BAB VIII
TEKNIK PONDASI LANJUT

8.1 Tinjauan Pustaka

8.1.1 Pondasi *Boredpile*

Pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan di atasnya. Ada berbagai jenis pondasi, salah satunya pondasi *bored pile*.

Pondasi *bored pile*, atau tiang bor, adalah jenis pondasi dalam yang dibuat dengan cara mengebor tanah hingga kedalaman tertentu, kemudian memasukkan rangkaian tulangan baja dan melakukan pengecoran beton di dalam lubang bor tersebut (Jawat, W., Sudarsana, D. K., & Yasa, I. M. S. 2018). Tidak seperti pondasi tiang pancang (*driven pile*) yang dipasang dengan cara dipukul atau ditekan ke dalam tanah, *bored pile* dibentuk in-situ tanpa menyebabkan getaran atau kebisingan yang besar sehingga sangat cocok digunakan pada area padat penduduk atau dekat bangunan eksisting yang sensitif terhadap getaran.

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Jenis pondasi *bored pile* banyak digunakan pada proyek konstruksi. Pelaksanaan pondasi *bored pile* yang dipilih disesuaikan dengan jenis tanah, kondisi medan serta metode konstruksi yang terpilih (Zidane et al., 2025) Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus dalam pengeboran tanah untuk pemasangan *bore pile* dibantu dengan metode *Rotary Drilling*.

Rotary Drilling adalah salah satu metode pengeboran tanah yang paling umum digunakan dalam pekerjaan pondasi dalam seperti borepile. Metode ini bekerja dengan cara memutar (rotary) mata bor (*drill bit*) sehingga tanah tergerus dan terangkat ke permukaan, baik secara mekanis maupun dengan bantuan lumpur bor (*drilling fluid*) salah satu metode pengeboran tanah yang paling umum digunakan dalam pekerjaan pondasi dalam seperti

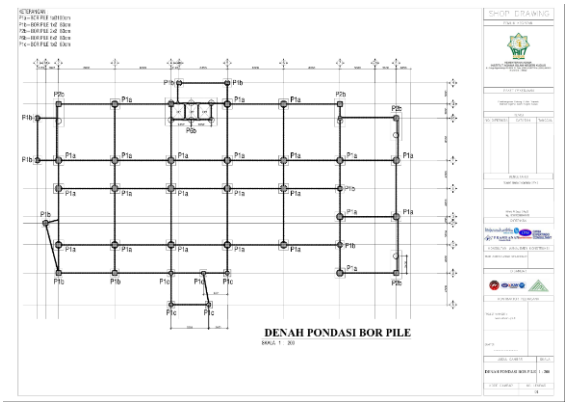
Boredpile. Metode ini bekerja dengan cara memutar (rotary) mata bor (*drill bit*) sehingga tanah tergerus dan terangkat ke permukaan. Berikut merupakan gambar pengeboran *Boredpile* menggunakan metode *Rotary Drilling Rig.*



