerupai rakit, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.4. Oleh karenanya, pondasi ini juga biasa disebut dengan pondasi rakit. Sebelum memilih untuk menggunakan pondasi ini, daya dukung tanahnya harus sudah memenuhi syarat. Selain itu, jumlah lantai bangunan tingkat yang bisa dipenuhi adalah 10 lantai. Penggunaan pondasi rakit biasanya dikerjakan untuk bangunan yang mempunyai basement. Karena pondasi ini dinilai mampu mengurangi risiko momen guling pada bangunan gedung bertingkat. Jika tidak digunakan pondasi

rakit, maka bangunan bertingkat biasanya menggunakan pondasi dalam, dimana keduanya mampu mencegah terjadinya momen guling.



Gambar 2.4 Pondasi Rakit

2.2.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari (Kisbandy 2016).

a. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah struktur yang berfungsi untuk menahan beban dari bangunan di atasnya. Tiang pancang terbuat dari bahan seperti besi, beton, atau kayu dan ditanam ke dalam tanah dengan menggunakan mesin pancang atau metode pengeboran. Tiang pancang biasanya digunakan pada proyek konstruksi seperti gedung tinggi, jembatan, dan bangunan di atas tanah yang lembek atau berlumpur. Dengan menggunakan tiang pancang, bangunan dapat dibangun dengan lebih stabil dan aman (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Pondasi Tiang Pancang

b. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran merupakan jenis pondasi bangunan yang terdiri dari susunan pipa beton melingkar yang dicor sehingga memiliki bentuk silinder layaknya sebuah sumur (Gambar 2.6). Jenis pondasi ini juga sering disebut dengan istilah *cyclop*. Jenis pondasi sumuran termasuk jenis pondasi dalam yang biasanya digunakan pada konstruksi bangunan yang dilakukan ke arah vertikal. Oleh sebab itu, jenis pondasi yang satu ini sangat cocok dijadikan pilihan untuk gedung atau bangunan lain yang dibangun di kawasan pinggiran bukit maupun tanah berbatu. Hal ini karena detail pondasi sumuran yang efektif memiliki fungsi untuk memperkuat tanah bangunan. Sehingga mampu menahan tekanan tanah yang rentan terhadap longsor. Di samping itu, jenis pondasi ini juga berfungsi untuk menjaga dan menopang beban bangunan agar bangunan tetap stabil.

c. Pondasi *Strauss Pile*

Pondasi *Strauss Pile* merupakan salah satu jenis pondasi struktur untuk konstruksi bangunan di mana dapat dikerjakan tanpa menggunakan peralatan mesin karena dibangun dengan cara menggali tanah secara manual memanfaatkan alat bor auger. Proses tersebut menggunakan tenaga dari manusia, dengan demikian penggunaannya cukup sederhana dan tidak akan menimbulkan kebisingan. Pondasi ini biasanya

digunakan untuk konstruksi rumah ataupun bangunan dengan 2-3 lantai. Lubang bor yang digunakan untuk mendirikan pondasi biasanya harus bersih dari lumpur sehingga akan membuat kualitas dari betonnya lebih kokoh dan kuat. sebenarnya penggunaan pondasi *Strauss Pile* (Gambar 2.7) mempunyai fungsi mirip dengan pondasi *Bore Pile*. Tetapi perbedaannya terletak dalam penerapannya pada tanah dengan kondisi lunak. Di samping itu, untuk kedalaman lubangnya sekitar 6-10 meter dengan diameter sekitar 30 cm.



