

SIMULASI TINGGI HIDRAULIK DUA DIMENSI PADA ALIRAN AIR TANAH MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Bayu Cahaya Nugraha¹, Sri Suryani², Dede Tarwidi³

¹Ilmu Komputasi, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

Tugas akhir ini merepresentasikan simulasi tinggi hidraulik aliran air tanah untuk sistem satu dimensi dan dua dimensi. Tinggi hidraulik adalah perbedaan dari elevasi muka air tanah. Model matematika aliran air tanah steady-state digunakan untuk memprediksi tinggi hidraulik. Solusi numerik dihitung dengan menggunakan metode elemen hingga. Hasil simulasi tinggi hidraulik untuk sistem satu dimensi divalidasi dengan solusi eksak. Hasil dari pengujian sistem menunjukkan error yang paling kecil pada metode elemen hingga satu dimensi adalah 4.2%, dengan jumlah elemennya 199 elemen. Hasil simulasi sistem dua dimensi memperlihatkan distribusi tinggi hidraulik yang dapat menunjukkan arah aliran air tanah dan kuantitas air dalam tanah.

Kata Kunci : aliran air tanah, tinggi hidraulik , metode elemen hingga, model aliran air tanah, simulasi.

Abstract

This final project represents hydraulic head simulation of groundwater flow for one-dimensional system and two-dimensional system. Hydraulic head is the difference in groundwater level. Mathematical model steady-state groundwater flow used to predict hydraulic head. Numerical solution is calculated with finite element method. The result of hydraulic head simulation for one-dimensional validated with the exact solution. The system test result showed the smallest error on one-dimensional finite element method is 4.2%, with the number of elements is 199 elements and the number of nodes is 200 nodes. Simulation result for two-dimensional shows the distribution of hydraulic head which can indicate the direction of groundwater flow and the water quantity in ground.

Keywords : groundwaterflow, hydraulichead, finiteelementmethod, groundwaterflow model, simulation.



Telkom
University

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada permukaan tanah, air mengalir dari permukaan yang tinggi ke permukaan yang lebih rendah. Sedangkan untuk aliran air di bawah permukaan tanah, air mengalir melalui pori-pori yang berada pada tanah. Air juga mengalir pada media berpori seperti pada tembok, bebatuan, dan media berpori lainnya yang bisa dialiri oleh air. Kemampuan tanah untuk meresap air disebut daya resapan (permeabilitas). Permasalahan resapan air dalam tanah cukup penting dalam bidang geoteknik. Misalnya permasalahan pada pembuatan tanggul atau bendungan untuk menahan air, juga penggalian pondasi pada permukaan air tanah.

Di dalam tanah, air yang mengalir terjadi dikarenakan adanya perbedaan tinggi hidraulik, dimana tinggi hidraulik adalah perbedaan dari elevasi muka air tanah. Simulasi aliran air bawah tanah dilakukan untuk mengetahui arah aliran air di dalam tanah. Selain itu, simulasi ini digunakan untuk memprediksikan letak berkumpulnya air yang berada dalam air tanah. Jika air masuk ke dalam tanah tidak sama dengan air yang keluar maka air akan mengalami pengendapan di dalam tanah dan terbentuk suatu lapisan akuifer di dalam tanah.

Pada umumnya untuk menghitung suatu tinggi hidraulik pada tanah perlu menghitung satu persatu bagian tanah, sehingga akan memakan waktu yang lebih lama. Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti lain dengan menggunakan metode beda hingga, terdapat kekurangan dalam penggunaan metode beda hingga yaitu pada diskritisasi ruang. Pada metode beda hingga hanya menggunakan diskritisasi ruang segiempat saja, sehingga error pada domain yang tidak berbentuk segiempat akan lebih besar [12]. Penelitian aliran air bawah tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode volume hingga. Metode volume hingga dapat menghitung tinggi hidraulik untuk *grid* tanah yang tak beraturan [13]. Tetapi untuk menghitung tinggi hidraulik pada *grid* yang tak beraturan sangat sulit.

Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan metode elemen hingga. kelebihan dari metode elemen hingga pada diskritisasi ruang. Diskritisasi ruang pada metode elemen hingga bisa berbentuk segitiga, segiempat, dst. Metode elemen hingga juga dapat membagi peta tanah ke dalam bentuk elemen-elemen. Elemen-elemen tersebut dapat memprediksikan tinggi hidraulik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana bentuk model matematika untuk masalah aliran air dalam tanah?
2. Bagaimana menentukan solusi eksak tinggi hidraulik untuk kasus *steady-state* satu dimensi?
3. Berapa akurasi perbandingan solusi eksak tinggi hidraulik dan numerik tinggi hidraulik untuk satu dimensi?
4. Bagaimana mencari solusi numerik tinggi hidraulik dari masalah aliran air dalam tanah menggunakan metode elemen hingga untuk kasus *steady-state* satu dimensi dan dua dimensi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat model matematika pada masalah aliran air tanah.
2. Mengetahui solusi eksak untuk kasus *steady-state* aliran air bawah tanah satu dimensi.
3. Mengetahui akurasi perbandingan untuk solusi eksak tinggi hidraulik dan solusi numerik tinggi hidraulik untuk satu dimensi.
4. Mengetahui solusi numerik dari masalah aliran air dalam tanah dengan menggunakan metode elemen hingga untuk *steady-state* satu dimensi dan dua dimensi.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini, yaitu :

1. Pada titik batas tinggi hidraulik sudah diketahui nilainya.
2. Densitas air adalah konstan.
3. Dikatakan error kecil bila error relatif kurang dari 10%
4. Menggunakan bangun datar segitiga untuk elemen yang digunakan.
5. Data yang digunakan untuk mengukur tinggi hidraulik air tanah adalah data konduktivitas hidraulik, tinggi hidraulik pada titik batas.