Gambar 8. 1 Metode Pengeboran *Rotary Drilling Rig*
Sumber : Dokumen Pribadi

8.2 Data Proyek Pekerjaan *Boredpile*

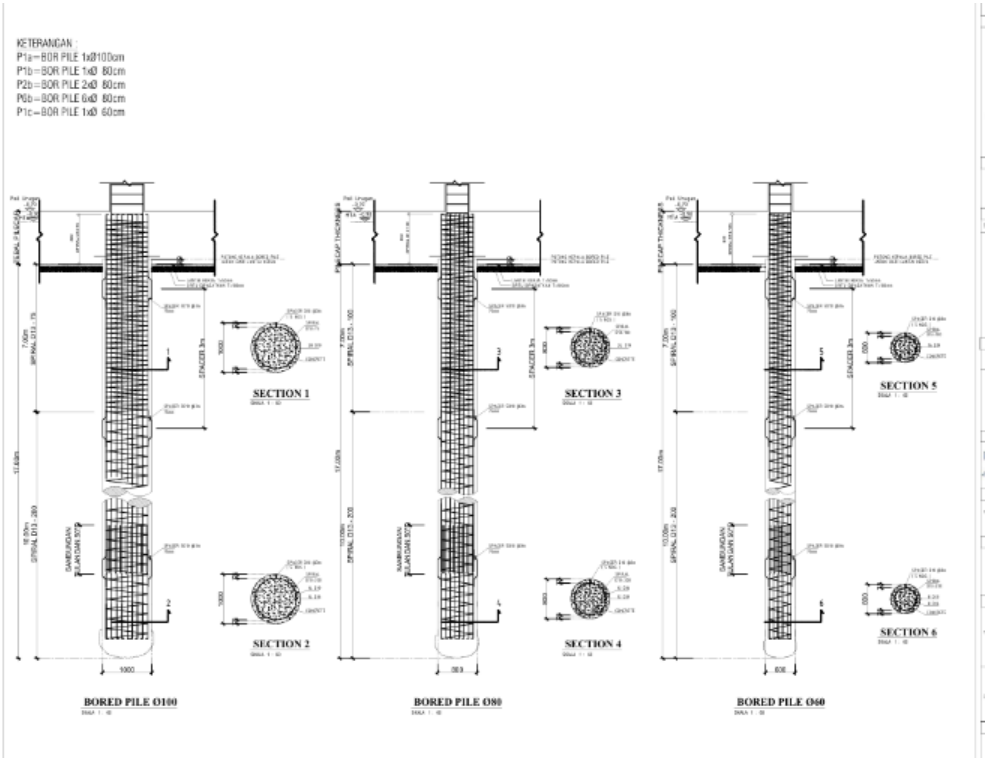
Pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus jenis pondasi yang digunakan adalah *bored pile*. *Bored Pile* yang digunakan adalah diameter 60, 80, dan 100 cm dan jumlah pondasinya bergantung pada beban struktur atas yang dipikul. Metode yang dipakai adalah metode Rotary Drilling . Metode ini digunakan sebab kedalaman pondasi kurang dari 30 m dan metode ini cocok untuk berbagai jenis tanah.



Gambar 8. 2 Denah Pondasi *Boredpile*
Sumber : Dokumen Proyek, 2025

Berikut data teknis pada *bored pile* :

Jenis Pondasi	: *Bored pile*
Kedalaman	: 16 meter
Diameter *bored pile*	: 0.6 m, 0.8m, dan 1m
Mutu beton	: 25 Mpa
Nilai Slump	: 16 ± 2cm
Diameter Tulangan utama (D)	: 24 D22
Jenis Sengkang	: Spiral
Diameter Tulangan Sengkang	: D13 - 100
Metode pelaksanaan	: Rotary Drilling



Gambar 8. 3 Detail Boredpile
Sumber: Dokumen Proyek, 2025

Pada proyek Pembangunan Gedung kuliah terpadu IAIN Kudus menggunakan jenis pondasi *boredpile* karena Lokasi proyek berada di antara bangunan Gedung – Gedung bertingkat.

8.3 Kebutuhan Alat, Bahan, dan Tenaga Pekerjaan *Boredpile*

Kebutuhan alat, bahan dan tenaga pada pekerjaan *bored pile* proyek Pembangunan Gedung kuliah terpadu IAIN Kudus sebagai berikut :

Tabel 8. 1 Kebutuhan Alat

NO	ALAT	SATUAN	KUANTITAS
1.	*Rotary Drilling Rig*	Unit	1
2.	*Excavator*	Unit	1
3.	Casing *bored pile*	Unit	3 (Diamter 60, 80, dan 100 cm)
4.	Pipa Tremi	Unit	Sesuai kebutuhan
5.	*Bucket* cor	Unit	1
6.	Pekat landasan	Unit	Sesuai kebutuhan

Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

Tabel 8. 2 Kebutuhan Bahan

NO	BAHAN	SATUAN	KUANTITAS
1.	Tulangan Baja	Unit	1
2.	Kawat bendrat	Unit	1
3.	Beton decking	Unit	3 (Diamter 60, 80, dan 100 cm)
4.	Beton Ready mix	Unit	Sesuai kebutuhan

Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

Tabel 8. 3 Kebutuhan Tenaga

NO	TENAGA	JUMLAH (ORANG)
1.	Operator	2
2.	Tenaga kerja	5
3.	Pelaksana Proyek	1
4.	*Surveyor*	1
5.	Asisten *Surveyor*	1

Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

8.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Boredpile*

Pekerjaan *bored pile* merupakan salah satu metode pondasi dalam yang dilaksanakan dengan cara membuat lubang bor pada tanah hingga kedalaman tertentu, kemudian memasang tulangan dan melakukan pengecoran beton di dalam lubang bor. Metode ini banyak digunakan pada bangunan bertingkat, jembatan, dan struktur dengan beban besar karena memiliki daya dukung tinggi serta minim getaran. Berikut merupakan metode pelaksanan pekerjaan *bored pile* pada proyek Pembangunan Kuliah Terpadu IAIN Kudus :

1. Persiapan Alat dan Bahan

   Tahap persiapan merupakan bagian yang sangat penting dalam pekerjaan *bore pile* karena berpengaruh langsung terhadap kelancaran pelaksanaan, mutu pondasi, keselamatan kerja, serta efisiensi waktu dan biaya proyek. Persiapan dilakukan sebelum pekerjaan pengeboran dimulai. Untuk kesiapan pekerjaan pada proyek yaitu mobilisasi alat dan bahan seperti alat *boredpile*, *Excavator*, *casing boredpile*, *tremi,* dan juga tulangan baja.



Gambar 8. 4 Persiapan alat *Boredpilde*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

2. Penentuan titik Lokasi (as *boredpile*)

   Penentuan titik lokasi (as *boredpile*) dilakukan oleh tim survey berdasarkan acuan gambar yang direncanakan oleh perencana, agar mempermudah tenaga kerja dan alat untuk melakukan pekerjaan pengeboran *boredpile*.

3. Pelaksanaan Fabrikasi pembesian *boredpile*

Fabrikasi pembesian *bored pile* dilakukan secara manual di sekitar area lokasi pengeboran. Fabrikasi tulangan menggunakan besi D22 untuk tulangan utama dan besi D13 untuk sengkang spiral.



Gambar 8. 5 Fabrikasi Pembesian *Boredpile*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

4. Pelaksanaan Pengeboran

Pengeboran tanah dilaksanakan menggunakan alat *Rotary Drilling Rig* hingga kedalaman rencana ±16 meter dengan metode *dry boring*, sesuai kondisi tanah di lokasi.



Gambar 8. 6 Pengeboran *Boredpile*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

5. Pemasangan *Temporary Casing*

Temporary casing adalah pipa baja sementara yang dipasang pada bagian atas lubang *bored pile* dengan tujuan menahan dinding lubang bor agar tidak runtuh, mencegah masuknya air tanah, serta menjaga ketegakan dan diameter lubang selama proses pengeboran dan pengecoran beton. *Casing* ini bersifat sementara dan akan ditarik kembali setelah pengecoran beton selesai.



Gambar 8. 7 Pemasangan *Casing Boredpile*
Sumber : Dokumen Pribadi

6. Pemasangan Pembesian *Boredpile*

Setelah proses fabrikasi sesuai ukuran pada gambar kerja maka selanjutnya pembesian *boredpile* dimasukkan ke dalam lubang bor dengan menggunakan alat *bored pile*. Pemasangan tulangan *bored pile* dilakukan secara bertahap karena panjang tulangan ±16 meter. Fabrikasi penulangan pertama diangkat menggunakan crane dan dimasukkan ke dalam lubang bor, kemudian diganjal menggunakan stek besi sementara agar posisinya stabil kemudian fabrikasi penulangan kedua diangkat dan disambungkan dengan tulangan pertama menggunakan kawat bendrat. Setelah tersambung, rangkaian tulangan diturunkan hingga kedalaman rencana.



Gambar 8. 8 Pemasangan Pembesian *Boredpile*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

7. Pemasangan Pipa *Tremie*

Pipa *tremie* adalah pipa baja berdiameter tertentu yang digunakan untuk menyalurkan beton segar dari permukaan tanah ke dasar lubang *boredpile* pada proses pengecoran basah. Pipa tremie dipasang hingga mencapai dasar lubang bor. Setiap pipa tremie memiliki panjang ±3 meter sehingga dilakukan penyambungan beberapa segmen untuk mencapai kedalaman rencana. Ujung pipa tremie harus selalu terbenam dalam beton dengan kedalaman minimal ±1,5 meter dan maksimal ±6 meter.