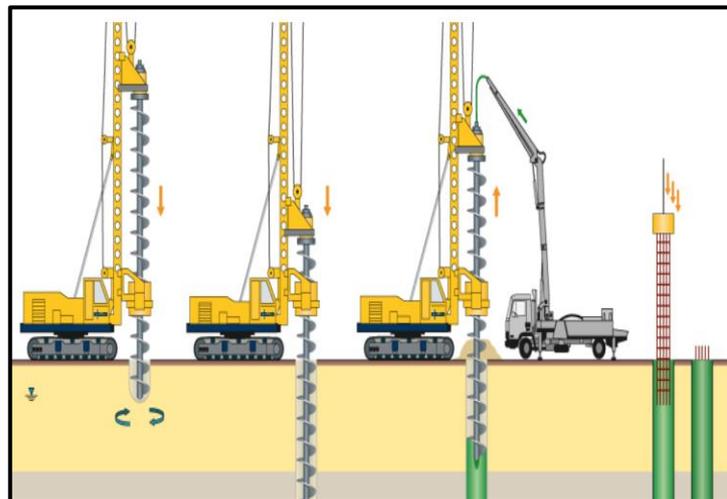
Gambar 2.6 Pondasi Sumuran



Gambar 2.7 Pondasi *Strauss Pile*

d. Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *Bore Pile* (Gambar 2.8) adalah jenis pondasi dalam yang umum digunakan pada bangunan vertikal dengan lapisan lantai yang jumlahnya cukup banyak. Pondasi *Bore Pile* banyak digunakan pada konstruksi bangunan yang berlokasi di kawasan padat penduduk karena dianggap efektif dan tidak menyebabkan pergerakan tanah yang besar. Selain itu pondasi *Bore Pile* dapat digunakan sebagai alternatif jika lokasi konstruksi tidak memungkinkan untuk dibangun pondasi tiang pancang. Pondasi *Bore Pile* dibuat melalui proses pengeboran pada lapisan tanah hingga tingkat kedalaman tertentu untuk kemudian dimasukkan tulang baja yang telah dirakit ke dalam lubang bor dan diisi dengan agregat material beton. Jika digunakan pada lokasi tanah yang stabil, daya dukung dari pondasi *Bore Pile* bisa mencapai 15 meter, di mana hal ini didapatkan dari tekanan bagian ujung tiang serta daya dukung geser yang berasal dari daya adhesi antara pondasi *Bore Pile* dengan tanah di sekitarnya.



Gambar 2.8 Pondasi Bore Pile

2.3 Pondasi Sumuran (*Caisson Foundation*)

Pondasi sumuran adalah pondasi yang dibangun dengan menggali cerobong tanah berpenampang lingkaran dan dicor dengan beton atau campuran batu dan mortar. Pondasi sumuran diklasifikasikan sebagai bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan apabila tanah dasar terletak pada

kedalaman yang relatif dalam dengan persyaratan perbandingan kedalaman tertanam terhadap diameter lebih kecil atau sama dengan 4. Jika nilai perbandingan tersebut lebih besar dari 4 maka pondasi tersebut harus direncanakan sebagai pondasi tiang (Waruwu and Tanjung 2022).

2.3.1 Kelebihan dan Kelemahan Pondasi Sumuran

Beberapa kelebihan dari pondasi sumuran :

1. Kedalaman sumuran dapat divariasikan.
2. Selama pelaksanaan sumuran tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
3. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi sumuran hal ini dapat dicegah.
4. Karena dasar dari pondasi sumuran dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya ke atas
5. Pondasi sumuran mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.
6. Permukaan di atas dimana dasar pondasi didirikan diperiksa secara langsung.

Beberapa kekurangan dari pondasi sumuran :

1. Proses penggalian atau pengeboran tanah yang dilakukan dapat mengakibatkan tanah longsor di sekitar wilayah tersebut.
2. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga kapasitas daya dukung tanah terhadap pondasi berkurang, maka air yang mengalir langsung dihisap dan dibuang kembali ke dalam kolam air.
3. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan atau memasang tenda sebagai penutup.
4. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah kelongsoran.

5. Karena diameter sumuran cukup besar dan memerlukan banyak beton dan material, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biaya meningkat maka ukuran pondasi sumuran disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan.

