

Sudut Kelongsoran Tanah Pasir di Belakang Dinding Penahan Tanah Segmental

Deni Irda Mazni^{*1,2}, Abdul Hakam³, Jafril Tanjung⁴, Febrin Anas Ismail⁵, Yossyafra⁶

^{1,3,4,5,6} Program Studi S3, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Kampus Unand, Limau Manis, Padang

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Farmasi, Sains dan Teknologi, Universitas Dharma Andalas
Jl. Sawahan No. 103A, Simpang Haru, Padang

Submitted : 27, Agustus, 2023;

Accepted: 30, Oktober, 2023

Abstrak

Dinding penahan tanah (DPT) dibangun untuk mengatasi kelongsoran. Salah satu konstruksi DPT yang sering dipakai adalah DPT segmental atau *Segmental Retaining Wall* (SRW) yang terdiri dari 2 tipe yaitu SRW *gravity* dan SRW *reinforced*. SRW *gravity* merupakan DPT yang mengandalkan berat sendiri strukturnya. SRW *reinforced* memakai geosintetik untuk perkuatan terhadap kestabilan dindingnya. Selama ini, analisis kestabilan SRW *gravity* selalu dianggap seperti DPT monolit. Selain metode analisis yang dianggap sama, pola kelongsoran tanah yang terjadi di belakang SRW juga dianggap sama, sehingga sudut kelongsoran tanah (α) uji laboratorium yang terjadi sama dengan sudut kelongsoran metoda Rankine ($\theta=45^\circ+\phi/2$). Penelitian skala laboratorium dilakukan dengan beberapa skenario balok-balok SRW serta pemberian tanah pasir dan pembebanan merata (statis) di belakang SRW. Pola kelongsoran tiap skenario SRW direkam untuk mengamati sudut kelongsoran. Pola kelongsoran yang terjadi membentuk kurva S dengan persamaan fungsi polinomial pangkat tiga. Berdasarkan pengamatan terhadap beberapa skenario SRW, terlihat bahwa besar sudut kelongsoran (α) yang terjadi di dasar kurva kelongsoran sama dengan sudut geser dalam tanah pasir (ϕ) tersebut.

Kata Kunci : dinding penahan tanah segmental; pola kelongsoran; sudut geser dalam tanah; sudut kelongsoran

Abstract

Retaining walls (RWs) were built to overcome landslides. One of the DPT constructions that is often used is a Segmental Retaining Wall (SRW) which consists of 2 types, namely gravity SRW and reinforced SRW. SRW gravity is a RWs that relies on its own weight. SRW reinforced uses geosynthetics to strengthen the stability of the walls. So far, the stability analysis of SRW gravity has always been considered as a monolithic RWs. In

addition to the analysis methods that are considered the same, the failure pattern of soil behind the SRW is also considered the same, so the failure angle (α) that occurs is the same as the failure angle of the Rankine method ($\theta=45^\circ+\phi/2$). Laboratory scale research was carried out with several scenarios of SRW blocks-precast by providing sandy soil and uniform (static) loading behind the SRW. The failure pattern of each SRW scenario was recorded to observe the failure angle. The failure pattern that occurs forms an S-curve with the equation of a cube polynomial function. Based on observations of several SRW scenarios, it can be seen that the magnitude of the failure angle that occurs at the base of the failure curve (α) is the same as the internal friction angle in the sandy soil (ϕ).

Keywords : *segmental retaining wall; failure pattern; internal friction angle; failure angle*

A. PENDAHULUAN

Dinding Penahan Tanah (DPT) adalah suatu bentuk konstruksi untuk mengatasi kelongsoran tanah, atau untuk menahan kelongsoran dua elevasi tanah yang berbeda ketinggian. Membangun DPT pada suatu lereng tanah diyakini oleh masyarakat adalah salah satu cara untuk mengatasi kelongsoran, seperti tanah pada lereng alam ataupun lereng buatan, tanah urugan di bawah jalan dan jembatan, tanah pada dinding *basement*, tanah pada terowongan, dan tanah di sepanjang sisi sungai yang dalam.

Begitu juga dalam perkembangan dan kemajuan pengamanan dari longsor pada infrastruktur jalan, dengan bermacam tipe konstruksi seperti bronjong, *retaining wall*, segmental blok, geotextile dan lainnya. Membangun DPT pada suatu lereng tanah, bisa menjadikan area di atas dinding tersebut aman digunakan atau dimanfaatkan dan stabil. Idealnya DPT didesain untuk bisa menahan beban yang ada di sekitarnya, seperti beban bangunan yang berada di atasnya, beban gempa, beban mesin yang menghasilkan getaran, dan lain-lain (Ramdhani et al., 2016). Disain DPT harus cukup stabil, kuat, aman dan dapat menahan gaya lateral yang bekerja pada tanah disamping DPT tersebut, serta

memungkinkan dalam pengerjaan konstruksinya.

Permasalahan yang sering dihadapi para masyarakat dalam pembangunan DPT adalah keterbatasan biaya, waktu, dan faktor keamanan (Alexiou et al., 2020; Stathas, 2017). Faktor keamanan suatu DPT adalah hasil analisis dengan memperhitungkan keamanannya terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Untuk itu perlu ditinjau gaya-gaya yang bekerja pada DPT tersebut. Dalam perencanaan menangani longsor dengan metode apapun dituntut harus memenuhi syarat-syarat teknis menurut fungsi yang tepat guna, volume yang sesuai, serta sifat-sifat kondisi infrastruktur (Koopialipoor et al., 2020; Purwanto, 2012).