Gambar 8. 9 Pemasangan Pipa *Tremie*
Sumber : Dokumen Pribadi

8. Pelaksanaan Pengecoran

Pengecoran *boredpile* menggunakan beton ready mix dengan mutu fc 25 sebelum dilakukan pengecoran maka beton harus dilakukan pengujian yaitu slump tes dengan nilai slump 16 ± 2cm. setelah pengujian selesai dan beton sesuai dengan rencana maka pelaksaan pengecoran bisa dilakukan. Pengecoran dilakukan menggunakan *concrete bucket* yang ditempatkan diatas pipa *tremie* lalu beton *ready mix* dituang. Karena viskositas beton lebih tinggi, maka beton akan mendorong air untuk keluar. Pengecoran dilanjutkan hingga ±1,5 meter di atas *cut-off level* untuk membuang beton yang dituangkan pertama, karena beton awal bercampur lumpur dan dapat menurunkan mutu beton. Berikut merupakan gambar pengecoran *bored pile* :



Gambar 8. 10 Pengecoran *Boredpile*
Sumber : Data Pribadi, 2025

9. Pelepasan Temporary Casing

Setelah preses pengecoran selesai, dilanjut dengan melepas temporary casing.

8.5 Pengujian *Boredpile*

Setelah pekerjaan *boredpile* selesai, akan didiamkan selama ±4 hari agar beton cukup mengeras. Setelah itu dilakukan penggalian tanah dalam satu area *pilecap* untuk dilakukan pembobokan overlap *bored pile* dan pelaksanaan beberapa pengujian pondasi. Berikut

beberapa jenis pengujian pondasi *bored pile* yang dilakukan di proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus :

1. PDA TEST

   Pada PDA Test Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus digunakan untuk mengetahui daya dukung *bored pile* yang telah dibuat apakah sudah sesuai perencanaan. Pada pelaksaannya test PDA mengacu pada ASTM D4945. Dengan pengujian ini dapat diketahui antara lain nilai daya dukung pondasi tiang tunggal, integritas tiang, dan efisiensi. Analisa data PDA dilakukan dengan prosedur *case method*, yang meliputi pengukuran data kecepatan dan gaya selama pengujian, dan perhitungan variabel dinamik secara *real time* untuk mengetahui gambaran tentang daya dukung pondasi tiang. Berikut merupakan gambar proses PDA Test.



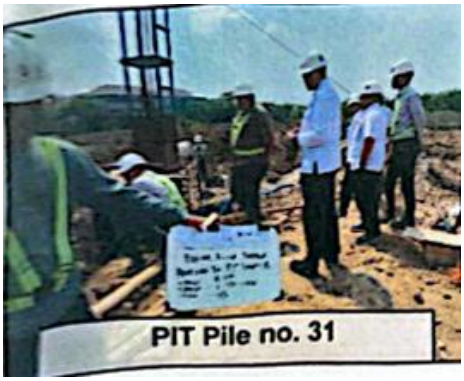
Gambar 8. 11 PDA Test *Boredpile*
Sumber : Dokumen Proyek, 2025

2. PIT (Pile Integrity Test)

   PIT *Test* dilakukan untuk mengetahui apakah ada keretakan pada pondasi *bore pile* yang akan mempengaruhi kekuatan pondasi tersebut. Pengujian ini dapat mengetahui kerusakan pondasi dalam seperti keretakan, keutuhan pengecoran *pile*, dan patahan/sambungan yang kurang sempurna. Metode ini menggunakan gelombang yang disebut test pantulan

gelombang *sonic* dan juga renggang rendah dinamik *test*. Berikut tahapan pelaksanaan PIT.