2.3.2 Jenis-jenis Pondasi Sumuran

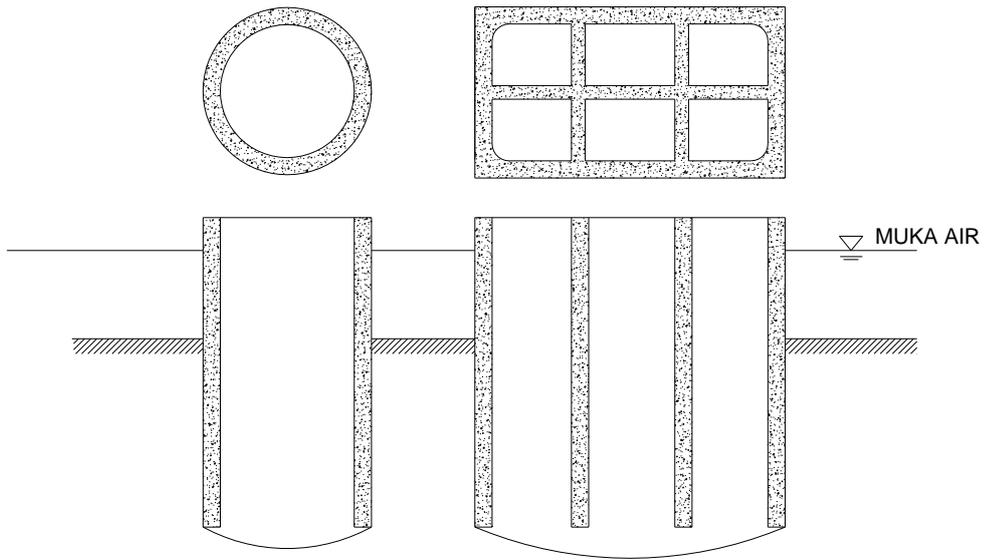
Pondasi sumuran (kaison) dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu kaison terbuka (*open caisson*), kaison bertekanan (*pneumatic caisson*), kaison apung (*Floating Caisson*).

a. Kaison terbuka (*open caisson*)

Kaison jenis ini berbentuk kotak/ silinder yang terbuka dibagian atas dan bawahnya selama pelaksanaan konstruksi. Bahan dinding pondasi yang digunakan dalam tipe ini dapat terbuat dari kayu, batu pecah, atau beton bertulang dan biasanya dibuat pada tanah yang mempunyai muka air tanah cukup dalam, sehingga tanah dapat dengan mudah dikeluarkan dari dalam silinder/kotak tersebut. Apabila muka air tanah tinggi maka jenis ini akan dapat digunakan apabila muka air tanah diturunkan terlebih dahulu.

Pembuatan pondasi kaison jenis ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dibuat ditempat lain (*prefabricated*), setelah selesai baru dipindahkan ke lokasi dan cara yang kedua dengan dibuat langsung di lokasi (*insitu*).

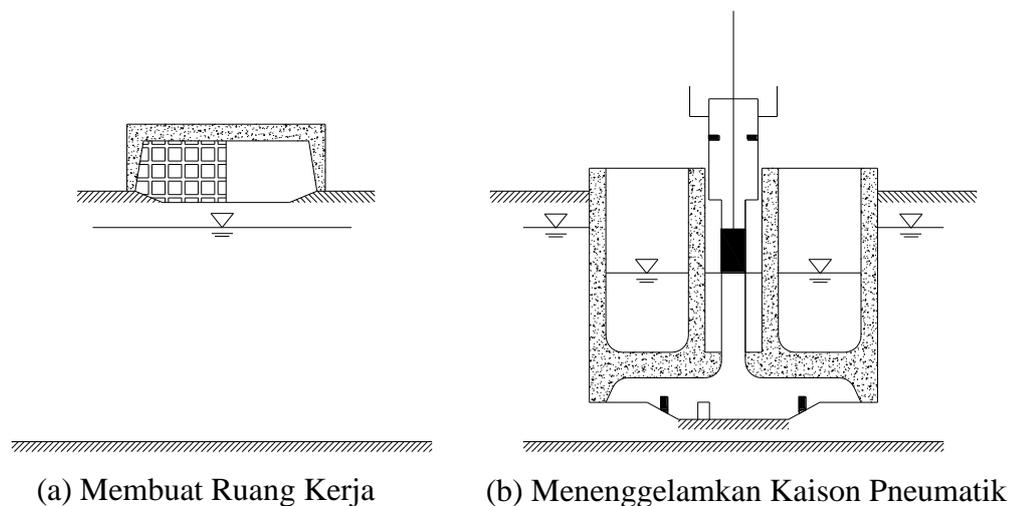
Cara pelaksanaan pemasangan pondasi diawali dengan meletakkan bagian dasar kaison dengan bagian dinding yang tajam di permukaan tanah, selanjutnya dilakukan penggalian, tanah dari dalam kaison. Selama pelaksanaan penggalian, kaison mengalami penurunan secara perlahan-lahan. Pekerjaan tersebut dilakukan terus sampai sisi dasar kaison mencapai tanah keras. Setelah pekerjaan galian selesai, dilanjutkan dengan pen-cor-an beton alas sampai ketebalan tertentu. Setelah beton cukup mengeras, kemudian dimasukkan bahan pengisi (biasanya pasir) lalu ditutup dengan beton penutup (Gambar 2.9).



