

PERENCANAAN KONSTRUKSI PERBAIKAN TANAH PONDASI RESERVOAR DENGAN METODE *PVD* DAN *MICROPILE*

Syamsud Dhuha¹⁾ I Nengah Sinarta²⁾ Putu Ika Wahyuni²⁾

1) Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Warmadewa

2) Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Warmadewa

Email: syamsud084@yahoo.com

ABSTRACT

Bali Island becoming icon Tourism national and as especial target area of tourism have International scale, Area East Province Bali like Sub-Province of Karangasem also have tourism potency which is enough enthused by domestic good tourist and also Foreign countries. Therefore required by Integrated management, Concerning infrastructure and also service of requirement of society fundamental to be image as island of tourism international can remain to awake. Pursuant to background above, problem to be lifted in this final duty is 1) How much is $H_{initial}$ or is high of needed to plan get highly of wanted hoard 2) How much is big of compression of land; ground effect of laboring burden above land (of) hoard base? 3) How of planning acceleration of compression of land; ground use which is combined preloading Prefabricated Vertical Channel (PVD) and strengthened with safety factor until 2? Result of research at planning of construction alternative repair of land; ground in Development of reservoir 6500 m³ concluded as follows: 1) Geology consist of two flabby clay coat as thick as which each 8,5 meters and 10 meters limited by sand coat as thick as 4 meters. Value of $H_{initial}$ and Compression (S_c) at which is the each station or dot can be concluded by at distance 0-15 high m of plan is 9.5 m, distance 15-30 high m of plan is 10.6 m, distance 30-45 high m of plan is 11.7 m. 2) Is reckoned from by highest $H_{initial}$ totalize compression (S_c) which must be eliminated is equal to 3.8 m. To eliminate needed by total compression of time 27 week for the phasing of conglomeration 50 cm/week. Method repair of land; ground used to quicken compression is with preloading which is combination with PVD. Used by type of PVD type of Wick Drain widely 100 mm, thick 5 mm. Attached by PVD segi-3 with pattern apart 1,2 meters of and inches 22.5 meters. 3) For the strength of land; ground by using micropile, used by micropile with dimension 25x25 cm of PT. Beton Elemindo Perkasa. From result of calculation with factor safety until 2, got by requirement of micropile at distance 0-15 m counted is 47, distance 15-30 as much as m 38, distance 30-45 m counted is 30.

Key words: *reservoir, micropile, soil*

PENDAHULUAN

Pulau Bali yang menjadi ikon pariwisata nasional dan sebagai daerah tujuan utama wisata berskala internasional, daerah timur Propinsi Bali seperti Kabupaten Karangasem juga memiliki potensi pariwisata yang cukup diminati oleh wisatawan baik domestik maupun mancanegara. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan secara terpadu, mengenai infrastruktur maupun pelayanan kebutuhan pokok masyarakat agar citra sebagai pulau wisata international bisa tetap terjaga.

Luas Propinsi Bali yang tidak berubah menyebabkan meningkatnya sebaran penduduk dan kondisi lahan yang bervariasi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan pokok yang diantaranya adalah air bersih, Maka dari itu dibutuhkan pengelolaan secara terpadu mengenai pengelolaan air bersih di daerah ini.

Menurut data dari Kementerian Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai Bali – Penida tahun 2012, tingkat pelayanan air bersih di Kabupaten Karangasem saat ini masih rendah dibandingkan dengan wilayah lainnya di Bali yaitu sebesar 40,82%, tingkat pelayanan yang belum merata dan kapasitas sistem yang ada tidak memadai. Salah satu solusi mengatasi ketersediaan air bersih adalah melakukan pengembangan air bersih dengan memanfaatkan 4 (empat) mata air yaitu Mata Air Surya, Bangol, Isah dan Celuk yang berada pada alur Tukad Telagawaja di Kabupaten Karangasem yang merupakan salah satu wilayah daerah kritis air terbanyak di Provinsi Bali.