Pilihan berbagai metode konstruksi dalam pencegahan tanah longsor, disebabkan oleh terbatasnya biaya, alat, material, tenaga, batasan dan faktor lainnya. Pertimbangan lainnya adalah bagaimana penanganannya kejadian bencana longsor pada suatu jalan, dapat dengan cepat dan tepat, efektif dan efisien dikerjakan, sehingga pengguna jalan tidak lama menunggu pekerjaan perbaikan dari kerusakan jalan akibat longsor dimaksudkan.

Ada dua metoda pelaksanaan konstruksi DPT, yang pertama secara konvensional yang di cetak di tempat (*in-situ*) dan segmental *pre-cast* (di cetak di pabrik dan dibagi per-segmen atau per-blok). Pada perkembangannya, diinisiasi beberapa tipe struktur DPT, antara lain *cantilevered retaining wall*, *masonry* atau *concrete wall*, *counterfort retaining walls*, *buttress retaining wall*, *gravity retaining wall* (GRW), *gabion or crib wall*, *wood retaining walls*, *tilt-up concrete retaining wall*, *segmental retaining walls* (SRW), *bridge abutments*, *sheet pile and bulkhead walls*, *restrained retaining wall* (RRW), *anchored (tieback) walls* (Armaghani et al., 2020; Brooks & Nielsen, 2013; Ghaleini et al., 2019; Koopialipoor et al., 2020).

Seiring dengan perjalanan waktu, model dari *Segmental Retaining Wall* (SRW) atau DPT segmental sampai saat ini berkembang menjadi dua model yaitu *Conventional Gravity Segmental Retaining Wall* (C-GSRW) atau DPT segmental gravitasi konvensional dan *Reinforcement Soil Gravity Segmental Retaining Wall* (RS-GSRW) atau DPT segmental gravitasi dengan perkuatan tanah. Keduanya merupakan DPT segmental gravitasi, dimana struktur tersebut akan memanfaatkan berat struktur sendiri untuk mendukung massa tanah yang tidak stabil di belakang dinding (Geoguide1, 2017). Akan tetapi RS-GSRW menggunakan penguatan sebagai bagian dari DPT segmental dan mendapatkan bantuan penguatan dari material lainnya.

Kedua model DPT segmental (RS-GSRW dan C-GSRW) dalam bentuk blok *pre-cast* dalam penampilannya juga lebih estetika, biaya konstruksi lebih murah, kualitas dinding lebih terjamin, mudah dalam pelaksanaan konstruksi, tidak memakai banyak tenaga kerja dan cepat dalam pelaksanaan pembangunannya.

DPT segmental dalam pelaksanaan konstruksinya tidak memerlukan lahan yang luas, dapat dibangun dengan mudah dan ramah lingkungan (Masoud et al., 2018; Stathas, 2017; Xu et al., 2021).

Menjadi sangat penting penelitian ini dilaksanakan atas dasar pemikiran bahwa, pola keruntuhan atau longsor atau pergerakan butiran tanah yang terjadi di belakang DPT segmental tidak sama dengan pola longsor DPT monolit atau tidak sama dengan asumsi yang dipakai selama ini. DPT segmental yang terdiri dari beberapa segmen blok pracetak yang disusun, ketika adanya dorongan tekanan tanah lateral maka longsor yang terjadi adalah pola longsor per-segmen.

Tujuan penelitian ini ialah meninjau sudut kelongsoran yang terjadi pada dasar kurva kelongsoran akibat pergerakan tanah pasir di belakang SRW. Selama ini besarnya sudut kelongsoran (α) yang terjadi dianggap sama dengan sudut kelongsoran DPT monolit yaitu mengikuti metoda Rankine ($\theta=45^\circ+\phi/2$). Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan analisis bidang kelongsoran dua dimensi. Teori klasik dari Rankine menyatakan bahwa pola kelongsoran dari tanah pasir yang berada di belakang DPT segmental adalah persamaan linier dan diterapkan serupa dengan DPT monolit. Padahal terdapat perbedaan mendasar dari perilaku dan pola kelongsoran dari tanah yang berada dibelakang DPT segmental dibandingkan dengan pola kelongsoran tanah pada DPT monolit.

Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan perbedaan pola kelongsoran tanah akibat perbedaan dari pola struktur balok penyusun DPT segmental. Selanjutnya model yang dikembangkan dari penelitian ini adalah memungkinkan untuk mengestimasi pola keruntuhan berbagai bentuk dan pola struktur balok penyusun SRW yang

nantinya berguna untuk mengetahui luas area longsor.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Kelongsoran lereng akan terjadi apabila keseimbangan gaya-gaya yang bekerja terganggu, yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan. Prinsip penanggulangan kelongsoran adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Penanggulangan yang baik adalah penanggulangan yang dapat mengatasi masalah secara tuntas dengan biaya yang relatif lebih murah dan mudah pelaksanaannya. Mengatasi kelongsoran juga harus memperhatikan tipe tanah, gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi, serta pengendalian muka air tanah atau rembesan. Mengatasi kelongsoran dengan cara coba-coba akan mengakibatkan kegagalan.