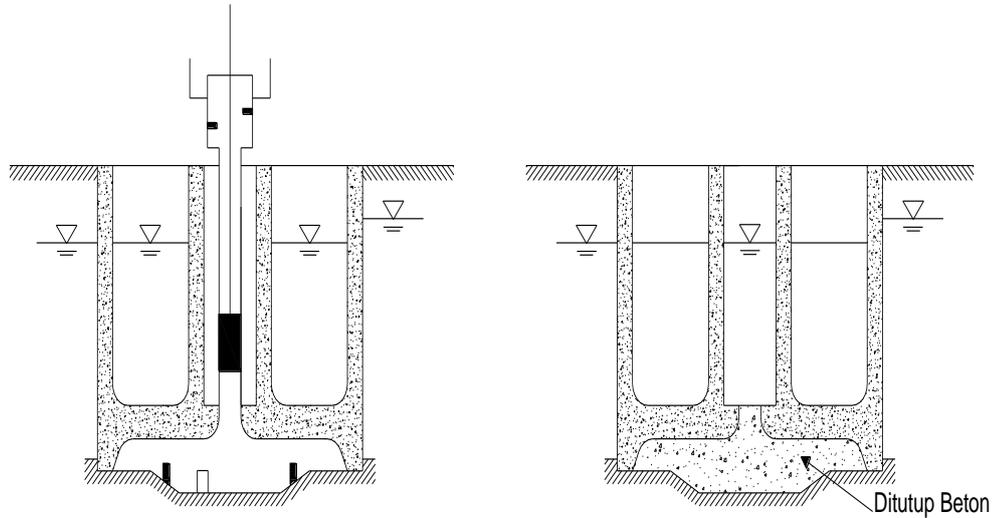
Gambar 2.9 Pondasi Kaison Terbuka

b. Kaison bertekanan (*Pneumatik Caisson*)

Apabila dijumpai pekerjaan pondasi dengan tekanan air cukup besar (pondasi di laut), maka digunakan sistem *Pneumatik caisson*. Pondasi jenis ini mempunyai ruangan khusus sebagai tempat kerja dengan tekanan dalam ruangan tersebut lebih tinggi dari tekanan atmosfer, dengan tujuan untuk mencegah rembesan air dari bawah agar tidak masuk kedalam ruangan kerja. Secara umum konstruksi ini hampir sama dengan sisi terbuka dengan ruangan kerja di bagian bawah (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Cara Pemasangan Pondasi Kaison Bertekanan



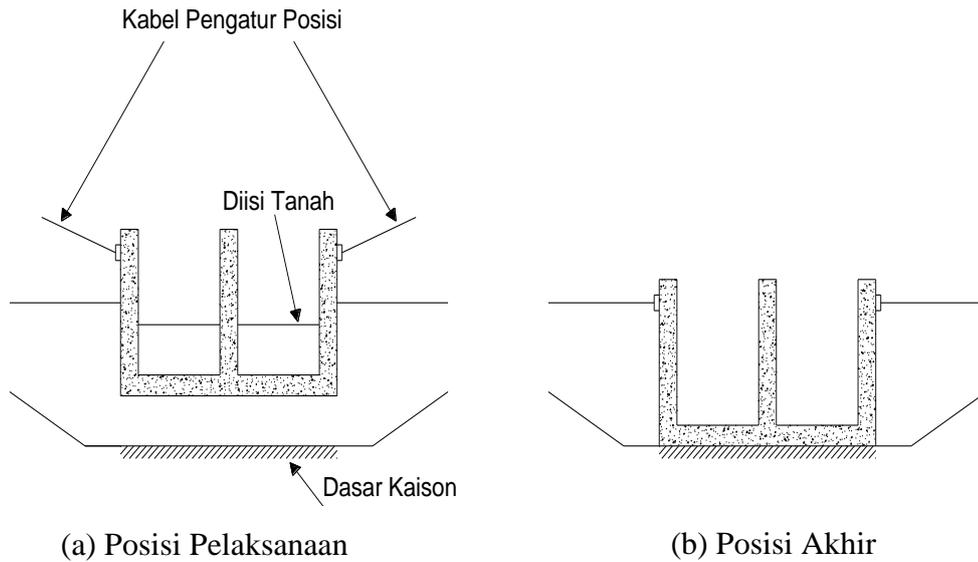
(c) Dasar Kaison Pneumatik Telah Mencapai Tanah Pendukung

