

Gambar 4.16 Kurva korelasi t dengan S pada *bore hole* 3 Sumber : Hasil Perhitungan, 2014



Gambar 4.18 Kurva korelasi t dengan S pada *bore hole* 5 Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

70

BRAWIJAYA

4.4.1 Penurunan Akibat Pembebanan Awal (Preloading)

a. Pemodelan Tanah dan Parameter Yang Digunakan

Adapun tanah yang akan di analisis adalah tanah di daerah *plan area* PLTU Kaltim 3. Hasil *bore hole* dan potongan eksisting yang akan digunakan untuk analisis program Plaxis 8.2 2D dapat dilihat pada lampiran.

Jenis material yang digunakan pada analisis ini adalah model Mohr-Coulomb dan *Soft Soil*, dan parameter-parameter tanah yang akan dipakai pada program ini adalah berat isi jenuh dan tak jenuh (γ_{sat} dan γ_{unsat}), permeabilitas (k_x dan k_y), modulus Young (E), angka Poisson (μ), kohesi (c), sudut geser (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ).

Tabel 4.11 Kisaran Permeabilitas Tanah (k) Pada Temperatur 20° C (Das, 1983)

| Jenis Tanah | k (mm/det) |
|---|---------------------|
| Butiran kasar | $10 - 10^3$ |
| Kerikil halus, butiran kasar bercampur pasir butiran sedang | $10^{-2} - 10$ |
| Pasir halus, lanau longgar | $10^{-4} - 10^{-2}$ |
| Lanau padat, lanau berlempung | $10^{-5} - 10^{-4}$ |
| Lempung berlanau, lempung | $10^{-8} - 10^{-5}$ |

Sumber : Hary Christady H, 2010 :160

| Jenis 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 - 10000 |
| Pasir dan Kerikil : | |
| Padat | 80000 - 200000 |
| Tidah Padat | 50000 - 140000 |
| Lanau | 2000 - 20000 |
| Loess | 15000 - 60000 |
| Serpih (Shales) | 140000 - 1400000 |

Sumber : Hary Christady H, 2010 :160

| Jenis Tanah | | μ | |
|-----------------------------------|-----|------|------|
| Lempung Jenuh | 0,4 | - | 0,5 |
| Lempung Tak Jenuh | 0,1 | | 0,3 |
| Lempung Berpasir | 0,2 | 11 | 0,3 |
| Lanau | 0,3 | 33 | 0,35 |
| Pasir Padat | 0,2 | TT | 0,4 |
| Pasir Kasar ($e = 0, 4 - 0, 7$) | | 0,15 | |
| Pasir Halus | | 0,25 | 5 |
| Batu | 0,1 | - | 0,4 |
| Loess | 0,1 | - | 0,3 |
| Beton | | 0,15 | 5 |

Tabel 4.13 Nilai Rasio Poisson (Bowles, 1977)

Sumber : Hary Christady H, 2010 : 204

b. Input Data

- Model Geometri dan Kondisi Batas (Boundary Condition)

Timbunan dapat dianalisa dengan menggunakan model regangan bidang (*plain strain*), dengan 15 titik nodal. Satuan dasar yang digunakan untuk panjang, gaya, dan waktu adalah m, kN, dan hari. Model geometri mempunyai lebar total 800 m (sesuai rencana timbunan) dimulai dari titik tengah timbunan. Geometri penuh dapat digambarkan dengan menggunakan pilihan garis geometri (*Geometry Line*). Jepit standar (*Standard Fixities*) dapat digunakan untuk mendefinisikan kondisi batas. Tampilan dari model geometri pada *bore hole* 2 dapat dilihat sebagai berikut.

| +- | <u>₩</u> ~- Q | [B _]A _]B | 1 🔆 | 歴 | -P- Initial conditions |
|----|---------------|------------|-----|---|------------------------|
| | | | | | |

| · Nearright | | | |
|---|----------------------|----------|--|
| C Existing project | | | |
| 04 | | | |
| on More files 2022 | to a suffer of state | | |
| (Perkulahan), (bo) | e hole 3.pla | (the | |
| Z. C. | iner ann | | |

fornt on geometry line :