Penanganan longsoran juga tergantung berbagai macam kondisi seperti keterbatasan biaya, sehingga bronjong lebih cocok, karena tanah pasir maka menggunakan *retaining wall* atau karena tanah lanau yang keras sehingga menggunakan blok *pre-cast* yang dibagi per-segmen. Ini dikarenakan supaya penanganannya cepat, tepat dan keinginan memberi pelayanan yang baik bagi pengguna jalan sesuai dengan fungsinya antara lain dapat berjalan dengan cepat, tepat waktu, efisien dan ekonomis.

Untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng yang tidak sederhana atau kelongsoran yang kompleks, memerlukan analisa yang lebih teliti dengan data yang lebih lengkap. Zhang et al., (2019) mengatakan bahwa perlu dianalisa karakteristik geologi dan parameter lainnya dari suatu konstruksi teknik sipil untuk pencegahan kelongsoran di masa datang. Pada daerah perkotaan untuk mencegah kelongsoran

biasanya dipakai dinding kantilever dari beton bertulang karena tidak mudah rusak dan sering kali tidak memerlukan urugan. Dinding ini juga banyak dipakai untuk dinding ruang bawah tanah gedung maupun digunakan di daerah yang memerlukan stabilisasi pada lereng yang rawan longsor (Hakam et al., 2018; Tang et al., 2018).

Desain struktur dinding penahan tanah harus memenuhi kriteria keselamatan dan biaya yang ekonomi, ramah lingkungan, estetika tampilan, kemudahan pelaksanaan konstruksi dan lain-lain (Arya, 2022; Dhamdhare et al., 2018; Masoud et al., 2018; Sravanam et al., 2019). Gambar 1 memperlihatkan bentuk DPT segmental yang umum dibangun.

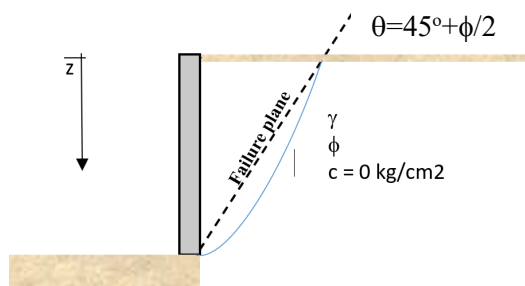


Gambar 1. DPT segmental

Bentuk permukaan longsor memainkan peran penting dalam memperkirakan tekanan tanah lateral, termasuk besarnya dan lokasi resultan gayanya dan analisis mengungkapkan bahwa bidang keruntuhan aktif dari tanah sempit di belakang dinding penahan yang kaku sangat cocok dengan bidang spiral logaritmik (Yang M., et al., 2020). Yang M., et al., (2020) juga mengemukakan bahwa hasil uji beberapa model menunjukkan bahwa permukaan gelincir tanah di belakang dinding melengkung.

Menurut teori klasik, yaitu teori Rankine, menganggap bidang keruntuhan DPT hampir mirip dengan garis lurus

yang membentuk sudut $\theta = (45^\circ + \phi/2)$ dengan bidang horizontal (Butterfield & Marchi, 2017; Das & Sobhan, 2018; Geoguide1, 2017; Pain et al., 2017). Asumsi yang digunakan adalah tidak ada gesekan antara tanah berpasir dengan dinding di belakang dinding penahan tanah seperti pada gambar 2.



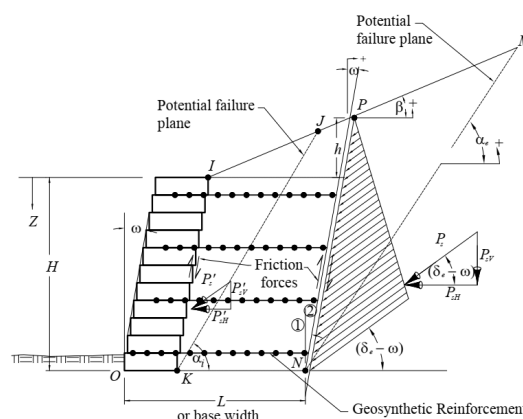
Gambar 2. Bidang atau pola kelongsoran menurut Teori Rankine
 (Sumber: Das B. M., 2018)

Menurut National Concrete Masonry Association (NCMA), beberapa keuntungan dari DPT Segmental adalah (NCMA, 2016):