(d) Ruang Kerja dicor Beton

Gambar 2.10 Cara Pemasangan Pondasi Kaison Bertekanan (Lanjutan)

c. Kaison apung (*Floating Caisson*)

Bentuk fondasi ini adalah kotak/silinder (Gambar 2.11) dengan sisi bagian atasnya terbuka, sedangkan sisi bawah tertutup. Biasanya konstruksi ini terbuat dari beton bertulang. Pembuatan fondasi jenis ini, umumnya di tempat kering setelah selesai dipindahkan ke lokasi. Tipe tersebut dipakai untuk tanah yang mempunyai kuat dukung cukup tinggi dan kedalaman muka air tanah cukup dangkal. Selain itu, tipe ini sering dipakai untuk fondasi yang berada di air dengan beban yang bekerja tidak berat. Fondasi jenis ini biasanya dipakai untuk fondasi pemecah gelombang. Pembedaman kaison ke dalam air atau tanah yang berair, dilakukan dengan cara mengisikan pasir, kerikil, beton, atau air ke beberapa meter di bawah puncak kaison untuk mencegah air masuk ke dalamnya.



Gambar 2.11 Cara Pemasangan Pondasi Kaison Apung

2.4 Daya Dukung Pondasi Sumuran

Daya dukung pondasi sumuran dapat dihitung menggunakan berbagai jenis metode perhitungan. Data pengujian tanah dilapangan merupakan salah satu yang dapat digunakan (Juniza, Nuklirullah, and Dwina 2022). Pondasi sumuran yang ditempatkan dengan melakukan ekskavasi tanah sebelum menempatkan casing sumuran, dikategorikan sebagai “pondasi dangkal”. Sedangkan pondasi sumuran yang dimasukkan ke dalam lapisan tanah melalui tekanan, dimana tidak dilakukan gangguan pada lapisan tanah yang berada di luar casing sehingga terjadi mobilisasi tahanan kulit pada dinding luar sumuran, maka pondasi sumuran semacam itu dikategorikan sebagai “pondasi dalam”.

Untuk menentukan daya dukung pondasi terlebih dahulu mengetahui data – data tanah, momen yang bekerja dan beban yang membebani Pada sumuran umumnya didukung oleh tanah dengan kondisi tiang yang tertahan pada ujung (*End Bearing Pile*). Tiang semacam ini dimasukkan sampai lapisan tanah keras sehingga beban yang ada dipikul oleh lapisan ini di salurkan ke dalam tanah keras yang berada pada ujung tiang.

Dalam Persamaan daya dukung pondasi sumuran dapat dihitung dengan Metode Reese dan O’Neill (1989) (Oemar et al. 2021) sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s + W_p \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : Q_u = Daya dukung ultimit

Q_b = Daya dukung ujung tiang

Q_s = Daya dukung selimut

W_p = Berat sumuran

Daya dukung pada ujung tiang pada pondasi umumnya diperoleh dari jumlah tahanan ujung dengan luas penampang. Untuk perhitungan daya dukung ujung tiang, yaitu :

$$Q_b = A_b \times F_b \rightarrow F_b = 0,60 \sigma_r \times N_{60} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : Q_b = Daya Dukung ujung tiang (ton)

A_b = Luas penampang ujung tiang (cm^2)

F_b = Tahanan ujung neto per satuan luas (kPa)

σ_r = Tegangan referensi = 100 kPa

N_{60} = Nilai N-SPT rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai 2db di bawahnya. Tidak perlu dikoreksi terhadap *overburden*.

Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung daya dukung selimut tiang adalah sebagai berikut :

$$Q_s = 0,1 \times N \times A_s \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : N = Nilai N-SPT rata-rata sepanjang tiang

A_s = Luas penampang tiang (m)

Selain itu daya dukung sumuran juga dapat diperoleh dari hasil pengujian lapangan menurut Mayerhof (1956) dan Terzaghi & Peck (1974) (Aisah and Dhiniati 2023).