1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis melakukan pencarian materi tentang metode yang dipelajari yaitu metode elemen hingga dan persamaan aliran air dalam tanah guna mendukung penelitian. Hal-hal yang dilakukan penulis adalah membaca buku, paper yang terkait tentang persamaan aliran air dalam tanah dan metode elemen hingga.

2. Perancangan sistem

Pada tahap ini penulis melakukan perancangan terhadap sistem yang akan dibangun, dari algoritma yang dipakai dan bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian ini.

3. Pengumpulan data

Pada tahap ini penulis akan mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian guna dapat mendukung penelitian dalam inputan sebuah proses sistem yang penulis rancang.

4. Implementasi dan Pembangunan sistem

Pada tahap ini penulis akan mengimplementasikan sistem yang sudah dirancang kedalam bahasa pemrograman yang telah ditentukan.

5. Pengujian dan Analisis

Pada tahap ini penulis akan menginput data yang sudah didapat kedalam sistem dan menguji hasil dari output dari sistem.

6. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini penulis akan menyimpulkan analisis yang didapat saat pengujian sebelumnya dan menuangkan hasil tersebut ke dalam buku laporan tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, tujuan, perumusan masalah, dan metode yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan teori-teori pendukung meliputi definisi dan cara kerja.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan mengenai analisis kebutuhan sistem yang akan dibangun.

BAB IV ANALISIS DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini membahas pengujian dari hasil sistem yang sudah diimplementasikan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil pengerjaan tugas akhir.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada BAB IV maka didapat kesimpulan :

- a. Model matematika tinggi hidraulik dibentuk dari hukum kekekalan massa. Model tersebut diturunkan untuk mencari solusi eksak dan numerik. Hasil dari solusi eksak dan numerik terdapat pada Lampiran 1.
- b. Perhitungan solusi eksak dilakukan dengan menggunakan turunan persamaan differensial parsial dari model aliran air tanah. Solusi eksak yang dihasilkan mengalami perubahan posisi pada lapisan tanah yang berbeda dikarenakan nilai dari konduktivitas hidraulik tanah tersebut berbeda-beda.
- c. Error yang didapat dengan membandingkan solusi numerik dan solusi eksak (Tabel 4.3). Error akan semakin besar jika konduktivitas hidrauliknya berubah. Berbeda dengan konduktivitas akhir, akan terjadi sebaliknya, error yang dihasilkan pada konduktivitas akhir akan semakin kecil.
- d. Semakin banyak jumlah titik yang dipakai pada metode elemen hingga dua dimensi akan semakin kompleks hasil yang didapat. Jika pada skenario keempat terdapat 259 titik, maka solusi yang akan dihasilkan adalah 259 solusi.
- e. Dengan diketahui tinggi hidraulik pada dua dimensi, maka arah aliran air pada peta tanah dapat diketahui dan prediksi dari kuantitas air pada peta tanah dapat diketahui.

5.2 Saran

Pengembangan yang dapat dilakukan pada tugas akhir ini antara lain :

- a. Validasi untuk dua dimensi dapat dilakukan dengan membandingkan solusi numerik, dan data nyata.
- b. Penelitian aliran air tanah dengan kasus *unsteady-state* dapat dilakukan, agar solusi yang didapat akan terpengaruh oleh waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burdem, R. L., & Faires, J. D. (2011). Numerical Analysis.
- [2] Indah Emilia Wijayanti, A. S. (2012). Aljabar Linier Elementer.
- [3] Istok, J. (1989). Groundwater Modeling by the Finite Element Method.
- [4] Joko Soebagyo, S. (t.thn.). Pengantar salah mutlak dan salah relatif.
- [5] Kurnia, M. (2012). Pengembangan Model Aliran Air Tanah Dua Dimensi Didorong oleh Perbedaan Massa Jenis Di Akuifer Pantai. Pengembangan model.
- [6] MUNIR, R. (2010). Metode Numerik. Bandung: Informatika.
- [7] Purcell, E. J., & Varberg, D. (t.thn.). Kalkulus dan Geometri Analitis. 1994.
- [8] Putranto, T. T. (2011). Aplikasi Pemodelan Aliran Air Tanah Dalam Konsep Pengolahan Air Tanah berbasis cekungan.
- [9] S, M. H., S, D., P, W. W., & S, B. (2008). Pemodelan Rembesan Air Dalam Tanah.
- [10] Segerlin, L. J. (1984). Applied Finite Element Analysis.
- [11] Sugeng. (2012). Air Tanah.
- [12] Waspodo, R. S. (t.thn.). PERMODELAN ALIRAN AIR TANAH PADA AKUIFER TERTEKAN .
- [13] Muyinda, N., G. Kakuba and J.M. Mango (2014). FINITE VOLUME METHOD OF MODELLING TRANSIENT GROUNDWATER FLOW