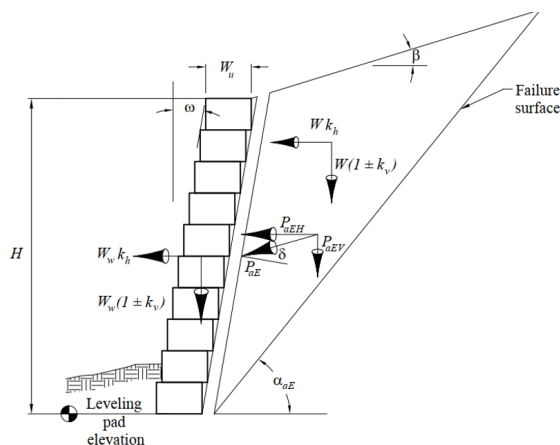
- Struktur yang fleksibel dan toleran terhadap penurunan muka tanah
- Dinding ini dapat dibangun di daerah terpencil dengan sedikit atau tanpa akses karena unit blok ringan dan tidak memerlukan alat berat
- Mudah disesuaikan dengan kebutuhan lokasi dengan menggunakan konstruksi yang fleksibel
- Konstruksi cepat dan mudah karena tidak ada mortar di antara balok beton, yang berarti kemampuan drainase dinding sangat baik
- Struktur yang berkelanjutan (biayanya bisa 25 hingga 40% lebih rendah daripada konstruksi di lokasi, lebih estetik, dan mendukung pelestarian lingkungan).
- Unit beton prefabrikasi memiliki kualitas dan daya tahan yang tinggi

Gambar 3 dan 4 menjelaskan tentang pola kelongsoran menurut

NCMA dan AIA (American Institute of Architects), yang mengikuti teori Rankine yaitu seperti garis lurus dan membentuk sudut yang sama dengan teori Rankine (ketika DPT segmental berdiri tegak lurus atau sudut kemiringan DPT segmental = 0°).



Gambar 3. Gaya-gaya dan pola kelongsoran di belakang DPT segmental
 (Sumber: NCMA, 2016)



Gambar 4. Gaya-gaya dan pola kelongsoran DPT segmental menurut AIA
 (Sumber: Belgard Commercial, 2018)

C. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan membuat model skala kecil DPT segmental dengan beberapa skenario variasi susunan dan jumlah balok SRW yang ditempatkan dalam box kaca dengan

dimensi p×l×t ialah 80cm×10cm×40cm. Penyiapan alat dan benda uji dengan segala kelengkapannya dan cara pengumpulan data dan pengukuran parameter yang telah ditentukan dari saat identifikasi awal.

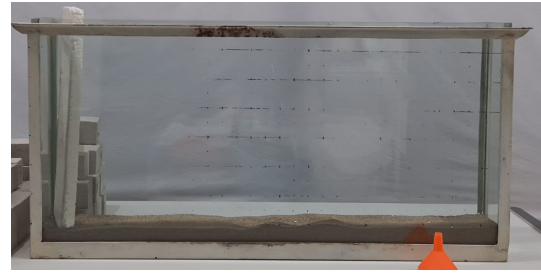
Sejumlah uji keruntuhan SRW dilakukan, uji tersebut dimaksudkan untuk menentukan pola keruntuhan tanah pada SRW yang dibentuk. Penelitian ini akan menggunakan beberapa variasi parameter peubah, seperti variasi jumlah dan susunan balok SRW, sehingga pengaruh jumlah dan bentuk susunan balok SRW dapat diidentifikasi terhadap pola kelongsoran tanah. Tahap-tahap penelitian sebagai berikut:

- Mengidentifikasi pola longsor dan metode analisis longsor pada SRW dari berbagai macam literatur
- Menyusun pertanyaan penelitian
- Merancang bentuk alat (*box* kacaseperti pada gambar 5), penentuan pilihan material (jenis tanah pasir) dan benda uji (balok-balok SRW dan balok beban merata statis) serta alat ukur
- Melaksanakan pengujian dan pencatatan parameter dan mendokumentasikan pengujian dari satu bentuk susunan balok dan jumlah balok SRW
- Mengidentifikasi pola longsor dari tanah dan menentukan persamaan fungsi pola longsor dari satu bentuk struktur SRW
- Mengidentifikasi sudut kelongsoran tanah di belakang SRW

Ada 3 jenis tanah pasir yang diteliti, seperti yang dijelaskan pada tabel 1.

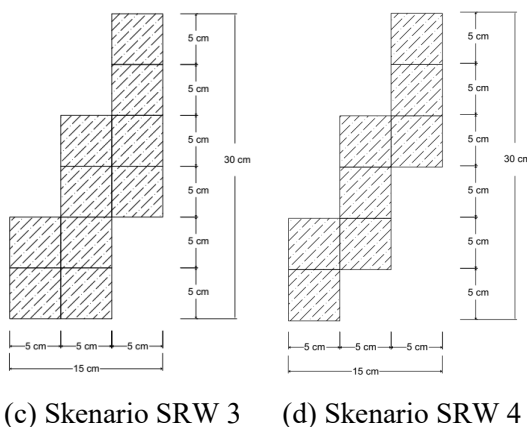
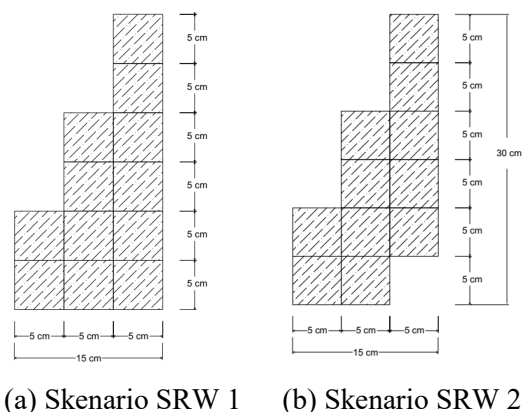
Tabel 1. Properti tanah pasir

Tipe	ϕ (°)	γ (gr/cm ³)
1	31,7°	1,472 gr/cm ³
2	36,75°	1,56 gr/cm ³
3	40,1°	1,68 gr/cm ³

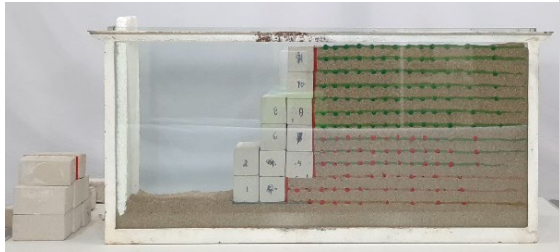


Gambar 5. Box kaca tempat pengujian skenario SRW

Gambar 6. memperlihatkan salah satu skenario pengujian, yaitu pengujian skenario SRW 2. Ada 4 skenario susunan balok-balok SRW yang akan diuji di laboratorium. Tipe pasir 1 untuk skenario SRW 1, 2, 3 dan 4 (gambar 6), sedangkan tipe pasir 2 dan 3 dipergunakan untuk skenario SRW 1 saja. Dimensi balok-balok SRW ialah 5cm×5cm×9,7cm.



Gambar 6. Skenario susunan balok-balok SRW



Gambar 7. Skenario SRW 2

Gambar 7 memperlihatkan salah satu skenario (SRW 2), susunan balok-balok segmental yang membentuk DPT segmental.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

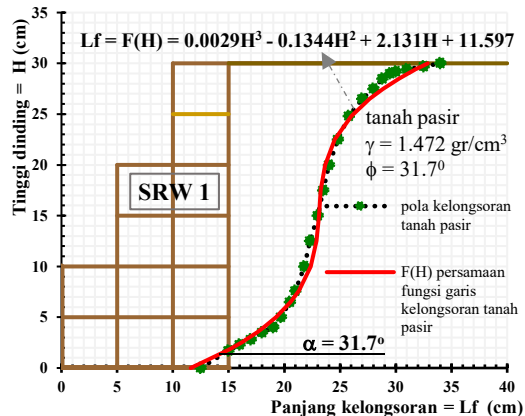
Pengamatan pergerakan tanah pasir yang terjadi ketika diberikan beban tambahan di permukaan tanah di belakang dinding. Hubungan antara pola kelongsoran dan dinding penahan tanah sangat penting dalam menilai stabilitas serta pertimbangan desain untuk dinding. Saat mendesain dinding penahan tanah, biasanya mempertimbangkan potensi pola kelongsoran yang mungkin terjadi. Pola kelongsoran yang umum termasuk geser dan guling.

1. Skenario SRW 1

Skenario SRW 1 ini memakai 3 jenis properti tanah seperti yang tercantum pada tabel 1. Susunan balok-balok segmentalnya sesuai pada gambar 6(a). Setelah balok disusun dan diberikan pasir di belakang SRW maka pembebanan dilakukan tahap demi tahap sampai runtuh (gambar 8 untuk jenis pasir pertama).



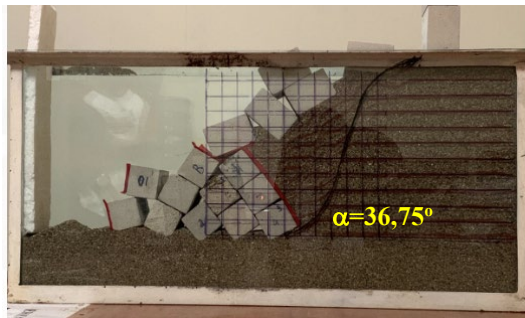
Gambar 8. Skenario SRW 1



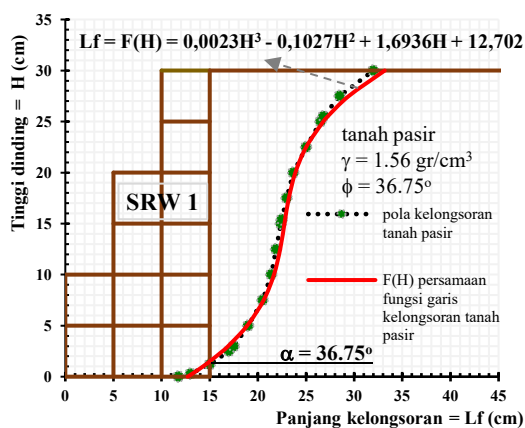
Gambar 9. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 1 ($\phi=31,7^\circ$)

Setelah SRW runtuh, maka pola kelongsoran tanah pasir yang terjadi, diplot ke koordinat kartesian (dot-dot spot warna hijau pada gambar 9), setelah itu dicari persamaan fungsi kelongsoran terhadap ketinggian SRW (H = tinggi SRW) dengan memakai *tool excel*. Sehingga bisa ditemukan bahwa pola kelongsoran tanah yang terjadi mempunyai persamaan fungsi polonomial pangkat 3 atau persamaan fungsi kubik (gambar 9). Dari pengamatan yang diamati, terlihat bahwa besar sudut kelongsoran (α) tanah pasir pada dasar SRW sama dengan $31,7^\circ$, yang artinya sudut kelongsoran yang terjadi sama dengan sudut geser dalam tanah ($\phi=31,7^\circ$). Sedangkan menurut teori Rankine, maka $\theta = 60,85^\circ$.

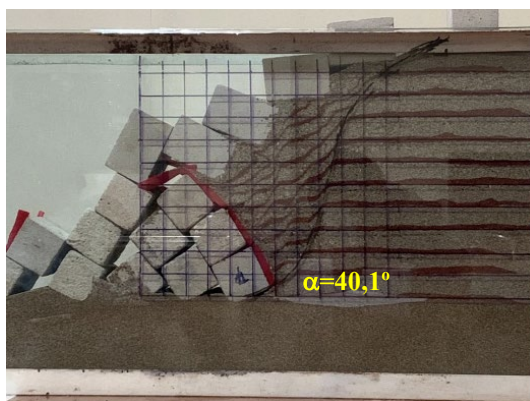
Berikutnya dilakukan untuk jenis pasir ke 2 dan ke 3 dengan proses uji yang sama. Gambar 10 dan 12 memperlihatkan pola kelongsoran yang terjadi serta gambar 11 dan 13 adalah persamaan fungsi kelongsoran yang dihasilkan. Dari pengamatan terhadap tipe pasir kedua dan ketiga ini, terlihat bahwa sudut kelongsoran (α) yang terjadi sama dengan sudut geser dalam tanahnya ($\phi=36,75^\circ$ dan $40,1^\circ$) dan menurut teori Rankine, $\theta = 63,37^\circ$ dan $65,05^\circ$.



Gambar 10. Pola kelongsoran tanah pasir pada tipe pasir 2 ($\phi=36,75^\circ$), SRW1



Gambar 11. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 1 untuk $\phi=36,75^\circ$



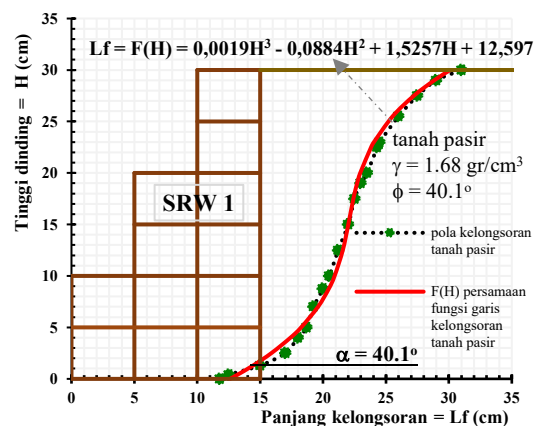
Gambar 12. Pola kelongsoran tanah pasir pada tipe pasir 3 ($\phi=40,1^\circ$), SRW1

2. Skenario SRW 2

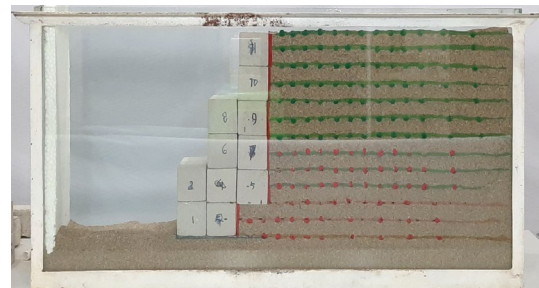
Gambar 14 tentang skenario SRW 2 dengan jenis tanah pasir 1. Proses pengujian yang sama dengan skenario

SRW 1 sampai SRW 2 runtuh setelah diberikan pembebanan statis (gambar 15). Setelah itu pola kelongsoran yang terjadi diplot ke koordinat kartesian sehingga diperoleh persamaan fungsi kelongsoran terhadap ketinggian H dinding atau $F(H)$ (gambar 16).

Dari pengamatan yang dilakukan juga terlihat bahwa sudut α sama dengan sudut ϕ , yaitu sebesar $31,7^\circ$.



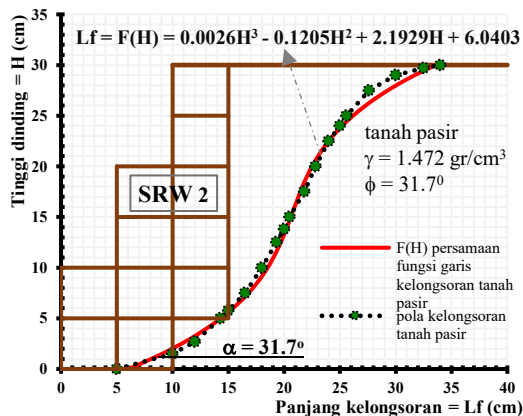
Gambar 13. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 1 untuk $\phi=40,1^\circ$



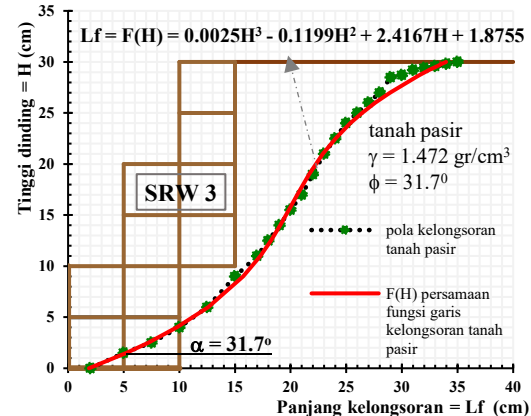
Gambar 14. Skenario SRW 2 ($\phi=31,7^\circ$)