Dalam menentukan daya kapasitas daya dukung berdasarkan percobaan di lapangan baik Cone Penetration Test (CPT) maupun Standard Penetration Test (SPT), pada umumnya mempunyai keuntungan bahwa dengan cara tersebut kapasitas daya dukung dapat diperoleh langsung setelah hasil tes di lapangan dilaksanakan.

a. Daya dukung sumuran berdasarkan Standar Penetration Test (SPT)

Menurut Mayerhof (1956), untuk tanah pasir daya dukung ijin dari pondasi dapat diperoleh dengan cara berikut ini:

Untuk $(B) \leq 1,22$ m

$$q_{ijin} = 12 \text{ (kN / m}_2\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk (B) > 1,22 m

$$q_{ijin} = 8N \left(\frac{B+0,3}{B} \right)^2 \text{ (kN / m}_2\text{)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

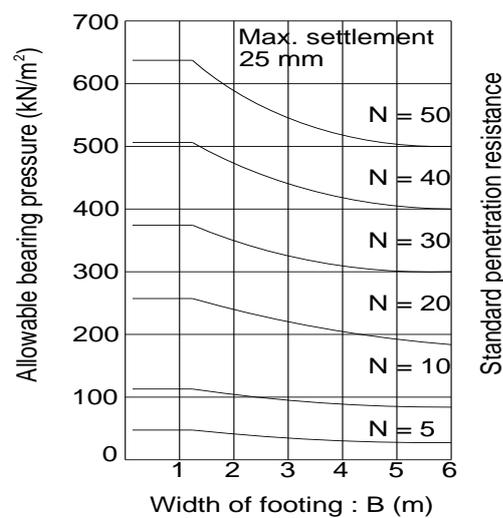
- q_{ijin} = daya dukung izin
- N = Nilai N-spt
- B = Lebar Pondasi

Terzaghi dan Peck juga memberikan chart empiris untuk menentukan daya dukung yang aman untuk suatu pondasi dengan membatasi penurunan maksimum 2,5 cm dan perbedaan penurunan diferensial 2 cm (Gambar 2.12).

$$q_{all} = 3,5 (N - 3) \left[\frac{B+0,3}{2B} \right]^2 R_{w2} R_d \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- q_{all} = daya dukung izin netto dengan penurunan maksimum 2,5 cm
- N = Nilai N-spt
- B = Lebar pondasi
- R_{w2} = Faktor reduksi akibat air tanah = $0,5 (1 + z_{w2}/B)$
- R_d = Faktor kedalaman = $1 + D/B < 2,0$



Gambar 2.12 Daya Dukung Izin Berdasarkan Nilai N-spt dan Lebar Pondasi

b. Daya dukung sumuran berdasarkan Cone Penetration Test (CPT)

Dengan berdasarkan nilai tahanan ujung conus dari uji sondir Mayerhof mengajukan daya dukung bersih dari pondasi dengan batas penurunan ijin 25 mm sebagai berikut :

Untuk $(B) \leq 1,22 \text{ m}$

$$q_{ijin} = \frac{q_c}{30} \quad (kg/m^2) \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk $(B) > 1,22 \text{ m}$

$$q_{ijin} = \frac{q_c}{50} \left(\frac{B+3}{B}\right)^2 \quad (kg/m^2) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

q_{ijin} = daya dukung ijin

q_c = tahanan ujung rata-rata pada 0 s/d B dari bawah dasar pondasi

c. Daya dukung sumuran berdasarkan rumus Labolatorium

$$Q_{ult} = cN_c A + \gamma D_f N_q A + 0.5 \gamma B N_\gamma A \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Q_{ult} = Daya dukung ultimit (kn)

N_c, N_q, N_γ = Koefisien kuat dukung tanah menurut Terzaghi

D_f = Kedalaman pondasi (m)

γ = Berat isi tanah (kn/m³)

c = Kohesi tanah (kn/m²)

B = Lebar pondasi

A = Luas alas pondasi (m²)

Maksud penggunaan faktor-faktor aman adalah untuk meyakinkan keamanan tiang terhadap keruntuhan tiang dengan mempertimbangkan penurunan tiang pada 15 beban kerja yang diterapkan. Untuk menentukan faktor keamanan dapat digunakan struktur bangunan menurut (Reese & O' Neill, 1989) (Oemar et al. 2021) pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Keamanan Untuk Pondasi Tiang

| Klasifikasi Struktur | Faktor Keamanan (SF) | | | |
|----------------------|----------------------|----------------|---------------|----------------------|
| | Kontrol Baik | Kontrol Normal | Kontrol Jelek | Kontrol Sangat Jelek |
| Monumental | 2.3 | 3 | 3.5 | 4 |
| Permanen | 2 | 2.5 | 2.8 | 3.4 |
| Sementara | 1.4 | 2 | 2.3 | 2.8 |

Bangunan monumental, umumnya memiliki umur rencana melebihi 100 tahun, seperti Tugu Monas, Monumen Garuda Wisnu Kencana, jembatan-jembatan besar, dan lain-lain. Bangunan permanen, umumnya adalah bangunan gedung, jembatan, jalan raya dan jalan kereta api memiliki umur rencana 50 tahun. Bangunan sementara, umur rencana bangunan kurang dari 25 tahun, bahkan mungkin hanya beberapa saat saja selama masa konstruksi.