Selain sebagai tuntutan kebutuhan dasar penduduk, kualitas air bersih juga menjadi salah satu indikator terpenting bagi sebuah daerah tujuan wisata harus memiliki infrastruktur berskala internasional. Untuk itu, dalam hal penanganan air bersih sebagai salah satu bagian penting dalam upaya peningkatan infrastruktur di bidang sumber daya air. Salah satu upaya pemerintah setempat untuk mengatasi penyediaan air bersih di Kabupaten Karangasem adalah dengan melaksanakan pekerjaan Sistem Pengembangan Air Baku Telagawaja di Kabupaten Karangasem yang sudah dimulai dikerjakan mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2012. Di dalam pekerjaan tersebut terdapat pekerjaan Reservoir 6500 m³ di lokasi Batusea Kecamatan Rendang Kabupaten Karangasem yang memerlukan penanganan khusus dikarenakan menurut hasil SPT (Standard Penetration Test) tanah sebagai pondasi struktur bangunan itu menyatakan bahwa lokasi tersebut adalah tanah lempung lunak. Untuk mengatasi kondisi tanah di lokasi tersebut maka diperlukan perencanaan pondasi yang mampu mempercepat proses konsolidasi dan mudah dilaksanakan dilapangan mengingat lokasi tersebut terletak jauh/terpencil. Pemilihan metode PVD (prefabricated vertical drain) dan Micropile sangat cocok untuk kondisi, situasi dan kebutuhan persyaratan konstruksi yang terkait mutu, biaya dan waktu pelaksanaan.

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah :1.) Berapakah $H_{initial}$ atau tinggi rencana yang diperlukan untuk mendapatkan tinggi timbunan yang diinginkan? 2.) Berapakah besar pemampatan tanah akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar timbunan? 3.) Bagaimanakah merencanakan percepatan pemampatan tanah menggunakan preloading yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan diperkuat dengan *micropile* sampai dengan *safety factor* ≥ 2 ?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :1.) Mengetahui $H_{initial}$ atau tinggi rencana yang diperlukan untuk mendapatkan tinggi timbunan yang diinginkan, 2.) Mengetahui besar pemampatan tanah akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar timbunan, 3.) Merencanakan percepatan pemampatan tanah menggunakan preloading yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan diperkuat dengan *micropile* sampai dengan *safety factor* ≥ 2 .

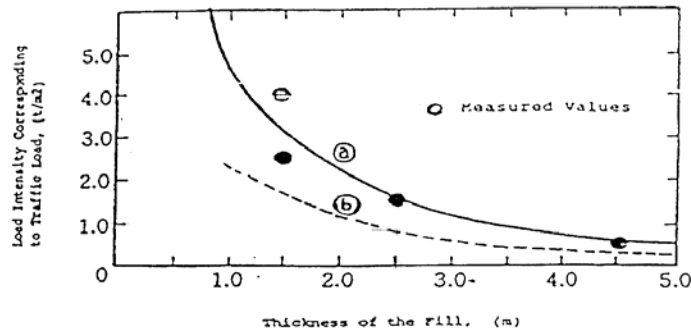
TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Tanah

Tekstur Tanah memiliki berbagai ukuran butiran dan dikelompokkan sebagai kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (clay), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Kerikil adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral lainnya. Begitu pula dengan pasir, sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar, serta mungkin juga terdapat mineral lainnya. Lanau sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral mika. Sedangkan lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya.

Beban Struktur

Beban Struktur pada reservoir diperhitungkan sebagai beban merata yang tergantung dari tinggi timbunan embankment. Hasil studi oleh JRA (1986) tersebut berlaku untuk semua timbunan tanah di atas tanah asli yang belum diperbaiki. Untuk tanah asli yang sudah memampat, maka kurva hubungan mengikuti kurva b dari Gambar 1 tersebut.



Gambar 1. Kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban

Tinggi Timbunan Awal

Seperti telah dijelaskan bahwa tanah dasar yang lembek akan mengalami pemampatan apabila diberikan beban di atasnya. Keadaan ini akan menyebabkan timbunan yang diletakkan menjadi lebih rendah setelah pemampatan lapisan tanah dasar terjadi. Oleh sebab itu tinggi timbunan awal (H_{awal}) yang diletakkan harus direncanakan sedemikian rupa agar setelah pemampatan lapisan dasar terjadi, maka tinggi timbunan yang ada sesuai dengan tinggi yang diinginkan (H_{akhir}).

Penentuan dari tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan (dengan memperhatikan adanya pemampatan), dapat dihitung dengan:

$$q_{akhir} = q = (H_{awal} - S_c) \gamma_{timb} + S_c (\gamma_{sat-timb} - \gamma_w)$$

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{timb} - S_c \cdot \gamma_{timb} + S_c \cdot \gamma'_{timb}$$

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{timb} - S_c (\gamma_{timb} - \gamma')$$

Jadi,

$$H_{awal-i} = \frac{q_i + S_{ci} (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}}$$

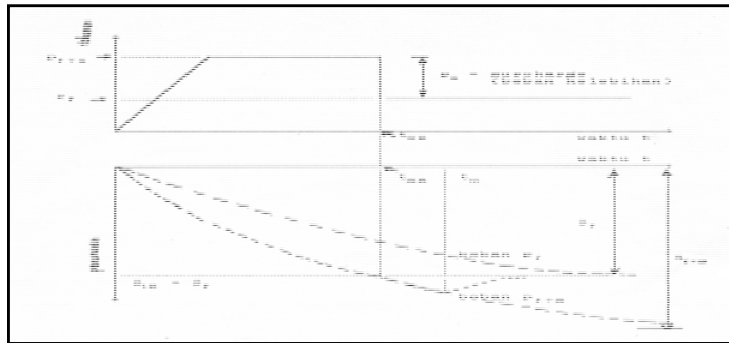
Dengan menghitung tinggi timbunan awal dan memperhatikan pemampatan yang terjadi, diharapkan tidak ada material yang dibuang sehingga perencanaan timbunan lebih ekonomis.

Preloading Kombinasi dengan Vertical Drain (PVD)

1. Preloading dengan Surcharge

Sistem *precompression* atau *preloading* ialah metode perbaikan tanah dengan memberikan beban awal yang berlebih P_{f+s} sedemikian rupa sehingga pada waktu yang pendek t_{sr} didapatkan penurunan yang sama besarnya dengan total pemampatan S_f dari beban rencana P_f sebagaimana terlihat pada **Gambar 2**. Bila pada beban awal p_{f+s} pemampatan S_f terjadi pada waktu t_{sr} , beban surcharge P_s dapat dibongkar. Kemudian dengan asumsi bahwa tanah sudah termampatkan sampai S_f , beban p_f tidak lagi menyebabkan pemampatan tambahan. Makin besar p_{f+s} makin pendek waktu t_{sr} .

Perbaikan tanah dengan cara pemampatan awal (*preloading*) ini umumnya cocok untuk tanah-tanah lempung jenuh air yang lunak, tanah-tanah lanau yang *compressible*, dan tanah lempung organik.



Gambar 2. Prinsip pembebanan preloading pada pemampatan tanah dengan beban awal $p_{f+s} > p_f$ (Mochtar, 2000)

Pada teknik pemampatan awal ini, beban yang diberikan dapat berupa beban tanah timbunan (*surcharge*), beban air tangki air atau kolam air buatan atau beban luar lainnya yang diletakkan di atas tanah aslinya. Pemberian beban luar tersebut menyebabkan tanah dasar memampat. Untuk mempercepat waktu *preloading*, dapat digunakan drainase vertikal (*vertical drain*) untuk memperpendek aliran (*drainage path*) dari air pori.

Beban timbunan direncanakan dengan ketinggian tertentu sesuai dengan besar pemampatan konsolidasi yang akan dihilangkan. Untuk meletakkan timbunan di atas tanah, daya dukung tanah dasar harus diperhatikan agar kelongsoran pada tanah dasar tidak terjadi. Ada dua hal yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kelongsoran, yaitu:

1. Pemberian timbunan secara bertahap, dan
 2. Pemberian timbunan dengan *counter weight*
2. Perencanaan Vertical Drain

Penentuan waktu konsolidasi didasarkan teori aliran pasir vertikal menurut Barron (1948), menggunakan asumsi teori terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori tersebut menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antara drain, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori Barron (1948) adalah:

$$t = \left(\frac{D^2}{8Ch} \right) F(n) \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right)$$

Dimana :

- t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer.
- D = diameter equivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD.
- D = 1.13 x s untuk pola susunan bujur sangkar
- D = 1.05 x s untuk pola susunan segitiga
- Ch = koefisien konsolidasi tanah horisontal
- \bar{U}_h = derajat konsolidasi tanah (arah horisontal)

3. Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Pemasangan PVD

Penggunaan PVD yang dikombinasikan dengan *preloading* dapat mempercepat waktu konsolidasi; dengan memampatnya tanah, maka nilai C_u (*undrained shear strength*) pada tanah menjadi meningkat sehingga daya dukung tanah meningkat. Nilai kenaikan C_u (*undrained shear strength*) dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Ardanadan Mochtar (1999):

- a. Untuk harga Plastisitas Indeks, PI tanah < 120 %.

$$C_u(\text{kg/cm}^2) = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 \text{ PI}) \sigma_p'$$

b. untuk harga Plastisitas Indeks, PI tanah > 120 %.

$$C_u(\text{kg/cm}^2) = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004 \text{ PI}) \sigma_p'$$

Harga σ_p' dapat dicari dengan cara berikut:

$$\sigma_p' = \left(\frac{p_o' + \Delta_p'}{p_o'} \right)^U \cdot p_o'$$

$$\text{Bila } U = 100\% = 1 \rightarrow \sigma_p' = p_o' + \Delta_p'$$

$$U < 100\% \rightarrow \sigma_p' < p_o' + \Delta_p'$$

4. Penggunaan *Micropile*

Micropile adalah salah satu jenis konstruksi cerucuk yang terbuat dari beton berdiameter 7,5 s.d 25 cm dan merupakan suatu cara untuk memberikan penulangan penguat (*reinforcement*) pada tanah. Penggunaan *micropile* dimaksudkan untuk menaikkan tahanan geser tanah. Bila tahanan tanah terhadap geser meningkat, daya dukung tanah juga meningkat. Asumsi yang dipergunakan dalam konstruksi *micropile*.

ANALISA DATA

1. Perhitungan Stabilitas dengan Program Bantu XSTABL

XSTABL adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk menganalisis stabilitas sebuah talud (bidang miring). XSTABL digunakan untuk penyelesaian umum kasus stabilitas lereng metode keseimbangan dua dimensi. Perhitungan faktor keamanan lereng dilakukan dengan metode irisan dengan bidang longsor berbentuk silinder lingkaran.

Analisis dilakukan dengan memodelkan minimum 100 bidang longsor yang kemudian didapat 10 bidang longsor kritis. Parameter tanah yang dibutuhkan pada program ini meliputi γ_{sat} , γ_t , c' , ϕ , letak muka air tanah, dan koordinat permukaan tanah yang akan ditinjau. Sedangkan output yang diperoleh dari program XSTABL adalah angka keamanan (SF), jari-jari bidang longsor, koordinat bidang longsor, koordinat titik pusat bidang longsor serta momen penahan dari tanah yang ditinjau. Faktor keamanan dalam mekanika tanah, yaitu perbandingan antara kuat geser yang

tersedia terhadap kuat geser yang dibutuhkan untuk mencapai keseimbangan. Adapun kriteria keamanan nilai faktor aman (SF) stabilitas lereng untuk lereng galian timbunan (cut and fill) menurut Sowers (1979) dalam Cheng Liu (1981) adalah:

$SF < 1$ – Tidak Aman

$1 \leq SF \leq 1,2$ – Stabilitas lereng meragukan

$SF > 1,2$ – Aman

2. Penentuan $H_{inisial}$ Timbunan

Penentuan $H_{inisial}$ atau tinggi rencana timbunan merupakan tahapan awal desain untuk mengetahui seberapa tinggi timbunan yang diperlukan untuk memperoleh timbunan tanah yang direncanakan.