Gambar 15. Pola kelongsoran tanah pasir pada tipe pasir 1 ($\phi=31,7^\circ$), SRW2



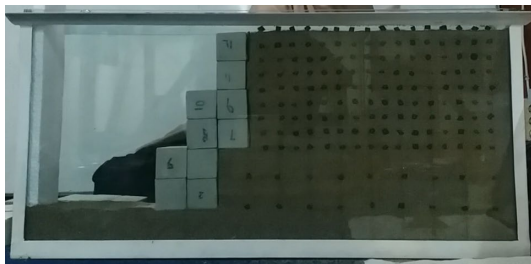
Gambar 16. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 2 untuk $\phi=31,7^\circ$



Gambar 18. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 3 untuk $\phi=31,7^\circ$

3. Skenario SRW 3

Skenario yang ketiga dilakukan untuk tipe pasir 1 (gambar 17). Pola kelongsoran yang terjadi dijelaskan pada gambar 18, sedangkan persamaan fungsi yang dihasilkan juga merupakan persamaan fungsi kubik. Serta dari pengamatan yang dilakukan bahwa sudut kelongsoran tanah (α) sama dengan sudut geser dalam tanahnya (ϕ).

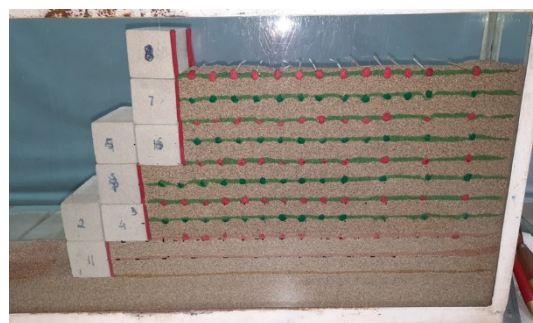


Gambar 17. Skenario SRW 3 ($\phi=31,7^\circ$)

4. Skenario SRW 4

Gambar 19, 20, dan 21 menjelaskan skenario pada SRW 4, masing-masing kondisi sebelum pembebanan, setelah kelongsoran, dan persamaan fungsi yang diperoleh dari hasil pola kelongsoran tersebut. Pengamatan yang dilakukan juga memperlihatkan bahwa sudut kelongsoran (α) yang diperoleh sama dengan sudut geser dalam tanahnya (ϕ).

Gambar 22 dan 23 menggambarkan lebih detail pola pergerakan tanah pasir ketika kelongsoran terjadi. Sama seperti percobaan-percobaan sebelumnya, maka setelah diukur dan dicatat, terlihat bahwa besarnya sudut (α) sama dengan sudut (ϕ). Besaran sudut geser dalam tanah inilah yang diperlukan dalam menganalisa kestabilan geser dan guling SRW.



Gambar 19. Skenario SRW 4 ($\phi=31,7^\circ$)

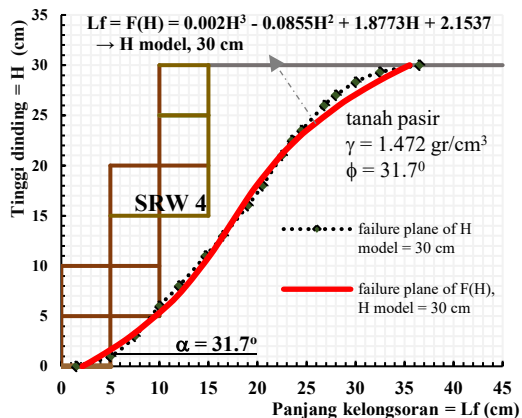
E. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan terhadap skenario SRW 1, 2, 3, dan 4 pada tipe tanah pasir 1, 2, dan 3, maka bisa ditarik suatu kesimpulan bahwa sudut kelongsoran menurut metoda Rankine yaitu sebesar $\theta = (45^\circ + \phi/2)$ berbeda dengan sudut kelongsoran yang terjadi pada tanah pasir di belakang DPT segmental hasil uji

laboratorium. Pada tanah pasir tersebut ditemukan bahwa sudut kelongsoran (α) sama dengan masing-masing sudut geser dalam tanah pasir tersebut (ϕ). Penemuan ini berguna untuk menghitung luas area kelongsoran yang diperlukan untuk menghitung faktor keamanan stabilitas terhadap geser dan guling.



Gambar 20. Pola kelongsoran tanah pasir pada tipe pasir 1 ($\phi=31,7^\circ$), SRW4



Gambar 21. Persamaan fungsi kelongsoran SRW 4 untuk $\phi=31,7^\circ$

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Prodi S3 dan Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, serta Laboratorium Teknik Sipil dan Prodi Teknik Sipil, Fakultas Farmasi, Sains dan Tekniknologi, Universitas Dharma Andalas yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexiou, A., Zachos, D., Alamanis, N., Chouliaras, I., & Papageorgiou, G. (2020). Construction Cost Analysis of Retaining Walls. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 9(4), 1909-1914.
<http://dx.doi.org/10.35940/ijeat.D8929.049420>
- Armaghani, D. J., Mirzaei, F., Shariati, M., Trung, N. T., Shariati, M., & Trnavac, D. (2020). Hybrid ANN-Based Techniques in Predicting Cohesion of Sandy-soil Combined With Fiber. *Geomechanics and Engineering*, 20(3), 191–205.
<http://dx.doi.org/10.12989/gae.2020.20.3.191>
- Arya, C. (2022). *Design of Structural Elements: Concrete, Steelwork, Masonry and Timber Designs to Eurocodes*. CRC Press.
- Belgard Commercial, A. Q. A. (2018). *Segmental Retaining Wall Theory and Design AIA / CES Quality Assurance*.
<https://alconcrete.org/wp-content/uploads/2018/10/AIA-Theory-and-Design-of-SRWs-1.7.2015.pdf>
- Brooks, H., & Nielsen, J. P. (2013). *Basics of Retaining Wall Design Basics of Retaining Wall Design* (10 th). since 1992. www.hbap.com
- Butterfield, R., & Marchi, M. (2017). On The Displacement of a Traditional Retaining Wall When First Loaded. *Soils and Foundations*, 57(6), 1083–1087.
<https://doi.org/10.1016/j.sandf.2017.08.032>
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Geotechnical Engineering*. 819.

- Dhamdhere, D. R., Rathi, V. R., & Kolase, P. K. (2018). Design and Analysis of Retaining Wall. *International Journal of Management, Technology and Engineering*, 8(9), 1246–1263.
- Geoguide1. (2017). *Guide to Retaining Wall Design Guide to Retaining Wall Design* (P. L. R. Pang, Ed.; 17th ed.). Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Departement, Civil Engineering Building, 101 Princess Margaret Road, Homantin, Kowloon, Hongkong.
- Ghaleini, E. N., Koopialipoor, M., Momenzadeh, M., Sarafriz, M. E., Mohamad, E. T., & Gordan, B. (2019). A Combination of Artificial Bee Colony and Neural Network For Approximating The Safety Factor of Retaining Walls. *Engineering with Computers*, 35(1), 647–658.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00366-018-0625-3>
- Hakam, A., Yuliet, R., & Donal, R. (2018). Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 6(1), 11.
<https://doi.org/10.25077/jrs.6.1.11-22.2010>
- Koopialipoor, M., Murlidhar, B. R., Hedayat, A., Armaghani, D. J., Gordan, B., & Mohamad, E. T. (2020). The Use of New Intelligent Techniques in Designing Retaining Walls. *Engineering with Computers*, 36, 283–294.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00366-018-00700-1>
- Masoud, T., Alsharie, H., Salem, Z. A., Yahia, Y. I. O., & Suliman, M. O. (2018). Optimization of Shape Design For Gravity Retaining Walls. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering*, 5(8), 1-4.
- NCMA. (2016). *Segmental Retaining Walls Best Practices Guide* (1st ed.). NCMA Publication Number: TR308.
- Pain, A., Choudhury, D., & Bhattacharyya, S. K. (2017). Seismic Rotational Stability of Gravity Retaining Walls by Modified Pseudo-dynamic Method. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 94(February 2015), 244–253.
<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.01.016>
- Purwanto, Y. (2012). Perbandingan Penanganan Longsoran dengan Metode Retaining Wall dan Segmental Blok Ditinjau dari Efektifitas Waktu dan Biaya pada Ruas Jalan Sangatta-Simpang Perdau. *Kurva S Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, 1(1), 783–787.
- Ramdhani, M., Surjandari, N. S., & Purwana, Y. M. (2016). Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Gempa dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Software Geoslope di Desa Tambakmerang Girimarto Wonogiri. *E JurnalMatrix Teknik Sipil*, 5(1), 195–201.
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i1.36957>

- Sravanam, S. M., Balunaini, U., & Madhav, M. R. (2019). Behavior and Design of Back-to-Back Walls Considering Compaction and Surcharge Loads. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 5(4), 31. <https://doi.org/10.1007/s40891-019-0180-z>
- Stathas, D. (2017). *Concave Segmental Retaining Walls with Porcupine Blocks* (Issue August). The Hongkong University of Science and Technology. <https://doi.org/10.14711/thesis-991012551363803412>
- Tang, Y., Pei Li, J., & Ma, Y. (2018). Lateral Earth Pressure Considering The Displacement of a Rigid Retaining Wall. *International Journal of Geomechanics*, 18(11), 06018031. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0001284](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001284)
- Xu, P., Hatami, K., & Jiang, G. (2021). Shaking Table Performance of Reinforced Soil Retaining Walls With Different Facing Configurations. *Geotextiles and Geomembranes*, 49(3), 516–527. <https://doi.org/10.1016/j.geotexme.2020.10.003>
- Yang, M., Tang, X., & Wu, Z. (2020). Slip Surface and Active Earth Pressure of Cohesionless Narrow Backfill behind Rigid Retaining Walls under Translation Movement Mode. *International Journal of Geomechanics*, 20(8), 04020115. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gm.1943-5622.0001746](https://doi.org/10.1061/(asce)gm.1943-5622.0001746)
- Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J. (2019). Science of The Total Environment Landslides-oriented Urban Disaster Resilience Assessment — A Case Study in ShenZhen, China. *Science of the Total Environment*, 661, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.074>
- Zhang, Y. (2020). The Cause Analysis of Landslide Disaster. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 780(7). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/780/7/072049>



© 2023 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)