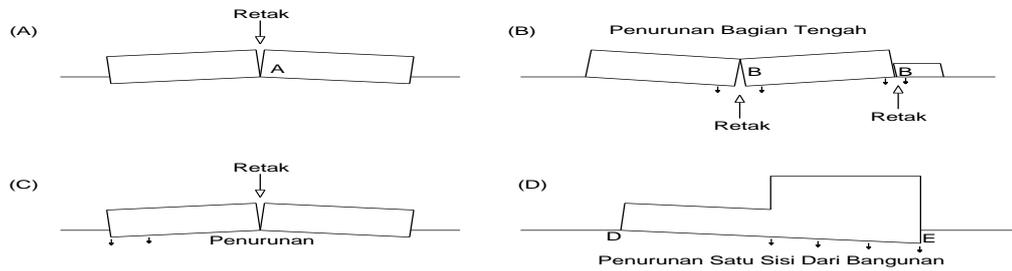
Faktor-faktor lain kemudian ditentukan berdasarkan tingkat pengendaliannya pada saat konstruksi.

1. Pengendalian Baik; kondisi tanah cukup homogen dan konstruksi didasarkan pada program penyelidikan geoteknik yang tepat dan profesional, terdapat informasi uji pembebanan di atau dekat proyek dan pengawasan konstruksi dilaksanakan secara ketat.
2. Pengendalian Normal; Situasi yang paling umum, hampir serupa dengan kondisi di atas, tetapi kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian.
3. Pengendalian Kurang; Tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan bervariasi, pengawasan pekerjaan kurang, tetapi pengujian geoteknik dilakukan dengan baik.
4. Pengendalian Buruk; Kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan geoteknik tidak memadai.

2.5 Penurunan Pondasi Sumuran

Penurunan pada pondasi merupakan berubahnya volume tanah dimana jika menambah beban yang berada di atas bidang permukaan yang dapat menyebabkan pergeseran tertentu pada suatu konstruksi. Pada dasarnya, penurunan yang tidak seragam lebih mengkhawatirkan terhadap bangunan dibandingkan dengan

penurunan total yang terjadi (Ardiyanti, Maming, and Rahman 2023). Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan

Dari Tabel 2.2 penurunan ijin menurut (*showers,1962*) (Sitompul and Lubis 2021) didapatkan syarat penurunan ijin total untuk bangunan dinding bata = 25 – 30 mm.

Tabel 2.2 Penurunan Ijin

| Tipe Gerakan | Faktor Pembatasan | Penurunan Maksimum |
|------------------------|--|----------------------------------|
| Penurunan Total | Drainase | 15 – 30 cm |
| | Jalan masuk | 30 – 60 cm |
| | Kemungkinan penurunan tidak seragam: bangunan dinding bata | 2,5 – 5 cm |
| | Bangunan rangka | 5 – 10 cm |
| | Cerobong asap, silo, pondasi rakit (mat) | 8 – 30 cm |
| Kemiringan | Stabilitas terhadap penggulingan | Bergantung pada tinggi dan lebar |
| | Miringnya cerobong asap, menara | 0,004 L |
| | <i>Rolling of trucks, dll.</i> | 0,01 L |
| | <i>Stacking of goods</i> | 0,01 L |
| | Operasi mesin - perkakas benang tenun | 0,003 L |
| | Operasi mesin – generator turbo | 0,0002 L |
| | Rel Derek (<i>crane rail</i>) | 0,0003 L |
| Drainase lantai | 0,01 L | |
| | Dinding bata kontinyu tinggi | 0,0005 - 0,001 L |
| | Bangunan penggiling satu lantai (dari batu bata) dinding retak | 0,001 – 0,002 L |

Tabel 2.2 Penurunan Ijin (Lanjutan)

| Tipe Gerakan | Faktor Pembatasan | Penurunan Maksimum |
|------------------------------|--|---------------------------|
| Gerakan Tidak Seragam | Plesteran retak (gypsum) | 0,001 L |
| | Bangunan rangka beton bertulang | 0,0025 – 0,004 L |
| | Bangunan dinding tirai beton bertulang | 0,003 L |
| | Rangka baja | 0,002 L |
| | Rangka baja sederhana | 0,005 L |