Plans 8.2 Input - «NoName»

🚟 🌉 📴 🖕 🖨 🛎 🔍 A 🗐 🔪 🕗

Gambar 4.19 Tampilan awal Plaxis 8.2 2D Sumber : Hasil Perhitungan, 2014 Sebelum memulai pemodelan lapisan tanah dan klaster volumetrik lainnya, terlebih dahulu harus menentukan jenis elemen dan jumlah titik nodal. Elemen ini menggunakan interpolasi dengan ordo empat untuk perpindahan dari integrasi numerik yang melibatkan 12 titik Gauss (titik tegangan).

| Comments perhitungan penurunan konsolidasi akibat beban timbunan dengan h = 8,3 m (sesuai perhitungan analitis) | Acceleration Gravity angle : $-90 \circ 1.0 \text{ G}$ x-acceleration : $0.000 \diamondsuit$ G y-acceleration : $0.000 \diamondsuit$ G Earth gravity : $9.800 \diamondsuit$ $r_{J}s^{2}$ |
|--|--|
| Set as <u>d</u> efault | |

Gambar 4.20 Jendela pengaturan global Plaxis 8.2 2D (lembar-tab *Proyek*) Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Satuan-satuan untuk panjang, gaya dan waktu yang digunakan dalam analisis didefinisikan saat data masukan ditentukan oleh pengguna. Satuan-satuan dasar ini dimasukkan dalam lembar-tab *Dimensi* dalam jendela *Pengaturan Global*.

| Units | Geometry dimensions |
|---------------------------|------------------------|
| Length 🗖 🔽 | Left: 0.000 🚖 m |
| Force kN 💌 | Right: 850.000 🚖 m |
| Time day 💌 | Bottom : 10.000 🚖 m |
| | Top: 50.000 🗭 m |
| Stress kN.m ² | Grid |
| Weights kN,m ³ | Number of intervals 10 |
| | |

Gambar 4.21 Jendela pengaturan global Plaxis 8.2 2D (lembar-tab *Dimensi*) Sumber : Hasil Perhitungan, 2014



Gambar 4.22 Hasil penggambaran geometri pada *bore hole 2* Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

- Data Bahan (Material Sets)

Adapun sifat-sifat material yang dimasukkan ke kumpulan data material pada program masukan (*input*) Plaxis dapat dilihat pada tabel berikut:

| | Tabel 4.14 Para | meter Desain Pa | da <i>Bore Hole</i> 2 | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------|
| Parameter | Timbunan | Lapisan 1 | Lapisan 2 | Lapisan 3 |
| Tebal (m) | 8,3 | 15,0 | 10,0 | 5,0 |
| Kondisi Tanah | Padat | Lunak | Lunak | Lunak |
| Model | Mohr | Soft Soil | Soft Soil | Soft Soil |
| Widder | Coulomb | 50/1 50/1 | 50/1 5011 | 50ji 50ii |
| Туре | Drained | Undrained | Undrained | Undrained |
| γ_{unsat} (kN/m ³) | 10,00 | 8,34 | 8,46 | 12,90 |
| $\gamma_{\rm sat}({\rm kN/m^3})$ | 18,00 | 10,43 | 10,58 | 16,12 |
| k _x (m/hari) | 1,00 | 2,0.10-3 | 2,0.10-3 | 2,0.10-3 |
| K _y (m/hari) | 1,00 | 2,0.10-3 | 2,0.10-3 | 2,0.10-3 |
| $E(kN/m^2)$ | 3000 | - | - | - |
| μ | 0,30 | - | | IS PAG |
| $c (kN/m^2)$ | 1,00 | 18,34 | 12,13 | 1,25 |
| φ (°) | 30,00 | 13,53 | 19,52 | 32,33 |
| Cc | | 0,33 | 0,34 | 0,34 |
| Cs | ParaRA | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Sumber : Data Geologi PLTU Kaltim, 2013

