

**ANALISA PERILAKU *SEEPAGE* TERHADAP  
PENURUNAN JALAN DI ATAS TANGGUL  
MENGUNAKAN PERMODELAN SPH (*SMOOTHED  
PARTICLE HYDRODYNAMICS*)**

**TUGAS AKHIR**



**MUTIARA NURAUlia RAHMAWATI**

**1192004014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE**

**2023**

**ANALISA PERILAKU *SEEPAGE* TERHADAP  
PENURUNAN JALAN DI ATAS TANGGUL  
MENGUNAKAN PERMODELAN SPH (*SMOOTHED  
PARTICLE HYDRODYNAMICS*)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**



**MUTIARA NURAUlia RAHMAWATI**

**1192004014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE**


**2023**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan seluruh sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Mutiara Nuraulia Rahmawati**

**NIM : 1192004014**

**Tanda tangan :** 

**Tanggal : 29 Agustus 2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mutiara Nuraulia Rahmawati

NIM : 1192004014

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisa perilaku *seepage* terhadap penurunan jalan diatas tanggul menggunakan permodelan SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.**

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.

(  )

Penguji 1 : Fatin Adriati, ST. MT

(  )

Penguji 2 : Ade Asmi.,ST.,M.Sc.,PhD.,IPM.,ASEAN ENG

(  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 29 Agustus 2023

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan Rahmat Allah Yang Maha Kuasa dan limpahan Karunia-Nya serta kepada junjungan kita Rasulullah ﷺ sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisa perilaku seepage terhadap penurunan jalan diatas tanggul menggunakan permodelan SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics). Tujuan dari penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi aspek penilaian mata kuliah “Tugas Akhir” dan memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis selalu mendapatkan dukungan bantuan, saran, dan motivasi dari banyak pihak. Saya selaku penulis dan penyusun tugas akhir ini ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendukung saya dalam menyusun tugas akhir ini:

Orangtua dan saudara saya yang senantiasa mendoakan yang terbaik dalam proses saya menempuh pendidikan ini.

1. Orangtua dan saudara saya yang senantiasa mendoakan yang terbaik dalam proses saya menempuh pendidikan ini.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie.
3. Fatin Adriati, ST. MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie dan juga sebagai penguji satu, yang selalu membantu mahasiswa dan melancarkan proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc selaku pembimbing tugas akhir saya yang membantu proses tugas akhir ini sehingga berjalan dengan lancar.
5. Ade Asmi.,ST.,M.Sc.,PhD.,IPM.,ASEAN ENG selaku dosen pembimbing akademik dan juga selaku penguji dua dalam tugas akhir saya.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dalam bidang teknik sipil sehingga penulis dapat melakukan dan menyusun tugas akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Universitas Bakrie Angkatan 2019 yang sudah memberikan dukungan dan senantiasa memberikan semangat satu sama lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah disebutkan atas segala bantuan, motivasi, dan inspirasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Demikian ini Tugas Akhir yang telah penulis buat sebaik-baiknya. Penulis memohon kritik dan sarannya apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga tulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan juga bermanfaat bagi penulis sendiri.

Jakarta, 29 Agustus 2023

Penulis

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutiara Nuraulia Rahmawati  
NIM : 1192004014  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer Jenis Tugas  
Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisa perilaku *seepage* terhadap penurunan jalan diatas tanggul menggunakan permodelan SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti, Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 29 Agustus 2023

Yang menyatakan



(Mutiara Nuraulia Rahmawati)

**ANALISA PERILAKU *SEEPAGE* TERHADAP PENURUNAN JALAN DI  
ATAS TANGGUL MENGGUNAKAN PERMODELAN SPH (*SMOOTHED  
PARTICLE HYDRODYNAMICS*)**

Mutiara Nuraulia Rahmawati<sup>1</sup>

**ABSTRAK**

---

Dampak *seepage* dalam rekayasa geoteknik terutama pada perancangan tanggul dan struktur penahan, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitas dan kinerja tanggul. Dan dapat terjadi karena perbedaan tekanan hidrostatik antara air di dalam kanal dan air tanah di sekitarnya. Ketika air merembes atau meresap melalui tanggul, hal ini dapat memiliki pengaruh yang signifikan pada stabilitas tanggul dan meningkatkan risiko keruntuhan. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk melihat pengaruh *seepage* pada penurunan jalan di atas tanggul menggunakan metode SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*). Metode SPH ditingkatkan dalam PersianSPH untuk simulasi fluida yang lebih akurat dan efisien. Hukum Darcy dan Forchheimer digunakan untuk menggambarkan *seepage* serta mengukur karakteristik fisik dalam simulasi. Analisis pada penelitian ini mengindikasikan bahwa *seepage* dengan kerapatan rendah berpotensi merusak struktur di atasnya karena kehilangan daya dukung tanah. Secara keseluruhan kestabilan air dan pergerakan *seepage* memiliki pengaruh terhadap kepadatan, tekanan, dan kecepatan partikel tanah yang dapat mempengaruhi stabilitas dan kekuatan struktur tanah seperti tanggul.

