

Penentuan Kondisi Batas Model Uji Eksperimental Laboratorium Menggunakan Simulasi Numeris

Hanif Abdul Rohim

Undergraduate Student of Civil Engineering Departement, Vocational College - Universitas Gadjah Mada

Adhitya Yoga Purnama, Devi Oktaviana Latif, Amalia Ula Hazhiyah

Departement of Civil Engineering, Vocational College - Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK: Eksperimental laboratorium sering digunakan untuk memvalidasi suatu teori dan mendapatkan informasi secara kuantitatif. Dalam bidang geoteknik, uji eksperimental di laboratorium menjadi salah satu metode yang efisien untuk mensimulasikan perilaku suatu sistem dalam skala mikro. Namun, pada pemodelan skala laboratorium memiliki keterbatasan area pengujian, sehingga perlu adanya penentuan batas geometri yang optimum, dimana pada saat diberi beban tanah tidak mengalami kekangan berlebih. Dalam penelitian ini, simulasi numeris dilakukan untuk menentukan kondisi batas dan dimensi optimum model eksperimental yang akan diuji di laboratorium. Perilaku tegangan dan pergerakan tanah dengan penambahan beban terbagi merata pada model dinding penahan tanah dievaluasi untuk menetapkan batas geometri. Berdasarkan hasil analisis numeris menggunakan metode elemen hingga didapatkan dimensi optimum pada pemodelan laboratorium yang merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Kata Kunci: simulasi numeris, kondisi batas, beban merata, stabilitas lereng.

ABSTRACT: Generally, a laboratory experiment is performed to validate a theory and generate quantitative data. In the geotechnical field, laboratory testing is one of the most effective approaches for simulating the behavior of a system on a micro-scale. However, the laboratory scale model has a limited test area, so it is necessary to determine the optimum boundary that would not constrain the soil's displacement when it is loaded. In this study, numerical simulations using the finite element method were performed to establish the optimal boundary conditions and dimensions of the experimental model in the laboratory. The stress and strain behavior of the soil under loading-unloading methods in the shape of a retaining wall model was evaluated to establish geometrical boundaries. Based on the analysis, the optimum dimension of a laboratory model can represent the actual conditions in the field.

Keywords: numerical simulation, boundary condition, loading, slope stability.

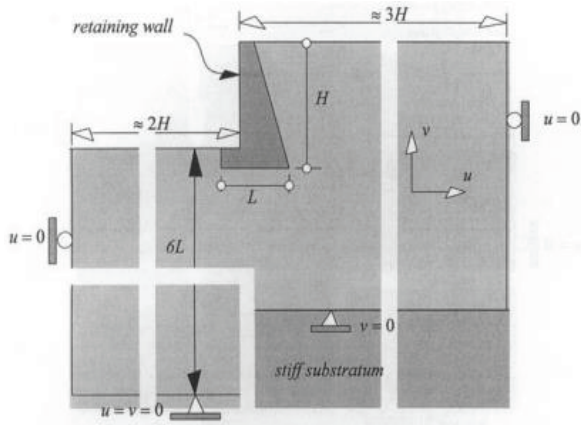
1 PENDAHULUAN

Pengujian eksperimental laboratorium sering digunakan untuk mendapatkan informasi secara kuantitatif pada suatu model struktur geoteknik. Namun, dalam pengujian laboratorium memiliki keterbatasan dimensi area pengujian, sehingga perlu dilakukan penskalaan untuk dapat melakukan pemodelan skala laboratorium. Dalam pelaksanaannya, uji eksperimental di laboratorium memiliki permasalahan terkait dimensi optimum model pengujian, sehingga perlu dilakukan penentuan kondisi batas minimum model uji laboratorium

yang masih dapat menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan. Hal ini dikarenakan nilai batas dan kondisi batas model pengujian laboratorium memiliki peran penting dalam analisa yang akan mempengaruhi tegangan internal dan faktor angka aman, sehingga tegangan dan gaya yang bekerja pada model pengujian nantinya tidak terpengaruh oleh kekangan dari kondisi batas di laboratorium, Ashok (2003), Dong (2017) dan Eleisia (2021) menyatakan bahwa batas horizontal memiliki pengaruh yang sangat signifikan. Menurut Verneer et al. (2005), batas vertikal harus diletakan pada kedalaman dimana perubahan

tegangan akibat penambahan beban ($\Delta\sigma$) kurang dari 10%.

Azizi (2000) merekomendasikan batas vertikal minimum sebesar minimal kedalaman 6L dan 2H di belakang dinding. Gbr.1 mengilustrasikan zona yang direkomendasikan oleh Azizi (2000). Pada penelitian ini, dilakukan simulasi uji numeris untuk memodelkan perkuatan dinding penahan tanah dengan menggunakan program berbasis elemen hingga dua dimensi yaitu Plaxis 2D.



Gbr. 1. Tipikal Dimensi untuk Dinding Penahan Tanah, Azizi (2000).

Menurut Griffiths (1999), metode elemen hingga merupakan metode untuk melakukan analisa numeris yang akurat yang dapat mengetahui mekanisme keruntuhan seperti di lapangan. Analisis dilakukan dengan memvariasikan tinggi dan lebar kondisi batas untuk memperoleh lebar horizontal dan tinggi vertikal optimum.

2 METODE

2.1 Parameter Input Model Eksperimen

Pada studi ini, tanah yang digunakan adalah tanah granular yang dimodelkan sebagai *Mohr-Coulomb model* dengan kondisi *drained*. Dalam studi ini elevasi muka air tidak dimodelkan didalam analisis. Parameter berat isi natural (γ_{unsat}) dan berat isi jenuh (γ_{sat}) yang digunakan ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Input.

Parameter	Nilai	Satuan
(γ_{unsat})	18	kN/m ³
(γ_{sat})	20	kN/m ³

Parameter	Nilai	Satuan
E'	80000	kN/m ²
ν'	0,3	-
c'_{ref}	1	kN/m ²
Φ' (phi)	37,05	°
k_x	0,1000E-3	m/day
k_y	0,1000E-3	m/day

Dinding penahan tanah dimodelkan sebagai *soil volume*. Perilaku tegangan dan regangan pada dinding penahan tanah dimodelkan sebagai material *linier elastic* dengan tipe *drained*. Tipe *drained* digunakan untuk material dinding penahan tanah sebagai material beton yang masih bisa dialiri atau dilewati air karena terdapat rongga pada tiap sambungannya. Parameter dinding penahan tanah blok modular dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Blok Beton Modular.

Parameter	Nilai	Satuan
γ_c	20	kN/m ³
E'	23,50E6	kN/m ²
R_{inter}	1	-

2.2 Skema Pengujian

Tabel 3. Skema Penelitian.

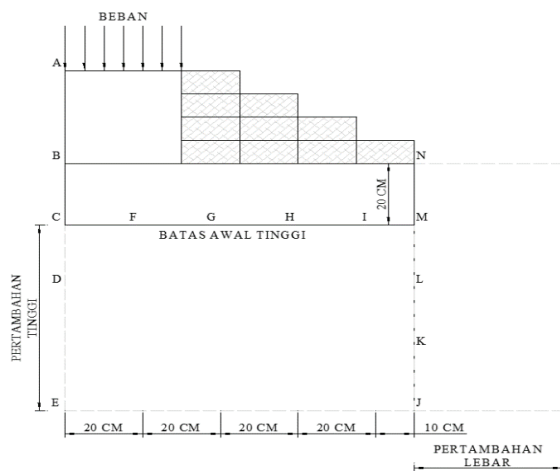
L (m)	H (m)	Tujuan
1	0,6	Mengidentifikasi batas horizontal
1,1	0,6	
1,2	0,6	
1,3	0,6	
1,4	0,6	
1,5	0,6	
1,6	0,6	
1,7	0,6	
1,8	0,6	
1,9	0,6	
2	0,6	
1,6	0,2	Mengidentifikasi batas Vertikal
1,6	0,3	
1,6	0,4	
1,6	0,5	
1,6	0,6	

Pemodelan didalam analisis numeris dilakukan dengan melakukan variasi pada lebar (L) dan tinggi (H) pada batas-batas dimensinya. Variasi pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

2.3 Pemodelan dan Simulasi Pembebanan

Pada penelitian ini analisa numeris metode elemen hingga dua dimensi dilakukan dengan menggunakan model *plane strain* dengan pemilihan *meshing* halus (*fine*). Gbr. 2 menunjukkan pemodelan batas kondisi *boundary* yang dimodelkan dengan variasi H dan L.

Tahapan konstruksi yang dipakai pada simulasi numeris menggunakan aplikasi Plaxis-2D secara umum dibagi menjadi 3 bagian tahapan yaitu, *initial phase*, *construction*, dan *loading*. Tahapan *construction* adalah pada kondisi dinding penahan tanah blok modular diaktifkan.



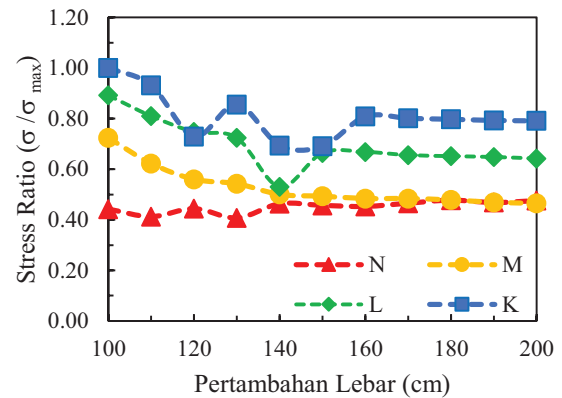
Gbr. 2. Pemodelan Kondisi Batas.

Terakhir adalah *loading*, dimana beban diletakan pada bagian permukaan atas secara merata dengan model pembebanan terbagi merata. Adapun parameter yang nantinya akan dianalisis adalah untuk mengetahui *stress* dan *displacement* pada setiap titik acuan.

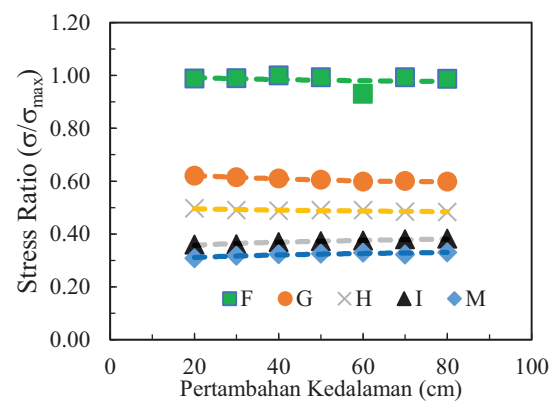
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Kondisi Batas Optimum

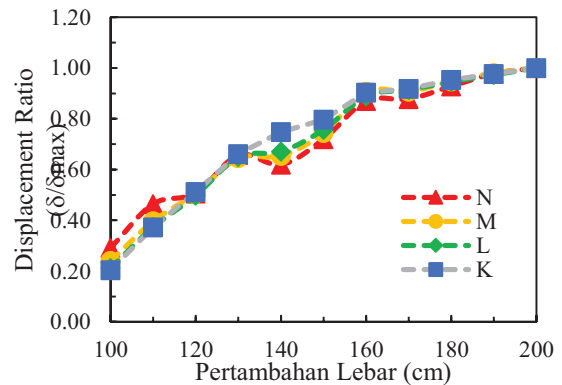
Dari hasil analisis yang telah dilakukan, nilai tegangan dan *displacement* yang terjadi pada setiap titik acuan akan dievaluasi untuk menentukan kondisi batas optimum pada model dinding penahan tanah. Dalam analisa dilakukan pembebanan dari 0 kg sampai 300 kg untuk mengetahui dimensi optimum model uji eksperimental.



Gbr. 3. Hasil *Stress* Arah X pada Skema *Loading* 180 kg.



Gbr. 4. Hasil *Stress* Arah Y pada Skema *Loading* 180 kg.



Gbr. 5. Hasil *Displacement* Arah X pada Skema *Loading* 180 kg.

Berdasarkan Gbr. 3 didapatkan hasil pembacaan berupa hubungan perbandingan antara *stress* dan pertambahan lebar (*L*). Dari grafik menunjukkan pada pertambahan dimensi 100 cm – 150 cm, nilai tegangan yang terjadi relatif masih fluktuatif, sedangkan pada batas dimensi lebih dari 160 cm menunjukkan perilaku tegangan yang relatif lebih stabil. Sedangkan pada arah vertikal (*Y*) dapat dilihat pada Gbr. 4 menunjukkan perilaku tegangan

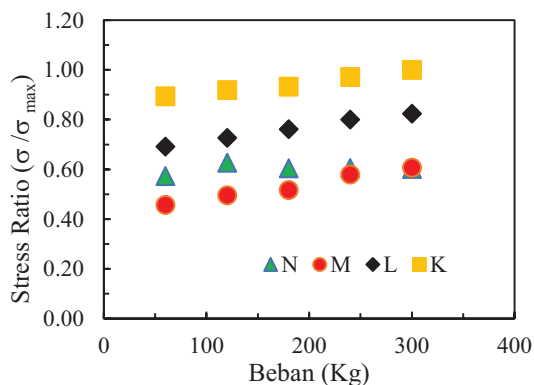
yang relatif stabil pada kedalaman 20 cm hingga 80 cm, tetapi pada titik F kedalaman 60 cm menunjukkan adanya sedikit perubahan tegangan.

3.2 Evaluasi Dimensi Optimum Terhadap Displacement

Evaluasi kondisi batas juga dilakukan dengan meninjau *displacement*. Hal ini bertujuan untuk menentukan batas optimum yang tidak memberikan pengaruh pergerakan yang signifikan. Gbr. 5 menunjukkan hasil perubahan nilai *displacement* akibat dari penambahan lebar model uji. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan pada kondisi dimensi arah horizontal (*L*) diantara 100 cm – 150 cm menunjukan perilaku *displacement* yang tidak stabil. Sedangkan pada kondisi dimensi model antara 160 cm – 200 cm menunjukan perilaku *displacement* yang relatif stabil.

Tabel 3. Beban Terbagi Merata.

Beban	Satuan	Kondisi
60	Kg	Loading
120	Kg	Loading
180	Kg	Loading
240	Kg	Loading
300	Kg	Loading



Gbr. 6. Hasil *Displacement* dengan Variasi Beban Terbagi Merata.

3.3 Evaluasi Pengaruh Kondisi Batas Optimum Berdasarkan Variasi Beban Terbagi Merata

Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dimensi optimum setelah dilakukan pembebanan terbagi merata dengan variasi pembebanan. Skema pembebanan terbagi merata dapat dilihat pada Tabel.3. Hasil evaluasi tegangan untuk setiap variasi penambahan beban dapat dilihat pada Gbr. 6.

Berdasarkan Gbr. 6, nilai tegangan yang terjadi relatif stabil pada beban ke 240 kg. Nilai tegangan pada setiap percobaan pembebanan yang dilakukan relatif stabil mengindikasikan bahwa tidak adanya perubahan pada tegangan yang terlalu besar hingga beban 300 kg. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku tegangan pada kondisi batas dimensi yang didapatkan yang relatif stabil dengan bertambahnya beban.

3.4 Hasil Evaluasi

Berdasarkan hasil evaluasi, batas horizontal memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap analisa pemodelan (Dong, 2017 dan Eleisia, 2021). Dari hasil analisa ditunjukan lebar minimum yang harus dipenuhi dalam pemodelan uji laboratorium. Seperti halnya pada batas vertikal dimana tegangan akibat penambahan beban ($\Delta\sigma$) harus kurang dari 10% (Verneer et al, 2005). Pada hasil analisa numeris batas vertikal, tegangan yang terjadi relatif stabil pada setiap pertambahan pembebanan dan penambahan ketinggian.

4 KESIMPULAN

Pada penelitian ini menyampaikan hasil studi numeris dengan menggunakan metode elemen hingga untuk menyimpulkan kondisi batas optimum untuk model uji eksperimental laboratorium. Studi dilakukan dengan melakukan variasi lebar dan tinggi kondisi batas.

Berdasarkan evaluasi hasil numeris, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Batas vertikal dan horizontal sangat berpengaruh terhadap analisa pemodelan uji laboratorium
- Lebar horizontal minimum (L) yang diperlukan dalam uji laboratorium untuk menghindari efek batas dari hasil nilai *stress* dan *displacement* adalah sebesar 160 cm atau 4H
- Dari hasil analisa didapatkan kenaikan tegangan akibat penambahan ($\Delta\sigma$) beban kurang dari 10%.
- Tinggi minimum (H) yang diperlukan untuk uji laboratorium adalah sebesar 70 cm atau 1L.
- Dari simulasi variasi pembebanan terbagi merata didapatkan pada dimensi optimum 160 cm (4H) dan 70 cm (1L) masih mencukupi untuk dilakukan pengujian laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Vermeer, P.A. & Wehnert, M. 2005. *Beispiele von FE-Anwendungen – Man lernt nie aus*. In: FEM in der Geotechnik (ed. Grabe et.al.). Harburg: Technische Universität Hamburg.
- Ashok K. Chught. 2003. On the Boundary Conditions in Slope Stability Analysis. *International Journal For Numerical and Analytical Methods In Geomechanics*. Denver. Colorado. U. S. A: Bureu of Reclamation.
- Azizi F. 2000. *Applied Analyses In Geotechnics*. 738.
- Dong, J., Chen, F., Zhou, M. & Zhou, X. 2017. Numerical Analysis of the Boundary Effect in Model Tests for Single Pile Under Lateral Load. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 77 (3): 1057–1068.
- Eleisia K, Pratama I, & Lim. 2021. Studi Parametrik Kondisi Batas Melalui Simulasi Numerik Uji Pembebanan Tiang Tunggal. *Annual National Conference on Geotechnical Engineering*. Jakarta.
- Griffiths. D. V. 2001. Slope Stability Analysis by Finite Element. *Geotechnique* 49(3):387-403.
- ASTM D-3080-04. *Direct Shear Test*.