Kumpulan data material dimasukkan sesuai pada klaster dalam model geometri. Adapun cara memindahkan data material tersebut adalah dengan mengklik dan seret (*drag*) kumpulan data ke masing-masing klaster.

| | () are | ineters Intern | aces | | | | | |
|-----------|---|---|--|--|-------------------|---|--------------|------------------|
| | Material Se | t | | | Genera | l properties | | |
| | Identificat | ion: Immounar | 0 | | unsat | 10.000 | KIN | ., 3 |
| | Material m | odel: Mohr-Co | ulomb | | sat | 18.000 | kN | l/m ⁻ |
| | Material ty | /pe: Drained | | - | | | | |
| | Comments | | | [| ermea | ability | | |
| | timbunar | n campuran | | k | ×: | 1.000 | m/ | day |
| | | | | k | , : | 1.000 | m/ | day |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | Adva | nced |
| | | | |] | | | | |
| | | | Next | Ok | 1 | Cancel | He | lp |
| par 4.2 | 3 Jendela l | kumpulan (Sumber | material u lembar-ta : Hasil Pe | ıntuk tan b <i>Umum</i>) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta 014 | urmuka | Plaxis 8 |
| oar 4.2 | 3 Jendela I | kumpulan (Sumber Timbunan | material u lembar-tal : Hasil Pe | intuk tan b <i>Umum</i>) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta 014 | irmuka | Plaxis 8 |
| oar 4.2 | 3 Jendela 1 hr-Coulomb - General Paran | kumpulan (Sumber Timbunan neters Interfa | material u (lembar-tal : Hasil Pe | intuk tan b <i>Umum</i>) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta | irmuka | Plaxis 8 |
| par 4.2 | 3 Jendela 1 hr-Coulomb - General Paran Stiffness Eref: | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa | material u (lembar-tal : Hasil Pe aces | intuk tan b <i>Umum</i>) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta 014 | kN. | Plaxis { |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² | strengt | ah d) n, 2 | lan anta 014 | | Plaxis { |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa 3000.000 0.300 | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² | strengt c _{ref} : v (psi) | ah d) n, 2 | lan anta 014 1.000 30.000 0.000 | | Plaxis { |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa 3000.000 0.300 | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² | strengt c _{ref} : v(psi) | ah d) n, 2 | 1.000 30.000 | kN, | /m ² |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : Alternatives G | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa 3000.000 0.300 | material u (lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² | Strengt c _{ref} : o (phi) v (psi) | ah d) n, 2 | lan anta 014 1.000 30.000 0.000 | | Plaxis 8 |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu): Alternatives G _{ref} : E | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa 3000.000 0.300 | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² | intuk tan b $Umum$ erhitunga $c_{ref}:$ ϕ (phi) ψ (psi) Velocitie $V_s:$ v | ah d) n, 2 | lan anta 014 1.000 30.000 0.000 | | /m ² |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : Alternatives G _{ref} : E _{oed} : | kumpulan Sumber Timbunan meters Interfa 3000.000 0.300 1153.846 4038.000 | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² kN/m ² | intuk tan b Umum) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta 014 1.000 30.000 0.000 33.630 62.910 | kN, ¢ m/s | /m ² |
| par 4.2 | 3 Jendela I hr-Coulomb - General Paran Stiffness E _{ref} : v (nu) : Alternatives G _{ref} : E _{oed} : | kumpulan Sumber Timbunan neters Interfa 3000.000 0.300 1153.846 4038.000 | material u lembar-tal : Hasil Pe aces kN/m ² kN/m ² | intuk tan b Umum) erhitunga | ah d) n, 2 | lan anta 014 1.000 30.000 0.000 33.630 62.910 | kN, | Plaxis 8 |