Kata kunci : dampak *seepage*, kinerja tanggul, tekanan hidrostatik, penurunan jalan, metode SPH, PersianSPH, hukum Darcy, hukum Forchheimer, pergerakan *seepage*.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie



**ANALYSIS OF SEEPAGE BEHAVIOR ON DROP OF ROAD OVER THE  
EMBANKMENT USING SMOOTHED PARTICLE HYDRODINAMICS  
(SPH) MODELLING**

Mutiara Nuraulia Rahmawati<sup>1</sup>

**ABSTRACT**

---

*The impact of seepage in geotechnical engineering, especially in the design of embankments and retaining structures, has a significant influence on their stability and performance. This can occur due to the difference in hydrostatic pressure between the water in the channel and the groundwater in its surroundings. When water permeates or infiltrates through the embankment, it can have a substantial effect on the embankment's stability and increase the risk of collapse. Therefore, this study was conducted to examine the effects of seepage on the settlement of a road atop an embankment using the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method. The SPH method is enhanced in PersianSPH for more accurate and efficient fluid simulations. The Darcy and Forchheimer laws are employed to describe seepage and measure physical characteristics in the simulation. The analysis in this study indicates that seepage with low density has the potential to damage structures above it due to soil's loss of bearing capacity. Overall, water stability and seepage movement influence the density, pressure, and velocity of soil particles, which can affect the stability and strength of soil structures like embankments.*

*Keywords: seepage impact, embankment performance, hydrostatic pressure, road settlement, SPH method, PersianSPH, Darcy law, Forchheimer law, seepage movement.*

---

<sup>1</sup>*Bakrie University Civil Engineering Study Program Undergraduate Student*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat untuk mahasiswa .....	3
1.5.2 Manfaat Untuk penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Jalan Inspeksi Kanal Timur.....	4
2.2 Pengaruh <i>Seepage</i> pada tanggul.....	5
2.3 Metode SPH .....	6
2.4 Fungsi kernel pada penelitian.....	7
2.5 Persamaan Momentum Partikel pada SPH.....	8
2.6 Permodelan <i>Drucker Prager</i> .....	9
2.7 Hukum Darcy dan Forchheimer .....	11
2.8 Kondisi batas .....	13
2.9 Penelitian terdahulu.....	14
BAB III METODE PENELITIAN .....	16
3.1 Data Awal.....	16
3.3.1 Lokasi IKT.....	16
3.2 Peralatan .....	16

3.3	Pengumpulan Data .....	17
3.3.1	Data Primer .....	17
3.3.2	Data Sekunder .....	17
3.4	Geometri Jalan IKT .....	18
3.5	Geometri Jenis Tanah .....	18
3.6	Parameter visualisasi seepage 1 & 2 .....	19
3.7	Fase Pergerakan aliran .....	19
3.8	Analisis data .....	20
3.8.1	Analisis Density .....	20
3.8.2	Analisis Pressure .....	20
3.8.3	Analisis Velocity Magnitude .....	20
3.9	Flowchart .....	21
BAB IV PEMBAHASAN .....		22
4.1	Analisis visualisasi <i>seepage</i> tipe 1 .....	22
4.2	Analisis visualisasi <i>seepage</i> tipe 2 .....	24
4.2.1	Analisis variasi <i>density</i> .....	24
4.3	Analisis keterkaitan <i>seepage</i> 1 dan 2 .....	25
4.3.1	Hubungan <i>density</i> terhadap <i>seepage</i> .....	25
4.4	Analisis variasi <i>pressure</i> .....	27
4.5	Analisis keterkaitan <i>seepage</i> 1 dan 2 .....	28
4.5.1	Hubungan <i>pressure</i> terhadap <i>seepage</i> .....	28
4.6	Analisis variasi <i>velocity magnitude</i> .....	30
4.7	Analisis keterkaitan <i>seepage</i> 1 dan 2 .....	31
4.7.1	Hubungan <i>velocity magnitude</i> terhadap <i>seepage</i> .....	31
4.8	Analisis <i>time history</i> .....	33
4.8.1	Grafik <i>density</i> .....	33
4.8.2	Grafik <i>pressure</i> .....	34
4.8.3	Grafik <i>velocity magnitude</i> .....	35
4.9	Aplikasi Lapangan .....	36
BAB V PENUTUP .....		37
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....		39

LAMPIRAN.....	40
Case Embankment5 PersianSPH.....	40
Function.cpp.....	49

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Lokasi Jalan IKT.....	16
Gambar 3.2 Geometri Jalan IKT.....	18
Gambar 3.3 Geometri jenis tanah embankment seepage 1 .....	18
Gambar 3.4 Geometri jenis tanah embankment seepage 2 .....	18
Gambar 3.5 Aliran air pada embankment dalam berbagai langkah waktu $Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	19
Gambar 3.6 Ketinggian air pada embankment dalam kondisi stabil .....	19
Gambar 3.7 Flowchart alur model simulasi geometri SPH .....	21
Gambar 4. 1 Grafik time history density .....	33
Gambar 4. 2 Grafik time history pressure.....	34
Gambar 4. 3 Grafik time history velocity magnitude .....	35

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu .....	14
Tabel 3. 1 Parameter visualisasi seepage 1 & 2.....	19
Tabel 4. 1 Analisis visualisasi seepage 1 .....	22
Tabel 4. 2 Analisis visualisasi density seepage 2 .....	24
Tabel 4. 3 Analisis visualisasi pressure seepage 2.....	27

**DAFTAR LAMPIRAN**

Case Embankment PersianSPH.....	40
Function.cpp.....	49