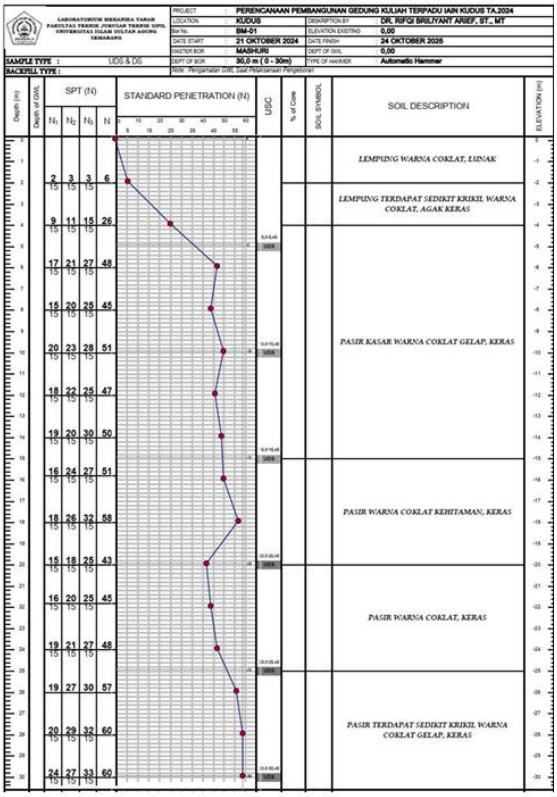
Berikut merupakan gambar proses PIT Test.



Gambar 8. 12 PIT Test *Boredpile*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

8.6 Analisis Daya Dukung *Boredpile* Kedalaman 16m

Berikut merupakan Data N – SPT pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus.



Gambar 8. 13 Data N – SPT
Sumber : Dokumen Proyek, 2025

Daya dukung aksial tekan dapat ditentukan dari tahanan ujung tiang dan tahana friksi di sepanjang tiang. Persamaan umum untuk menentukan besarnya daya dukung aksial tekan adalah sebagai berikut :

$$Qall = \frac{Qu}{SF}$$

$$Qu = Qp + Qs$$

$$Qp = q_p + A_p$$

$$Qp = q_p + A_p$$

$$Qs = \sum (fs\ x\ p\ x\ \triangle L)$$

Dimana :

Qall = merupakan daya dukung izin aksial tekan tiang (kN)

Qu = merupakan daya dukung ultimate aksial tekan tiang (kN)

Qp = merupakan daya dukung Ujung Tiang (kN)

Qs = merupakan daya dukung selimut total tiang (kN)

qp = merupakan daya dukung ujung unit tiang (kN/m^2)

fs = merupakan daya dukung friksi tiang (kN/m^2)

Ap = merupakan luas penampang tiang (m^2)

P = merupakan keliling tiang (m)

$\triangle L$ = merupakan panjang segmen (m)

SF = Merupakan safety factor

8.6.1 Data Bahan

Jenis Tiang	:	Tiang Bor
Ukuruan sisi tiang (D)	:	80 cm
Panjang tiang untuk pondasi	:	16 m
Kuat tekan beton tiang	:	25 Mpa
Berat beton bertulang	:	2,4 t/m^3
Faktor Keamanan	:	3

1. Tahanan aksial tiang berdasarkan mutu:

    1. Luas Penampang Tiang (A)

        $A = 0{,}25\ x\ \pi\ x\ D^2$

        $A = 0{,}25\ x\ \pi\ x\ 0{,}8^2$

        $A = 0{,}503\ m^2$

    2. Luas Penampang Tiang (A)

        $A = 0{,}25\ x\ \pi\ x\ D^2$

        $A = 0{,}25\ x\ \pi\ x\ 0{,}8^2$

        $A = 0{,}503\ m^2$

    3. Berat Tiang (Wp)

        $W_p = A\ x\ L1\ x\ W_c$

        $W_p = 0{,}503\ x\ 16\ x\ 2{,}4$

        $W_p = 19{,}30\ ton$

    4. Kuat Tekan Tiang Pondasi Rencana (fc)

        $W_p = 25\ MPa$

        $W_p = 2549{,}3\ t/m2$

    5. Kapasitas dukung bahan tiang (Pn)

        $P_n = Fc\ x\ A\ -\ 1{,}2\ x\ Wp$

        $P_n = 2549{,}3\ x\ 0{,}503\ -\ 1{,}2\ x\ 2549{,}3$

        $P_n = 1259{,}13\ ton$

    6. Faktor Keamanan (FK)

        $FK = 3{,}00$

    7. Tahanan Aksial Tiang (FK)

b. Korelasi Berdasarkan Hasil Uji (Meyerhoff)