Gambar 4.24 Jendela kumpulan data material tanah dan antarmuka Plaxis 8.2 2D (lembar-tab *Parameter* dalam Mohr-Coulomb) Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

| Edit Vi | iew Geon | netry | 1080 | it I | Mate | rials | M | -sh i | în tia | Help | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------|------|------|------------|-------|----------|----------|------------|------|-----|-------------------|-----|-----|--------------|-----|--------|--------|-------|-------|-------------|--------|--------|------|--------|-----------|------|------|----------|--------|------|--------|--------|------|
| Juppi 2 | | e | 6 | a | 8 | e | Ł | R | | | 4 |) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 - | 4-4 | ÷ | | ~ 0 | - | Ö | | | 1 | 111 | 60 | [: 8 . | A | B | 117 | | - 🖪 | a the | - | bilia | condition | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | - | | | | | | | | | | | | - | | | | | |
| | -u lu | 10 | Luu | u. | .00 1 h | ılu | ы.) ш | , ul | ulu ulu | | | 200.00 | 250 | | - 300. Lu | .00 | 555.05 | lu ul | ar di | ili. | utrutu | ,0 | ul ur | | ului | | nul. | | /50.00 | utu dr | hu | uli ul | di. | ul u |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 131313 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | - 53 | - 53 | | 8 | | 8 | 1 | | | | 18 | | | 8 | | 81 | | | | - 22 | | - 55 | | 8 | 14 | | 1 | | | | - 8 | |
| - | 1.1.1 | ÷3 | - | • | - | | | | | | | | | | | | | ÷., | | | | | | - | | 1 | ÷. | | \$ - S\$ | | | | | |
| 3 | 1.1.1 | | | | | | | | | | | | | | | 8 | | 8.3 | | | | | | | | | | | 1 11 | | | | | |
| E | 111 | | | - | | | - | | | | - | | | | | | | ÷., | | - | | | | - 2 | | - | 1 | | 1 | | 4 | | - | |
| | 0.000 | | | •2 | -83 | | 2 | 2 | | | | | | | | 8 | | ar a | | * | | | | | | | | | ¥ 34 | | | | 100 | |
| = | 0.0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | 99 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 1.1.1 | | | 13 | 10 | | | 1 | | | | | 13 | • • | | 8 | | 8.1 | | | | | | | | | | | 1 | | 33 | | 8 | |
| = | 1.1.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 104040 | | | 50 | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ξ | | | | 1 | 2 | - | - | | - | | | | | | | - | | | _ | 1.0 | to to to te | - | | | | | | - | - | | | | | |
| E | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | _ | | | _ | | | | | | | | - | 3 | | | |
| | | | | | 4 | | 2 | | | | | | | | - | | | | | | | - | _ | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | 1 | - | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | - | | 1 | | | | | | | 4 | |
| E | 0.000 | | - | -2 | -2 | 3.9 | | 3.2 | | | 1.0 | | | | | | | | | | | | 0.000 | -22 | | 3.2 | | | | | 242 | | 98 | |
| | | | | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | 2 | | 1.1 | | 1 | | | | | | | | | 1 3 | | 1 | | 1 | |
| | 12.0700200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ξ | 5,5,5, | | 133 | 135 | 53 | 23 | 32 | 13 | | | 3 | 1111 | | | | 33 | | 83 - B | 111 | 33 | | | 131313 | 133 | 1.11.1 | 23 | | | : :: | 1111 | | | 3 | |
| E | 0.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 111 | 10 | - 53 | 13 | 13 | 8 | 8 | 8 | 12 | 111 | | 111 | 1.8 | 33 | 22 | ÷. | 1111 | 0.1 | | 12 | | 13 | 1.1.1 | 13 | ::: | 22 | 12 I | 8 B | 1 3 | | - 20 | 111 | - 18 - | |
| = | | | - 83 | - | | 19 | 8 | <u> </u> | 12 | 111 | | | | ÷÷ | | 8 | | 8.3 | | 1 | | | | - 83 | | <u> 1</u> | 18-1 | 8 I. | 1 | | 8 | | 8 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 4.25 Tampilan geometri setelah adanya data material pada setiap lapisan tanah Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