Penyelesaian untuk perhitungan penurunan karena menerima beban dari arah vertikal adalah sebagai berikut :

$$S_{total} = S_1 + S_2 + S_3 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- S_1 = Penurunan batang tiang
- S_2 = Penurunan yang disebabkan beban pada titik tiang
- S_3 = Penurunan yang disebabkan oleh beban yang ditransmisikan sepanjang poros tiang

Prosedur untuk memperkirakan tiga element penurunan tiang pondasi adalah sebagai berikut :

- Penurunan Akibat Deformasi Aksial Tiang (S_1)

Untuk perkiraan besarnya penurunan pada pondasi tiang tunggal, maka deformasi tiang batang dapat dievaluasi menggunakan prinsip – prinsip dasar mekanika bahan.

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \alpha \cdot Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- Q_{wp} = beban vertical yang diterima pondasi
- Q_{ws} = beban yang dikarenakan gesekan selimut pondasi
- A_p = luas penampang tiang
- L = panjang tiang
- E_p = modulus elastisitas tanah, (beton $(4700/\sqrt{f'c'})$)

α = koefisien yang bergantung pada distribusi gesekan selimut pada pondasi. Seragam atau parabola murni, nilai α adalah setara dengan 0,5

Dari Tabel 2.3 didapatkan perkiraan modulus elastisitas tanah menurut (Bowles,1997) (Berlinda and Susanto 2007).

Tabel 2.3 Perkiraan Modulus Elastisitas (E)

| Macam Tanah | E (kN/m ²) |
|--------------------------|------------------------|
| Lempung | |
| Sangat Lunak | 300 – 3000 |
| Lunak | 2000 – 4000 |
| Sedang | 4500 – 9000 |
| Keras | 7000 – 20000 |
| Berpasir | 30000 – 42500 |
| Pasir | |
| Berlanau | 5000 – 20000 |
| Tidak Padat | 10000 – 25000 |
| Padat | 50000 – 100000 |
| Pasir dan Kerikil | |
| Padat | 80000 – 200000 |
| Tidak Padat | 50000 – 140000 |
| Lanau | 2000 – 20000 |
| Loess | 15000 – 60000 |
| Serpilh | 140000 – 1400000 |

- Penurunan dari Ujung Tiang (S₂)

Bahan ajar rekayasa pondasi II, Pintor Tua Simatupang menjelaskan metode semiempiris untuk memperoleh besarnya penurunan dari ujung tiang (S₂).

$$S_2 = \frac{q_{wp+D}}{E_s} (1-\mu_s^2) I_{ws} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$$\mu_s = \text{nisbah poisson}$$

E_p = modulus elatisitas tanah, (beton ($4700/\sqrt{f_c'}$))

q_{wp} = tahanan ujung tiang, ($q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p}$)

D = diameter pondasi sumuran

I_{wp} = factor pengaruh = 0,85 untuk bentuk pondasi lingkaran

Nisbah Poisson didefinisikan sebagai perbandingan negatif antara regangan lateral dan regangan aksial. Nisbah Poisson menunjukkan adanya pemanjangan ke arah lateral (lateral expansion) akibat adanya tegangan dalam arah aksial.

Untuk nilai μ_s diambil = 0,30 diambil dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Parameter Elastic Tanah

| Jenis Tanah | Nisbah Poisson μ_s |
|--------------------|------------------------|
| Pasir Lepas | 0,20 – 0,40 |
| Pasir Padat Medium | 0,25 – 0,40 |
| Pasir Padat | 0,30 – 0,40 |
| Pasir Kelanauan | 0,2 – 0,40 |
| Pasir dan Kerikil | 0,15 – 0,40 |
| Lempung Lunak | |
| Lempung Medium | 0,2 – 0,50 |
| Lempung Kaku | |

- Penurunan akibat pengalihan beban (S_3)

Penyelesaian penurunan yang disebabkan oleh beban yang dibawa oleh batang tiang :

$$S_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{PL}\right) \frac{D}{E_p} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

P = Keliling Tiang

L = Panjang Tiang Tertanam

I_{ws} = Faktor Pengaruh = $2 + 0,35 \sqrt{\frac{D}{L}}$