

ANALISIS NUMERIS PENGARUH KEDALAMAN TERHADAP DEBIT REMBESAN SUMUR RESAPAN

Bambang Setiawan, Galuh Chrismaningwang, Agum Sidik Kurniawan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp. 021-64524
Email: bambangsetiawan@staff.uns.ac.id

Abstract

Water is one of the most important elements for life on earth. Along with population growth, there is an increasing necessity for clean water. Population growth results in changes in land use. Green open spaces that function as water catchments have changed their functions into roads, buildings, and other structures. Reduced groundwater seepage results in fewer water reserves in the soil. Infiltration wells are one solution to this problem. Infiltration wells work by channelling rainwater that is on the surface to be collected in the holes that have been made. The depth of the infiltration well will affect the energy changes in the ground flow. This study aims to determine the effect of the depth of infiltration wells on seepage discharge. Geostudio software with the seep/w feature is often used in the analysis of water seepage, such as in the foundation or body of dams, injection wells, and water infiltration through drainage. This research was conducted by comparing two-dimensional modelling analysis using the seep/w feature in Geostudio software with conventional calculations using the Darcy formula. Infiltration well modelling was carried out with seven variations of depth on clay. The results of this study indicate that the depth of the infiltration well has an effect on the seepage discharge. The value of the seepage discharge has increased along with the depth of the infiltration well. A comparison of seepage discharge with conventional calculations and seep/w features in Geostudio software shows a small difference in seepage discharge values. The difference between conventionally calculated seep discharge and seep/w features in Geostudio software for clay soils is between 7% and 51%.

Keywords: depth, geostudio, infiltration wells, seepage discharge

Abstrak

Air menjadi salah satu unsur yang sangat penting bagi makhluk hidup yang berada di bumi. Kebutuhan akan air bersih semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Pertumbuhan penduduk mengakibatkan perubahan tata guna lahan. Ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai resapan air beralih fungsi menjadi jalan, gedung serta bangunan-bangunan lainnya. Berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah mengakibatkan semakin sedikit cadangan air di dalam tanah. Sumur resapan merupakan salah satu solusi untuk permasalahan tersebut. Sumur resapan bekerja dengan cara menyalurkan air hujan yang berada di permukaan untuk ditampung ke dalam lubang yang telah dibuat. Kedalaman sumur resapan akan berpengaruh pada perubahan energi pada aliran tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman sumur resapan terhadap debit rembesan. *Software geostudio* dengan digunakan dalam analisis rembesan air seperti pada pondasi atau tubuh bendungan, sumur injeksi, dan infiltrasi air lewat drainase. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan analisis permodelan dua dimensi menggunakan fitur *seep/w* pada *software geostudio* dan perhitungan konvensional menggunakan rumus darcy. Permodelan sumur resapan dilakukan dengan tujuh variasi kedalaman pada tanah lempung. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kedalaman sumur resapan terhadap debit rembesan. Nilai debit rembesan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kedalaman sumur resapan. Perbandingan antara perhitungan konvensional dan analisis *software geostudio* didapatkan selisih nilai debit rembesan yang kecil. Selisih nilai debit rembesan perhitungan konvensional dan analisis *software geostudio* untuk tanah lempung yaitu antara 7% hingga 51%.

Kata Kunci : debit rembesan, *geostudio*, kedalaman, sumur resapan

PENDAHULUAN

Air menjadi salah satu unsur yang sangat penting bagi makhluk hidup yang berada di muka bumi. Air sering digunakan dalam kegiatan sehari-hari mulai dari mencuci, mandi, memasak, makan, minum serta kegiatan lainnya seperti industri dan pertanian (Noor dkk., 2019). Kebutuhan akan air bersih semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk (Elgara dkk., 2016). Pertumbuhan penduduk mengakibatkan perubahan tata guna lahan. Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berfungsi sebagai resapan air beralih fungsi menjadi jalan, gedung serta bangunan-bangunan lainnya. Hal ini menyebabkan air hujan yang turun tidak bisa terserap ke dalam tanah dikarenakan berkurangnya daerah resapan air (Adijaya dkk., 2016). Akibat dari berkurangnya daerah resapan air adalah sering terjadinya genangan air dan bahkan banjir. Berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah mengakibatkan semakin sedikit cadangan air di dalam tanah (Silvia and Safriani, 2020). Sumur resapan merupakan salah satu solusi untuk permasalahan tersebut (Felix, 2020). Pembuatan sumur resapan merupakan cara yang efektif dalam peningkatan kapasitas infiltrasi lahan, sehingga dapat menambah cadangan air tanah. Sumur resapan

digunakan untuk menurunkan puncak banjir dengan mengurangi volume dan kecepatan aliran permukaan (Bahunta dan Waspodo, 2019).

Sumur resapan bekerja dengan cara menyalurkan air hujan yang berada di permukaan untuk ditampung ke dalam lubang yang telah dibuat (Kusnaedi, 1995). Semakin besar kapasitas air yang dapat diresapkan ke dalam tanah oleh sumur resapan, akan membuat cadangan air dalam tanah menjadi semakin banyak. Dengan demikian diharapkan air permukaan yang berlebihan yang menjadi penyebab banjir dapat diminimalisir (Tumpu dkk., 2021). Kedalaman sumur resapan akan berpengaruh pada kapasitas rembesan air pada sumur resapan (Tara, 2015). Berdasarkan teori Bernoulli, dijelaskan bahwa perbedaan elevasi akan mengakibatkan perubahan energi pada aliran tanah (Das, 1995). Perubahan energi ini yang akan mempengaruhi debit rembesan air pada sumur resapan. Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk menganalisis rembesan air adalah *software geostudio* dengan fitur *seep/w*. Fitur ini banyak digunakan dalam analisis rembesan pada pondasi atau tubuh bendungan, sumur injeksi, dan infiltrasi air lewat drainase (Krisdianto, 2021; Soil, 2022).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara variasi kedalaman dengan debit rembesan sumur resapan pada tanah lempung. Analisis debit rembesan dilakukan dengan membandingkan hasil analisis *software geostudio* pada fitur *seep/w* dan perhitungan konvensional dengan data yang berasal dari *Soil Investigation* PLTMG Tanjung Selor Kalimantan Utara. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi atau masukan perencanaan dimensi sumur resapan melalui grafik hubungan variasi kedalaman dan debit rembesan.

METODE

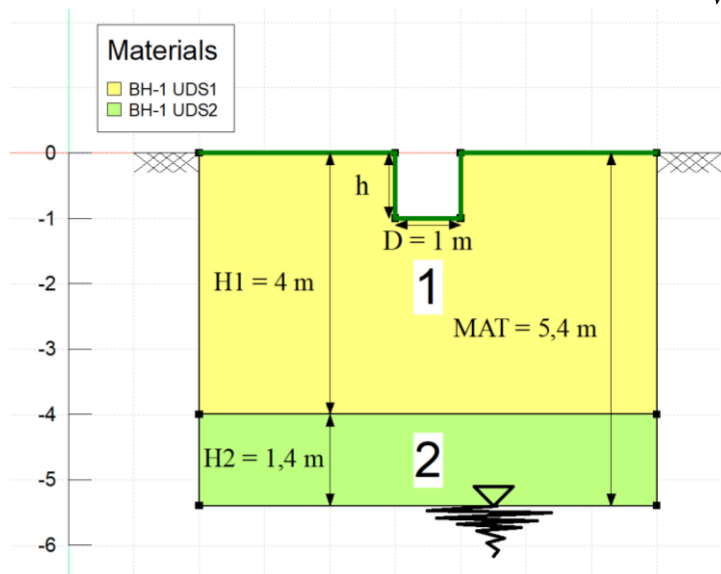
Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan perhitungan konvensional dan analisis menggunakan *software geostudio*. Variasi parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kedalaman sumur resapan. Parameter tetap yang digunakan adalah parameter tanah. Data tanah merupakan data sekunder dari Tanjung Selor Kalimantan Utara (Geoteknik, 2017). Data ini digunakan untuk mengetahui pengaruh kedalaman terhadap nilai debit rembesan pada tanah lempung. Nilai koefisien permeabilitas tanah diperoleh dari pendekatan empiris (Ameratunga dkk., 2016). Pemodelan analisis debit rembesan pada sumur resapan dilakukan dengan variasi kedalaman 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, 3 m, 3,5 m, 4 m dan variasi jenis tanah lempung dan diameter sumur resapan diasumsikan 1 m untuk semua variasi. Variasi pemodelan sumur resapan ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Variasi pemodelan sumur resapan

Variasi ke-	Jenis Tanah	Dimensi Sumur Resapan	
		Kedalaman (m)	Diameter (m)
1	Lempung	1	1
2	Lempung	1,5	1
3	Lempung	2	1
4	Lempung	2,5	1
5	Lempung	3	1
6	Lempung	3,5	1
7	Lempung	4	1

Perubahan energi yang akan mengakibatkan kecepatan rembesan pada sumur resapan diasumsikan terjadi dari permukaan tanah hingga muka air tanah. Perhitungan konvensional debit rembesan sumur resapan dilakukan dengan rumus Darcy. Perhitungan kecepatan aliran air dalam tanah yang jenuh, yang dipaparkan oleh Darcy pada tahun 1856 (Das, 2010).

Analisis debit rembesan sumur resapan dengan fitur *seep/w software geostudio* kan model penampang 2D. Gambar model sumur resapan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan sumur resapan

Data-data tanah akan diinput untuk model material dalam analisis debit rembesan sumur resapan. Model material dikondisikan berada dalam keadaan *saturated/unsaturated*. Estimasi mengestimasi *Volume Water Content Function* dilakukan dengan metode *Grain-size* data. Data koefisien permeabilitas tanah digunakan untuk mengestimasi *Hydraulic Conductivity Functions*.

Air diasumsikan memenuhi sumur resapan setinggi sama dengan kedalaman sumur resapan. *Boundary condition* pada dasar sumur resapan adalah *water pressure head* sebesar kedalaman sumur resapan. Dasar model merupakan muka air tanah.

Hasil analisis melalui perhitungan konvensional dan perhitungan *software geostudio* akan dibandingkan dalam bentuk grafik hubungan variasi kedalaman dengan debit rembesan. Kesimpulan dari penelitian ini diambil dari hasil perbandingan debit rembesan antara perhitungan konvensional dan pemodelan *software geostudio*. Hasil kesimpulan tersebut diharapkan dapat menjadi jawaban atas rumusan dan tujuan dari penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan koefisien permeabilitas tanah dilakukan berdasarkan data tanah yang terdapat pada *Soil Investigation* PLTMG Tanjung Selor Kalimantan Utara. Nilai koefisien permeabilitas tanah pada tanah lempung (BH-1) diperoleh $5,4041 \times 10^{-8}$ cm/s.

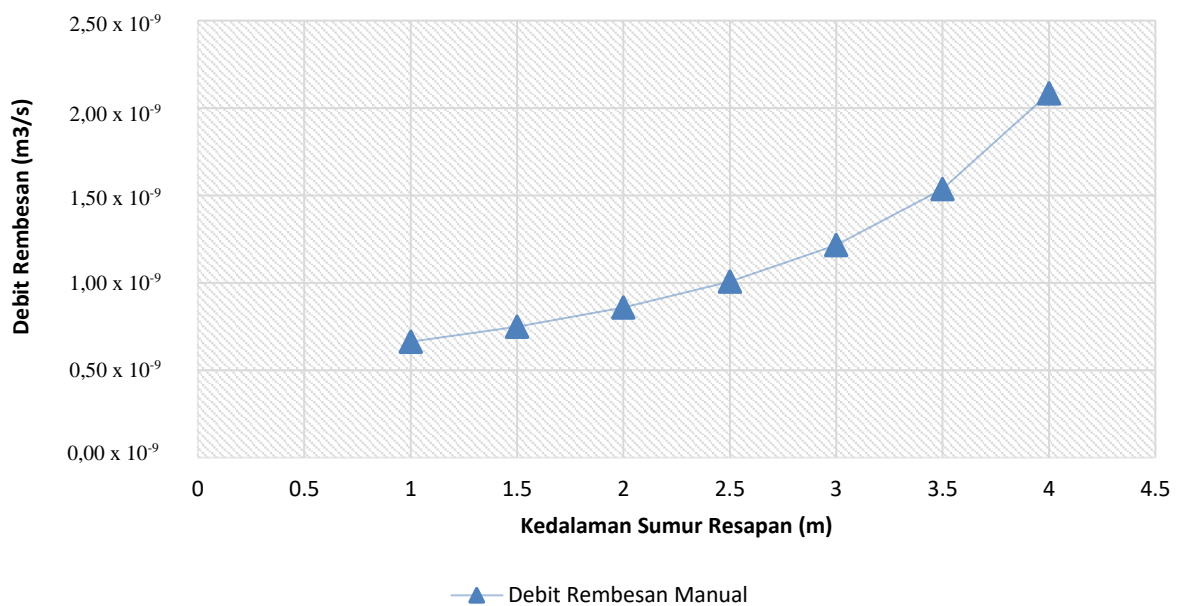
Perhitungan gradien hidrolik diperoleh dari pembagian antaran besarnya kehilangan energi dibagi dengan jarak antara dasar sumur resapan dengan muka air tanah. Perhitungan kecepatan rembesan diperoleh dari perkalian koefisien permeabilitas tanah dengan gradien hidrolik. Luas permukaan dasar sumur resapan pada setiap variasi memiliki nilai yang sama, karena diameter pada setiap variasi adalah sama. Hasil perhitungan luas penampang dasar sumur resapan adalah 1 m^2 .

Debit rembesan (aliran) merupakan kapasitas rembesan air yang mengalir ke dalam tanah. Perhitungan debit rembesan sumur resapan dilakukan dengan rumus Darcy. Hasil perhitungan gradien hidrolik, kecepatan rembesan, dan debit rembesan pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil perhitungan gradien hidrolik pada masing-masing variasi.

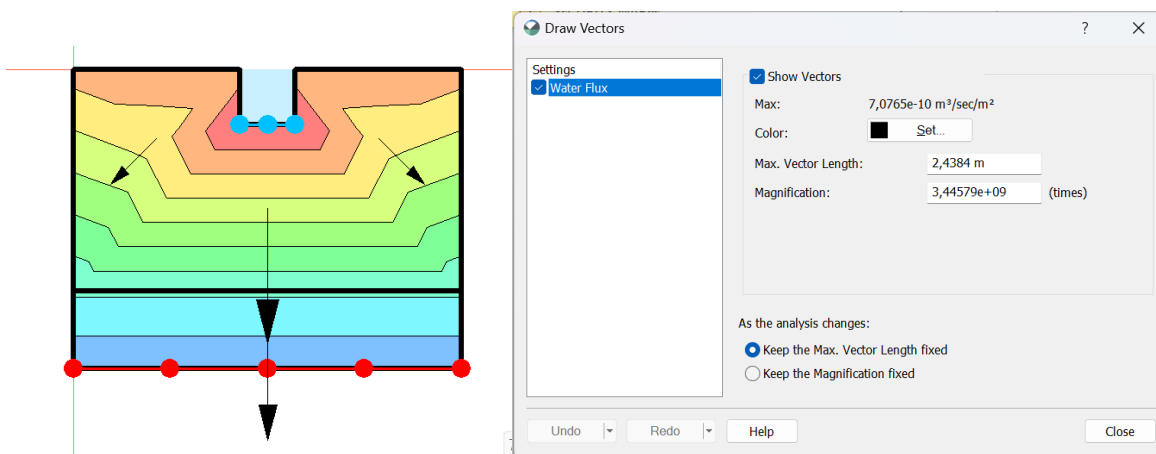
Variasi ke -	Jenis Tanah	Kedalaman (h) m	L m	Gradien hidrolik (i)	Kecepatan rembesan (v) m/s	Debit rembesan (Q) m ³ /s
1	Lempung	1	4,4	1,2273	$6,6324 \times 10^{-10}$	6.6324×10^{-10}
2	Lempung	1,5	3,9	1,3846	$7,4827 \times 10^{-10}$	7.4827×10^{-10}
3	Lempung	2	3,4	1,5882	$8,5830 \times 10^{-10}$	8.5830×10^{-10}
4	Lempung	2,5	2,9	1,8621	$1,0063 \times 10^{-9}$	1.0063×10^{-9}
5	Lempung	3	2,4	2,2500	$1,2159 \times 10^{-9}$	1.2159×10^{-9}
6	Lempung	3,5	1,9	2,8421	$1,5359 \times 10^{-9}$	1.5359×10^{-9}
7	Lempung	4	1,4	3,8571	$2,0845 \times 10^{-9}$	2.0845×10^{-9}

Hasil perhitungan debit rembesan pada masing-masing variasi disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hubungan antara kedalaman dengan debit rembesan sumur resapan hasil analisis perhitungan konvensional pada tanah lempung.

Pemodelan dengan model material lempung dengan variasi kedalaman sumur resapan. Hasil pemodelan sumur resapan variasi kedalaman 1 m dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



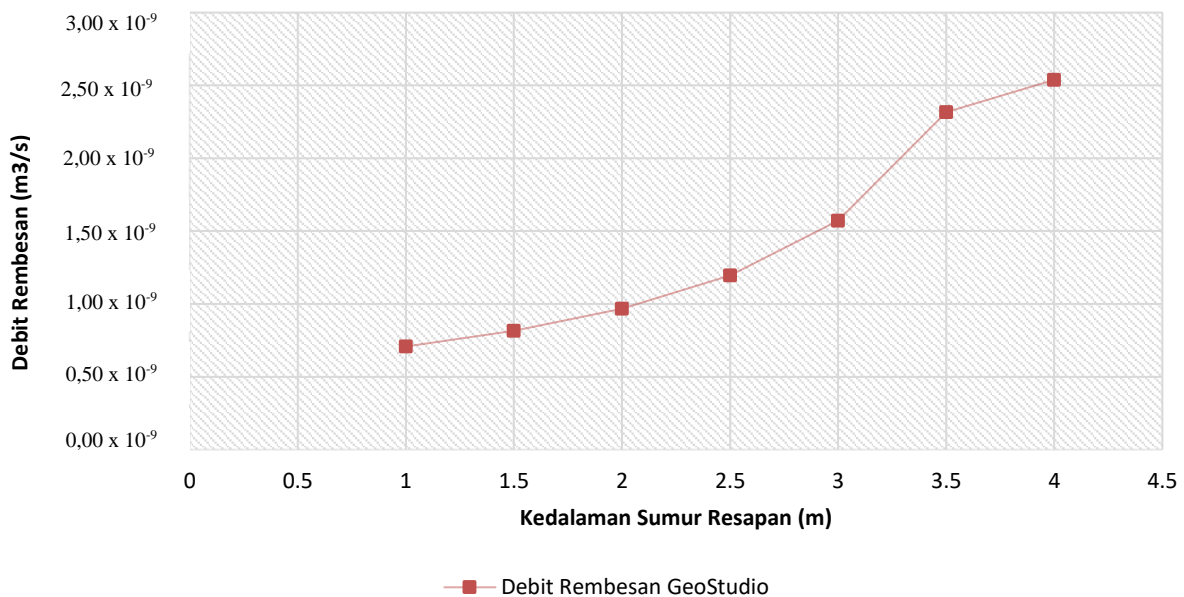
Gambar 3. Hasil analisis sumur resapan jenis tanah lempung

Gambar 3 merupakan hasil analisis *software geostudio* dengan fitur *seep/w* pada tanah lempung dengan variasi kedalaman 1 m. Hasil analisis berupa anak panah pada model sumur resapan yang menunjukkan bahwa arah aliran tersebut menyebar ke segala arah. Besar kecilnya anak panah merupakan gambaran nilai *water flux* pada model sumur resapan. dapat dilihat dari besar kecilnya anak panah. Nilai *water flux* yang semakin besar digambarkan dengan ukuran anak panah yang semakin besar pula. Nilai *water flux* terbesar dalam model tersebut adalah 7.0765×10^{-10} m³/s/m². Perkalian nilai *water flux* tersebut dengan luas sumur resapan menghasilkan nilai debit rembesan sebesar 5.5601×10^{-10} m³/s. Hasil analisis debit rembesan menggunakan fitur *seep/w software geostudio* pada masing-masing variasi kedalaman dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil analisis debit rembesan menggunakan fitur *seep/w software geostudio* pada tanah lempung

No	Variasi			Koefisien Permeabilitas Equivalen keq cm/s	Debit/Luas Geostudio m ³ /s/m ²	Luas Sumur Resapan A m ²	Debit Geostudio m ³ /s
	Diameter m	Kedalaman m	Jenis Tanah -				
1	1	1	lempung	5.4041×10^{-8}	7.0765×10^{-10}	1	7.0765×10^{-10}
2	1	1.5	lempung	5.4041×10^{-8}	8.1589×10^{-10}	1	8.1589×10^{-10}
3	1	2	lempung	5.4041×10^{-8}	9.6767×10^{-10}	1	9.6767×10^{-10}
4	1	2.5	lempung	5.4041×10^{-8}	1.1951×10^{-9}	1	1.1951×10^{-9}
5	1	3	lempung	5.4041×10^{-8}	1.5723×10^{-9}	1	1.5723×10^{-9}
6	1	3.5	lempung	5.4041×10^{-8}	2.3155×10^{-9}	1	2.3155×10^{-9}
7	1	4	lempung	5.4041×10^{-8}	2.5384×10^{-9}	1	2.5384×10^{-9}

Tabel 4 menyajikan hasil analisis debit rembesan sumur resapan menggunakan fitur *seep/w software geostudio*. Hasil analisis debit rembesan sumur resapan menggunakan fitur *seep/w software geostudio* pada grafik hubungan antara kedalaman sumur resapan (m) dengan debit rembesan (m³/s) pada Gambar 4 berikut.



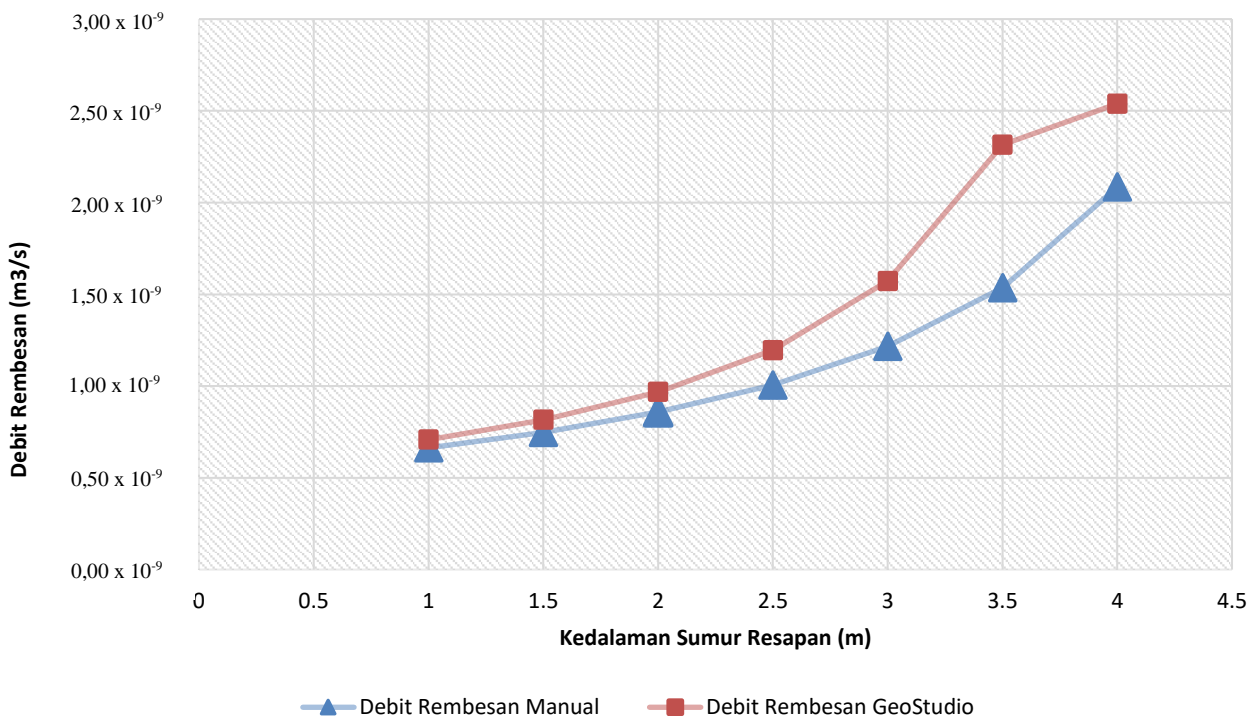
Gambar 4. Hubungan antara kedalaman dengan debit rembesan sumur resapan hasil analisis fitur *seep/w software geostudio* pada tanah lempung.

Hasil rekapitulasi perbandingan hasil analisis sumur resapan metode konvensional dan pemodelan *software geostudio* disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Rekapitulasi hasil analisis pada tanah lempung

No	Variasi		Debit Konvensional	Debit Geostudio
	Kedalaman	Jenis Tanah		
	m	-	m ³ /s	m ³ /s
1	1	lempung	6.6324×10^{-10}	7.0765×10^{-10}
2	1,5	lempung	7.4827×10^{-10}	8.1589×10^{-10}
3	2	lempung	8.5830×10^{-10}	9.6767×10^{-10}
4	2,5	lempung	1.0063×10^{-9}	1.1951×10^{-9}
5	3	lempung	1.2159×10^{-9}	1.5723×10^{-9}
6	3,5	lempung	1.5359×10^{-9}	2.3155×10^{-9}
7	4	lempung	2.0845×10^{-9}	2.5384×10^{-9}

Tabel 5 menyajikan perbandingan hasil analisis sumur resapan metode konvensional dan pemodelan *software geostudio*. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk grafik hubungan debit rembesan dengan kedalaman sumur resapan dalam perbandingan debit rembesan perhitungan konvensional dengan analisis *software geostudio* (Gambar 5).



Gambar 5. Rekapitulasi hubungan kedalaman dan debit rembesan sumur resapan perhitungan secara konvensional dan *software GeoStudio* jenis tanah lempung.

Perbandingan nilai debit rembesan pada tanah lempung antara analisis konvensional dan analisis *software geostudio* mempunyai nilai yang hampir sama. Selisih nilai debit rembesan antara analisis metode konvensional dengan analisis *software geostudio* pada kedalaman 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, 3 m, 3,5 m, dan 4 m berturut adalah 7%, 9%, 13%, 19%, 29%, 51%, dan 22%.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian serta analisis mengenai penggunaan fitur *seep/w* pada *software geostudio* dalam analisis debit rembesan untuk sumur resapan pada tanah lempung dengan berbagai macam variasi kedalaman didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) Hasil analisis debit rembesan pada tanah lempung dengan perhitungan konvensional dan fitur *seep/w* pada *software geostudio* menghasilkan nilai debit rembesan pada tiap variasi kedalaman mengalami kenaikan, semakin tinggi kedalaman sumur resapan maka semakin tinggi pula nilai debit rembesan. (2) Hasil perbandingan debit rembesan dengan perhitungan konvensional dan fitur *seep/w* pada *software geostudio* didapatkan selisih nilai debit rembesan. Selisih nilai debit rembesan antara an perhitungan konvensional dan fitur *seep/w* pada *software geostudio* untuk tanah lempung yaitu antara 7% hingga 51%. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan nilai debit rembesan sumur resapan dengan pengujian modeling sumur resapan secara langsung dan *software geostudio*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada seluruh dosen, mahasiswa, dan laboran di Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret yang telah membantu dalam kegiatan penelitian dan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adijaya, S., Sobriyah, S. and Qomariyah, S., 2016. "Analisis Resapan Limpasan Permukaan dengan Pembuatan Sumur Resapan di Fakultas Teknik UNS". *Matriks Teknik Sipil*, 4(4).
- Ameratunga, J., Sivakugan, N. and Das, B.M., 2016. "*Developments in Geotechnical Engineering Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*". [online] Available at: <<http://www.springer.com/series/13410>>.
- Bahunta, L. and Waspodo, R.S.B., 2019. "Rancangan Sumur Resapan Air Hujan sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor". *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(1), pp.37-48.
- Das, B.M., 1995. "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)". Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B.M., 2010. "*Principles of geotechnical engineering*". Cengage learning.
- Elgara, R., Qomariah, S. and Muttaqien, A.Y., 2016. "Analisis dan perencanaan PAH sebagai sumber air baku alternatif (Studi kasus: Perumahan Nilagraha Pabelan Surakarta)". *Matriks Teknik Sipil*, 4(4).
- Felix, L. and Sentosa, G.S., 2020. "Simulasi Sumur Resapan Berdasarkan Analisis Perbandingan Ketinggian Air Banjir di Kelapa Gading Jakarta". *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(3), pp.797-808.
- Geoteknik, T., 2017. "*Soil Investigation* PLTMG Tanjung Selor 15 MW Kalimantan Utara".
- Krisdianto, F., 2021. "Analisis Stabilitas Pada Tubuh Bendungan Dengan Irisan Fellenius Dan Debit Rembesan Dengan Metode Casagrande Menggunakan Software Geostudio".
- Kusnaedi, 1995. "Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan dan Perdesaan". Jakarta: Penebar Swadaya.
- Noor, A., