

## STRUKTUR DINDING PELINDUNG LERENG DENGAN METODE KAKI BELALANG TIRUAN

**Sulardi**

*Prodi Teknik Sipil Universitas Tridharma  
Jln. A.W Syahrani No. 7, Balikpapan 76125  
Email: [sulardikm61@yahoo.com](mailto:sulardikm61@yahoo.com)*

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v9i1.182>

### Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk memberikan gambaran tentang spesifikasi, bentuk, dimensi dan konfigurasi struktur dinding pelindung tanah dengan metode kaki belalang serta metode pelaksanaannya di lapangan. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian terpakai dan penelitian ini sekaligus sebagai technical notes success story aplikasi struktur pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan pada pembangunan reservoir pengendali banjir di kota Balikpapan. Hasil penelitian menunjukkan, metode kerja pemasangan struktur dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan dapat diaplikasikan dengan baik dan aman tanpa terjadi insiden. Stabilitas dinding penahan lereng ini terletak pada penggunaan pondasi jenis paku dibagian bawah, pasangan tapak-tapak penumpu dinding pelindung lereng, ground anchor dan pasangan saluran drainase.

Kata kunci: *dinding pelindung lereng, kaki belalang, three point contact.*

### Abstract

The research objective is to provide an overview of the specifications, shape, dimensions and configuration of the structure of the protective walls of the land with the method of grasshopper and its method of implementation in the field. This research method used the used research method and this study as well as a technical notes success story application of slope protective structures with artificial grasshopper foot method in the construction of flood control reservoirs in the city of Balikpapan. The results showed that the working method of the installation of a slope protective wall structure with artificial grasshopper foot method can be applied properly and safely without incident. The stability of the slope retaining wall lies in the use of nail type foundations at the bottom, pairs of tread supporting walls, ground anchors and pair of drainage channels.

Keywords: *protective slope walls, grasshopper feet, three point contact.*

### 1. Latar Belakang

Pada saat ini sedang dilakukan pembangunan reservoir pengendali banjir (Bendali) di kawasan pemukiman pendudukan Karang Anyar Balikpapan dengan kapasitas penampungan air 9.150 m<sup>3</sup> dengan luas penampungan 3.650 m<sup>2</sup> dan dengan kedalaman reservoir 4,6 meter di bawah permukaan tanah. Pembangunan reservoir Bendali mengakibatkan terbentuknya lereng di ketiga sisi reservoir dengan ketinggian lereng 12,5-14,5 meter, dengan sudut kelerengan 55-65 derajat di mana di bagian toping lereng adalah kawasan pemukiman penduduk. Kondisi

yang dihadapi saat ini adalah kondisi sub standard dan *unsafe condition*, yakni kondisi lereng yang curam dengan kelerengan  $> 65$  derajat, dengan material tanah jenis lempung (*silt clay*) yang pada kondisi kering sangat kaku (*stiff*), namun jika terkena hujan maka sifatnya sangat mudah membubur dan potensi terjadi kegagalan lereng (Sulardi, Agus Sugianto, 2018).

Permasalahan yang dihadapi adalah masalah kesulitan pemasangan struktur dinding pelindung lereng, karena kondisi lereng yang curam dan kondisi lahan yang terbatas. Faktor penyebab permasalahan adalah faktor material, yakni kondisi lereng yang curam dan spesifikasi material tanah lempung berwarna abu-abu kehitaman dan tekstur halus yang rapuh dan mudah menjadi bubuk jika terkena air hujan (Sulardi, Agus Sugianto, 2018). Terhadap permasalahan tersebut telah pula dilakukan pengendalian dengan menutup lereng dengan terpal untuk mencegah pelunakan dan kelongsoran tanah lereng oleh air hujan. Pada bagian sisi atas lereng ditutup dengan selapis tipis beton ringan untuk mencegah perembesan air hujan dan dilakukan pemasangan manual inklinator untuk memonitor pergerakan lereng (Sulardi, 2016). Namun hal tersebut tidak menyelesaikan permasalahan karena secara parsial masih terjadi keruntuhan serpihan-serpihan tanah lereng sehingga dikawatirkan akan terjadi keruntuhan lereng secara masal apabila tidak dilakukan proteksi lereng dengan segera.



Gambar. 1  
Kondisi visual galian bangunan reservoir

Dengan latar belakang permasalahan tersebut maka penelitian ini penting untuk dilakukan untuk mengatasi permasalahan guna memberikan jawaban atas pertanyaan penelitian dan menemukan jawaban bagaimana mengatasi permasalahan tersebut dengan baik dan aman. Jika penelitian ini tidak dilakukan maka persoalan di lapangan akan bertambah parah, tidak akan pernah terselesaikan dan permasalahan yang ada juga tidak akan pernah ditemukan jawabannya. Dengan penelitian ini diharapkan persoalan dapat ditemukan jawabannya dengan baik dan permasalahan dapat diselesaikan dengan baik dan aman.

Tujuan yang diharapkan akan dapat dicapai melalui kegiatan penelitian ini adalah memberikan gambaran spesifikasi, bentuk, dimensi dan konfigurasi dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan, dan; memberikan gambaran cara melaksanakan pemasangan dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan. Untuk mencapai tujuan tersebut selanjutnya dikembangkan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang hendak ditemukan jawabannya melalui kegiatan penelitian ini, yakni: a) bagaimana gambaran

spesifikasi, bentuk, dimensi dan konfigurasi struktur dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan, dan b) Bagaimana cara melaksanakan pemasangan struktur dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan.

Prinsip dasar struktur pelindung lereng dengan metode kaki belalang adalah merujuk kepada prinsip dasar keseimbangan pada pemanjat tebing atau pada belalang yang menggunakan kedua kaki untuk bertumpu dan satu tangan untuk berpegangan (three point contact) sehingga berat tubuhnya mampu bertumpu dengan pada dinding vertikal. Konsep dinding penahan tanah dengan metode kaki belalang tiruan adalah dinding penahan tanah jenis dinding bersandar berbahan dasar beton bertulang dengan tahanan *ground anchor* di bagian atas dan pada bidang kontak sisi belakang dinding tanah. Pasangan *ground anchor* ini berfungsi untuk memperbesar gaya tahan (*friction*) pada dinding tanah sehingga aman terhadap geseran dan gaya lateral. Dinding tanah ini bertumpu kaki-kaki takikan di lereng ukuran yang dipasang tiap jarak 2 meter dan dipasang secara zig-zag sehingga dapat menekan pergeseran dinding tanah kearah bawah. Adapun gaya berat dinding penahan ditopang oleh penopang pondasi tiang bor dengan perkuatan sirip-sirip dinding beton bertulang.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian terpakai dengan menggunakan metode pendekatan studi kasus, yakni studi kasus mengatasi kesulitan pemasangan dinding pelindung lereng tanah pada bangunan reservoir pengendali banjir. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding tanah adalah gaya lateral akibat tekanan tanah aktif lereng setinggi 13 meter dan gaya vertikal berupa berat sendiri dinding penahan tanah (DPT) dan berat tanah. Stabilitas gaya tahan terhadap gaya lateral diperoleh dengan penguatan *ground anchor* (Hary Christady Hardiyatmo, 2001) di bagian atas (top) slab beton dinding penahan tanah dan pemasangan *ground anchor* berbahan dasar tulangan ulir diameter 19 mm tiap jarak 1 meter yang dipasang secara zig-zag dengan kedalaman 2 meter dengan cara mengebor dan injeksi mortar sehingga menghasilkan gaya tahanan yang besar dan mampu menahan gaya lateral akibat tekanan tanah aktif (Robert W. Day, 2006).

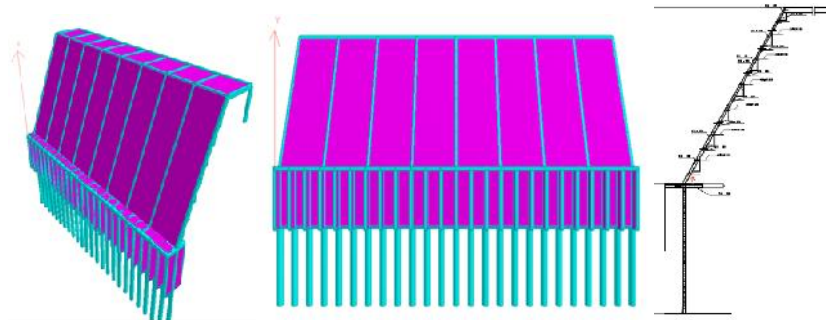
Stabilitas dinding penahan tanah terhadap gaya lateral ini diperbesar dengan pasangan kolom-kolom beton pengaku yang dipasang vertikal pada dinding slab beton tiap jarak 3 meter. Potensi tambahan tekanan tanah aktif akibat kandungan air direduksi dengan pemasangan pipa-pipa drainase pada dinding slab beton tiap jarak 1 meter. Gaya vertikal yang berasal dari berat sendiri slab beton dinding tanah (Suyono Sosrodarsono, Kazuto N, 1988) direduksi oleh kaki-kaki penumpu di sisi belakang dinding penahan tanah sehingga gaya vertikal yang diteruskan ke pondasi relatif kecil.

Adapun residual gaya vertikal yang tidak tereduksi oleh kaki-kaki takikan ditumpu oleh pondasi tiang bor berdiameter 60 cm sedalam 10 meter dengan perkuatan siri-sirip dinding beton bertulang ukuran 30x150 cm setinggi 5 meter yang dipasang pada 4 arah mata angin sehingga mampu menghasilkan daya dukung yang besar dan aman menopang struktur dinding penahan tanah dengan baik dan aman. Adapun pendekatan perilaku struktur dinding pelindung lereng dilakukan dengan analisis struktur menggunakan program *STAAT Pro.V.8i* (Sulardi, Agus Sugianto, 2018).

## 2.1 Spesifikasi dinding pelindung lereng kaki belalang tiruan

Spesifikasi material dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan mengadopsi kepada metode pemasangan refractory dengan kaki tatakan dan *anchor shear conector* (Sulardi, 2017) dan metode pemasangan dinding tanah berpengikat cerucuk (Sulardi, 2016). Spesifikasi material pasangan dinding pelindung tanah dengan metode kaki belalang tiruan adalah sebagai berikut:

- Spesifikasi material, beton bertulang dengan mutu beton K-350
- Dinding slab beton, lebar sisi bawah 30 cm dan lebar sisi atas 15 cm
- Tapak penopang, ukuran telapak. 45x60 cm, tinggi 60 cm, membentuk sudut 90° terhadap lereng dan dipasang selang seling tiang jarak. 2 meter
- Ground anchor*, dengan bahan dasar tulangan ulir diameter 19 mm dan diprotreksi dengan coating tahan korosi, kedalaman masuk kedalam tanah tanah minimum 90 cm
- Pipa drainase dengan penirisan lapisan ijuk tebal 5 cm
- Angker pengaku atas, balok beton 15x20 cm, panjang 2 meter dengan ikatan tulangan ulir diameter 19 mm dengan kedalaman tertanam 2 meter
- Bekisting, multiplek tebal 14 mm dengan permukaan laminate



Gambar 2.  
Struktur dinding penahan lereng kaki belalang tiruan

## 2.2 Peralatan digunakan

Untuk pemasangan konstruksinya dipergunakan beberapa peralatan sebagai berikut:

- Alat gali dan alat kerja tanah
- Alat kerja pembetonan
- Alat angkat pemasangan pipa
- Alat kerja tulangan dan pengelasan
- Alat scaffolding, tangga dan tumpuan kerja lainnya
- Alat pelindung diri (APD) dan Alat keselamatan kerja lainnya
- Alat bantu kerja lainnya sesuai kondisi dilokasi kerja.

## 2.3 Metode pemasangan

Metode pemasangan sangat penting untuk diperhatikan agar stabilitas dapat terjaga dilakukan sebagai berikut:

- Pasang pondasi penumpu struktur pelindung lereng dengan struktur pondasi tiang bor yang diperkuat dengan sejumlah sirip-sirip sehingga pondasi tiang bor menjadi kaku, kokoh dan stabil

- b. Pasang *capping* slab beton tumpuan struktur pelindung lereng, pastikan bentuk, dimensi dan konfigurasi pemasangannya telah sesuai desain
- c. Pasang alat kerja bantu *scaffolding* untuk tumpuan kerja, material dan peralatan kerja
- d. Bentuk tatakan tapak penopang dengan bentuk, dimensi dan konfigurasi sesuai desain
- e. Pasang rangkaian tulangan beam pengikat dibagian toping lereng dengan kedalaman *ground anchor* minimum. 2 meter
- f. Pasang *ground anchor* dengan material tulangan ulir diameter 19 mm, masukan ke dalam tanah dengan cara ditekan sampai kedalaman minimum 90 cm dengan menyisakan sisi luar sebagai pengikat rangkaian tulangan dinding
- g. Pasang tulangan dinding pelindung lereng dengan memastikan beton *decking* telah terpasang dengan kokoh dan ikatlah rangkaian tulangan dengan ujung *ground anchor*
- h. Pasang pipa-pipa drainase, pastikan sisi dalam pipa telah terbungkus dengan ijuk
- i. Pasang bekisting dinding pelindung lereng, pastikan pipa-pipa drainase telah ditempatkan dengan baik dan bekisting telah dipasang *shoring* dengan kokoh
- j. Lakukan pengecoran dinding beton pelindung lereng sampai dengan ketinggian 120 cm dan biarkan beton beton mengeras dengan baik selama 3x24 jam
- k. Setelah beton mengeras dengan baik lakukan pengecoran lagi di atasnya dengan terlebih dahulu menjenuhkan toping beton dengan air bersih dan melaburi bagian atasnya dengan *bonding agent*, pengecoran ini hingga mencapai ketinggian 30% dari total ketinggian dinding beton pelindung lereng dan biarkan mengeras dengan baik
- l. Setelah beton mengeras dengan baik lakukan pengecoran lagi di atasnya dengan terlebih dahulu menjenuhkan toping beton dengan air bersih dan melaburi bagian atasnya dengan *bonding agent*, pengecoran ini hingga mencapai ketinggian 50% dari total ketinggian dinding beton pelindung lereng dan biarkan mengeras dengan baik
- m. Setelah beton mengeras dengan baik lakukan pengecoran lagi di atasnya dengan terlebih dahulu menjenuhkan toping beton dengan air bersih dan melaburi bagian atasnya dengan *bonding agent*, pengecoran ini hingga mencapai ketinggian 75% dari total ketinggian dinding beton pelindung lereng dan biarkan mengeras dengan baik
- n. Setelah beton mengeras dengan baik lakukan pengecoran lagi di atasnya dengan terlebih dahulu menjenuhkan toping beton dengan air bersih dan melaburi bagian atasnya dengan *bonding agent*, pengecoran ini hingga mencapai seluruh ketinggian dinding pelindung lereng, termasuk beam penopang dibagian toping lereng dan biarkan mengeras dengan baik
- o. Lakukan perawatan keras (*curing*) dengan menutup toping dinding pelindung lereng dengan karung basah
- p. Bekisting dapat dilepas jika beton telah berusia 21 hari dan telah mengeras dengan sempurna, dengan tetap melakukan perawatan keras dengan cara pelembaban.



### 3. Hasil dan Pembahasan

Struktur dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan adalah struktur hasil inovasi dengan meniru perilaku pemanjat tebing dan perilaku belalang yang dapat bertumpu pada bidang dinding tegak dengan bertopang pada tiga tumpuan yakni pada kedua kaki dan satu tangan atau sebaliknya dengan dua tangan dan satu kaki dapat bergerak keatas dengan stabil dan aman. Dinding slab beton pelindung lereng memiliki kaki-kaki tapak penopang dinding ukuran 45x60x60 Cm menyerupai konsol setiap jarak 2 meter yang dipasang secara selang seling sehingga beban dinding terbagai rata. Sebagai pengikat digunakan ground anchor berbahan dasar tulangan ulir diameter 19 mm dan dipasak kedalam tanah dengan cara dibor dan ditekan. Lubang bor ground anchor ini terlebih dahulu diinjeksi dengan mortar beton sebagai ikatan. Setelah mengeras ground anchor akan berfungsi sebagai sistim anchoring pada umumnya. Untuk memperbaiki ikatan antara sisi dalam dinding pelindung tanah dengan permukaan tanah lereng maka permukaan tanah dikasarkan dengan cara ditakik-takik sehingga permukaannya membentuk celah-celah pada saat dilakukan pengecoran mortar beton maka takikan-takikan tersebut akan terisi oleh mortar beton.

Hasil penelitian menunjukkan model pondasi tiang bor diameter 50 Cm dengan bahan isian beton bertulang dengan mutu beton K-350, kedalaman tiang bor 5 meter, selanjutnya pada 5 meter diatasnya terdiri dari tiang bor diperkuat dengan sirip-sirip dinding beton setinggi 5 meter pada arah utara, selatan, timur dan barat dengan panjang lengan sirip 1,5 meter dan setelah sirip-sirip beton bertulang terpasang dengan baik diurug dengan tanah urug dengan jenis tanah lempung kepasiran berwarna merah kecoklatan terbukti dapat menopang struktur dinding pelindung lereng setinggi 14 meter dengan sudut kemiringan 65 derajat. Berdasarkan kontur tegangan yang bekerja akibat beban kombinasi pada slab beton dinding pelindung lereng, besar tegangan maksimum yang terjadi pada slab adalah sebesar  $17,6794 \text{ N/mm}^2 < \text{ijin sebesar } 289,2962 \text{ N/mm}^2 (0.85 f_c')$ , dalam batas aman. Sedangkan besarnya defleksi pada slab beton dinding penahan tanah yang terjadi pada beam sebesar  $-3,156 \text{ mm} < \text{ijin sebesar } 10 \text{ mm} (1/200 L)$ , dalam batas aman. Pondasi tiang bor dengan sirip-sirip pengaku ini adalah pengembangan dari pondasi paku payung hasil improvement peneliti yang telah memenangkan Gold Medal pada program CIP PT. Pertamina RU V Balikpapan dan statusnya pada saat ini sedang dalam progres pengusulan hak paten di Kemenkumham dengan No. Pendaftaran P00201700891 tertanggal 08 Februari 2017. Metode kerja pemasangan struktur lereng dengan metode kaki belalang tiruan yang disusun terbukti dapat diaplikasikan dengan baik dan dari aspek keselamatan kerja selama pekerjaan pembuatan pondasi dan pemasangan dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan ini telah menyumbangkan 1.800 Jam kerja aman (*zero incident*) tanpa terjadi kecelakaan.

Penerapan stabilitas struktur dengan prinsip three point contact pada dinding pelindung lereng adalah pada pasangan kaki-kaki tumpuan diatas tapak-tapak galian yang membuat struktur dinding pelindung lereng dapat bertumpu dengan baik pada bidang lereng sehingga menjadi satu bagian yang tidak terpisahkan dari lereng dan mampu melindungi tanah dari pengaruh limpasan air hujan sehingga dapat mencegah terjadinya kelongsoran lereng. Tapak-tapak pada permukaan lereng akan berfungsi sebagai pengganti pondasi praktis dan ground anchor akan menjadi pengganti sifat alamiah perakaran rumput yang mampu mengikat agregat

tanah dikereng agar menyatu dengan baik. Kekasaran (roughness) dipermukaan tanah yang kemudian tertutup oleh mortar beton akan menjadi pengganti akar-akar rambut pada tanaman rumput yang memperbesar ikatan antara tanah dengan struktur beton pelindung lereng. Pasangan pipa drainase pada dinding beton pelindung lereng akan mengalirkan air-air yang terjebak didalam tanah lereng sehingga dapat mereduksi dan menekan seminimal mungkin pengaruh berat air terhadap dinding tanah dan keberadaan dibelakang dinding tanah, sedangkan sedikit air yang tidak teralirkan keluar perpipaan akan berfungsi untuk menjaga kondisi tanah tetap lembab pada kondisi plastisitas maksimum.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1 Kesimpulan**

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Spesifikasi struktur dinding pelindung lereng dengan metode kaki belalang tiruan adalah dinding pelindung lereng berbahan dasar beton bertulang yang dilengkapi dengan ground anchor dibagian atas dan pada slab beton dengan material anker tulangan ulir diameter 19 mm sedalam 2 meter, dilengkapi dengan tapak-tapak kaki penopang dibagian dalam dinding serta saluran drainase untuk membuang kandungan air didalam lereng
2. Metode pemasangan dinding penahan tanah metode kaki belalang tiruan dengan memasang pondasi tumpuan, memasang capping beam, memasang toping anchor, memasang tatakan dan ground anchor dinding, memasang saluran drainase, memasang tulangan dan bekisting serta dengan pengecoran menggunakan spesifikasi mortar mutu beton K-350.

##### **4.2 Saran**

Berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut terkait penggunaan struktur pelindung lereng dengan metode kaki belalang sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuat dinding pelindung lereng metode kaki belalang dengan slab beton precast dengan terlebih dahulu memasang ground anchor untuk pengikatan slab beton precast
2. Diperlukan penyusunan metode pemasangan struktur pelindung lereng lebih lanjut secara segmental untuk memasang slab beton dinding penahan precast pada ground anchoring sehingga pelaksanaan pemasangannya menjadi lebih cepat dan praktis.

#### **Daftar Kepustakaan**

- Hary Christady Hardiyatmo, 2001, Dinding Penahan Segmental Dengan Tanah Diperkuat Geosintetik, Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta
- Robert W. Day, 2006, Foundation Engineering Handbook Design and Construction With The 2006 International Building Code, Mc Graw Hill Construction, Singapore

- Sulardi, Agus Sugianto, 2018, Evaluasi Stabilitas Struktur Dinding Pelindung Lereng Reservoir Bendali Dahor, RDMP PT. Pertamina RU V, Balikpapan
- Sulardi, 2017, Metode Perbaikan Refractory Mortar Dinding Internal Furnace Dengan Kaki Tatakan dan Anchor Shear Conector Di RU V Balikpapan, Portal Komet Sharing Knowlledge Pertamina Corporate,  
[http://ptm81.pertamina.com/komet/Dokumen\\_Detail.aspx?p\\_Kodefikasi.170414007](http://ptm81.pertamina.com/komet/Dokumen_Detail.aspx?p_Kodefikasi.170414007)
- Sulardi, 2016, Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Sandaran Berpengikat Cerucuk Ulin Di RU V Balikpapan, Portal Komet Pertamina Corporate,  
[http://ptm81.pertamina.com/komet/Dokumen\\_Detail.aspx?p\\_Kodefikasi.160427001](http://ptm81.pertamina.com/komet/Dokumen_Detail.aspx?p_Kodefikasi.160427001)
- Suyono Sosrodarsono, Kazuto N, 1988, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Pradnya Paramita, Jakarta