- Penyusunan Jaring Elemen (Mesh Generation)

Setelah memasukkan parameter material, jaring elemen hingga sederhana dapat disusun dengan menggunkan tingkat kekasaran elemen sesuai keinginan perhitungan. Semakin rapat kekasaran elemen, maka semakin teliti perhitungan. Dalam perhitungan kali ini, dipilih kekasaran elemen sangat rapat (*very fine*). Kemudian dilakukan penyusunan jaring elemen dengan menekan tombol susun jaring elemen (*generate mesh*). Hasil penyusunan jaring elemen dapat dilihat pada

| gambar | 4.27. | |
|--------|-------|---|
| | | _ |

| -100.00 | | | | | | | | | | | a a-6-6 | | 78. | E3 | 22 | -P bi | ial condition | s | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|------------|-------------|------------|------------|--------------|-----------|-------|-------------|--------|---------|---------------------|-----------|--|---|---|---|--------------|---|--|--|---|--|--|------|-----------------|--|---|--|---|
| ui lu | -se e | c 11111 | 0.00 111 | ؛ سلب | 60.00 L | 001 انسان | .00 LL | 150,0 | 0 : 1111 | 200.00 | 250.0 | 0 30 11 111 | 0.00 | 350.00 | 400.00 Iu. ilii | 450 111 1 | 00 500 1111111 | 00 5 111 | iso.co ul.u. | 60.00 | 650 1111 | .00 | 700.00 | 79 111 | 0.00 | 800.00 Lu di | 85 1111 | 50.00 11111 | 900 000 111 | 950 11.111 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | • | | | | | | | | · · · · · | | | | | | | | • | | | | | |
| | | | | 98 1980 | | | | | | | Mes | h gener Mesh coa | ntion se | rtup | | | | <u>.</u> 2 | | 83 8 25 8 | | | а а 1 11 | | | | 4 | | | |
| | | | او ر | | | | | | | | _ | Benenti | disk bul | ion: 🚺 | fre | - | Gene | srata | | 10 1 | | | 11 | | | | | | | |
| | | | - | | _ | | | | _ | _ | L | | | | or | Conc | s | <u>H</u> -Ip | J | | | | | | 5 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | - | | | | | | | | | | | | | *** | | | | | | |
| 12(15)(15) | 53 | 81.5 | | 8 | 8.8 | 1 8 | 10012 | | 3 | erer. | | 0000 | | | 0 103 | as i | 1.1.1.1 | | 101010 | 53 J | 2027 | | 2 12 | 12 | | | 3 | 252525 | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | to the t | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | Area grow | Mrsh gerenion of Missi corrections Benerit dubitud | Mesk germetin on up Mesk ceremess Benent dab bular n (19) | Mrch generation schap Mich corseness Benerit dab ballow (1997/1996) | Medigermition schup Medicarsoness Bernent dab bution (1997) 2. Con | | Medigerminin stup Medigerminin stup Medicaraness Benefit dab bulan (1997) 28 Const Hith | Medi gereralan sohup Hisib cersasess Beneril dala bulara (genera) 24 Curron Hisib | Medigerention schip Medigerention schip Medigerention schip Medigerention schip Benerit deb beläve (my) förstanden generation schip sch | Meth gerention schup Histo corsenss Beinent dab kultur (Hart Teo mark) 26 Carroni Harb | Meth correction whup Hernel disk bullions [pri/free] 24 Conce Bith | Meth correction only Herbic correction Entered data ballions (contraction) Call Contractions (co | | | Meth generation whap High correses Benerit dab ballow (stations) 26 Corron High | Mrsh germin ship Hish carsonss Brient dab balan (1997) 25 Cermi Hish | Medi generation colup Heth carseses Beneral dala baliane generation Differentiane generation Dif | Medigerention only Herd gerention only Benerit deb bulk on gay interess De resit deb bulk on gay interess 2 gerents 2 gerents 2 gerents 3 de la deb bulk on gay interess 3 de la deb bulk on gay interess |