Dalam menentukan besarnya tinggi timbunan terlebih dahulu harus diketahui besarnya *settlement* yang terjadi pada tanah dasar apabila dibebani. Maka dari itu dibuat kurva hubungan $H_{inisial}$, H_{final} , dan *Settlement* (S_c) dengan beban pemisalan ditambah beban struktur dan beban akibat adanya air sebanyak 6500 m³, untuk mengetahui besarnya *settlement* dan menentukan $H_{inisial}$ timbunan yang digunakan dalam perencanaan dengan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *micropile*.

3. Alternatif Perbaikan Tanah

Alternatif perencanaan ini adalah *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *micropile*. Langkah selanjutnya adalah mengecek ulang daya dukung tanah untuk mengetahui peningkatan daya dukung tanah setelah diperbaiki. *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) digunakan untuk mempercepat proses pemampatan tanah akibat adanya timbunan tanah. *Micropile* digunakan untuk menahan kelongsoran tanah timbunan bersama-sama dengan tanah dasar itu sendiri.

4. Penentuan gambar rencana metode kombinasi PVD dan Micropile

Dalam penentuan gambar rencana dengan metode kombinasi PVD dan *Micropile*, kami menggunakan data perencanaan meliputi spesifikasi bahan PVD (*prefabricated vertical drain*) dan *Micropile*

HASIL PERENCANAAN

Perencanaan alternatif konstruksi perbaikan tanah di Pembangunan Reservoir 6500 m³ adalah dapat disimpulkan sebagai berikut : 1) H_{initial} dan Pemampatan Lapisan tanah terdiri dari dua lapisan lempung lembek setebal masing-masing 8,5 meter dan 10 meter yang dibatasi oleh lapisan pasir setebal 4 meter. Besar H_{initial} dan pemampatan (Sc) pada masing-masing titik atau station dapat disimpulkan pada jarak 0-15 m tinggi rencana adalah 9,5 m , jarak 15-30 m tinggi rencana adalah 10,6 m, jarak 30-45 m tinggi rencana adalah 11,7 m. 2.) Dihitung dari H_{initial} tertinggi total pemampatan (Sc) yang harus dihilangkan adalah sebesar 3,8 m. Untuk menghilangkan pemampatan total diperlukan waktu 27 minggu untuk pentahapan penimbunan 50 cm/minggu. Metode perbaikan tanah yang digunakan untuk mempercepat pemampatan adalah dengan *preloading* yang dikombinasi dengan PVD. Dipakai jenis PVD tipe *Wick Drain* dengan lebar 100 mm, tebal 5 mm. Dipasang PVD dengan pola segi-3 jarak 1,2 meter dan sedalam 22,5 meter. 3.) Untuk perkuatan tanah dengan menggunakan *micropile*, digunakan *micropile* dengan dimensi 25x25 cm dari PT. Beton Elemindo Perkasa. Dari hasil perhitungan dengan safety factor ≥ 2 , didapat kebutuhan *micropile* pada jarak 0-15 m sebanyak adalah 47 buah , jarak 15-30 m sebanyak adalah 38 buah, jarak 30-45 m sebanyak adalah 30 buah.

SARAN

Dapat diperhitungkan analisis biaya dan peralatan yang dibutuhkan untuk perencanaan kombinasi PVD dengan Micropile, dapat digunakan perencanaan perbaikan tanah dasar yang lain seperti penggunaan PVD dengan kombinasi *Geotextile* atau perencanaan lain yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta. Erlangga.

Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta. Erlangga

Jurusan Teknik Sipil, *Buku Pedoman Kerja Praktek dan Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas – Universitas Warmadewa.*

Mochtar, I.B. 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Tanah-Tanah Yang Sulit*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya.

Rixner, J.J., Kramer, S.R., and Smith, A.D. 1986. *Pre-fabricated vertical drains Vol I*, Engineering Guidelines,

<http://rachmadony.blogspot.com/2012/09/teknik-preloading-dan-penggunaan-vertical-drain>