    1. Perhitungan Kuat Geser Undrained

$$Su = 5\ x\ \ Nspt\ (kedalaman\ 16)$$

$$Su\ = 5\ x\ 53$$

$$Su\ = 265\ kN/m$$

2. Kapasitas dukung bahan tiang

$$P_n\ = fc\ x\ A\ -\ 1{,}2\ x\ W_c$$

$$P_n\ = 2549{,}3\ x\ 0{,}503\ -\ 1{,}2\ x\ 19{,}30$$

$$P_n\ = 1259\ ton$$

SF = 3

3. Tahanan Aksial Tiang

$$Qizin\ = \frac{P_n}{SF}$$

$$Qizin\ = \frac{1259}{3}$$

$$Qizin\ = 419{,}7\ ton$$

4. Kapasitas dukung bahan tiang (Pn)

$$P_n = Fc\ x\ A\ -\ 1{,}2\ x\ Wp$$

$$P_n = 2549{,}3\ x\ 0{,}503\ -\ 1{,}2\ x\ 2549{,}3$$

$$P_n = 1259{,}13\ ton$$

8.7 Analisis Daya Dukung Lateral

Analisis daya dukung lateral tiang borepile dilakukan enggunakan aplikasi Metode Finite Difference dengan memasukkan parameter tanah yang diperoleh dari hasil uji N – SPT di lapangan. N – SPT kemudian dikonversi menjadi parameter geoteknik seperti modulus reaksi lateral tanah (k), modulus elastisitas tanah (E_s), kekuatan geser tanah, serta properti p-y curve sesuai jenis tanah (pasir, lempung, atau lanau). Parameter – parameter tersebut menjadi input utama dalam metode Finite Difference menggunakan aplikasi Lpile untukk memodelkan interaksi tanah – tiang.

Berikut merupakan data lapisan tanah pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Kudus:

Tabel 8. 4 Data Lapisan Tanah

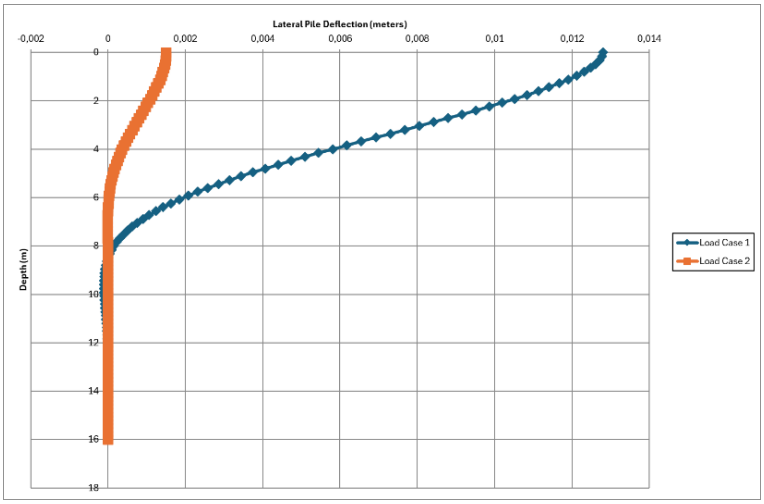
Kedalaman (m)	Input ke LPILE	AVRG N-SPT	C (Kn/m2)	γ (Kn/m3)	E50
0 - 2	Soft clay	6	18.5	17.25	0.02
2 sampai 4	stiff clay wo free water	26	12.52	23.275	0.02
4 sampai 15	stiff clay wo free water	48.2	47.75	18.9312	0.02
15 sampai 16	stiff clay wo free water	51	85	21.216	0.01

Sumber: Dokumen Proyek, 2025

8.7.1 Analisa Daya Dukung Lateral dengan Software Lpile

Dari data yang diperoleh, data tersebut dimasukkan kedalam *software Lpile* untuk memperoleh nilai dan grafik dari defleksi, momen lentur, dan gaya geser pada *boredpile* sehingga didapatkan hasil pemodelan *boredpile* pada *software Lpile* adalah sebagai berikut:

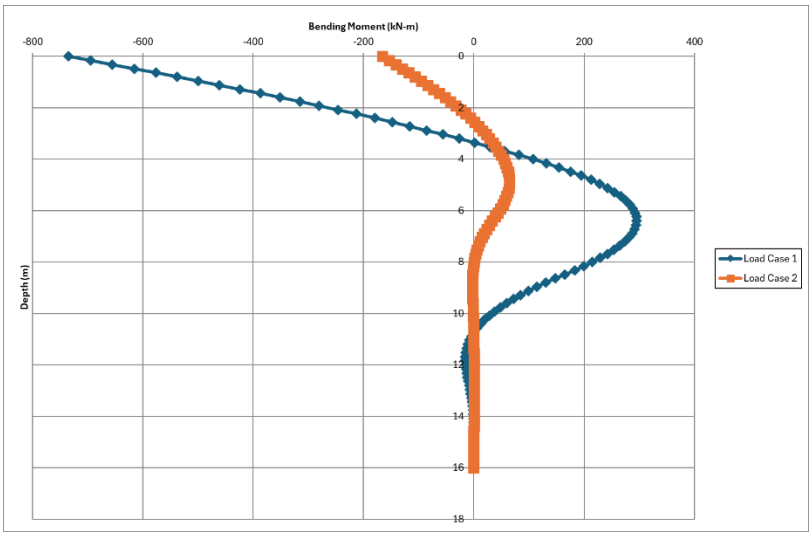
1. Defleksi



Gambar 8. 14 Defleksi Lapisan Tanah
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

Hasil analisis pada grafik lateral memperlihatkan kurva dari hubungan antara *load case* 1 sebagai batas izin defleksi maksimum lateral tiang sebesar 0,0128 m atau 12,8 cm dan *load case* 2 sebagai defleksi yang terjadi pada pondasi tiang bor yaitu 0,0015 m atau 1,5 cm dari permukaan tanah.

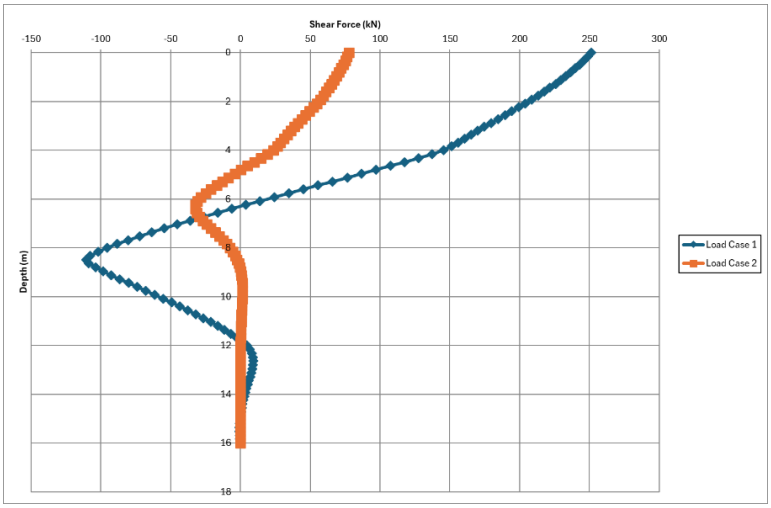
2. Momen Lentur



Gambar 8. 15 Momen Lentur Lapisan Tanah
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

Hasil analisis grafik momen lentur memperlihatkan kurva dari hubungan *load case* 1 sebagai batas izin momen lentur pada pondasi tiang borepile sebesar 295,176 kNm dan *load case* 2 sebagai momen lentur yang terjadi pada tiang *boredpile* di lapangan sebesar 64,23 kNm, kurang dari batas izin momen lentur.

3. Gaya Geser



Gambar 8. 16 Gaya Geser Lapisan Tanah
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

Hasil analisis grafik gaya geser memperlihatkan kurva dari hubungan antara *load case* 1 sebagai batas izin gaya geser pada pondasi *boredpile* adalah sebesar 251,35 kNm dan *load case* 2 sebagai gaya geser yang terjadi pada pada pondasi *boredpile* sebesar 77,71 kNm.

Sehingga analisis daya dukung lateral menggunakan metode *Finite Difference* menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang terjadi pada tiang *boredpile* 1,5 cm pada *load case* 2. Nilai defleksi tersebut masih berada dibawah batas izin sesuai dengan ketentuan SNI 8460 : 2017. Selain itu nilai momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada pondasi juga berada dibawah batas izin, sehingga tidak menimbulkan resiko kegagalan struktur.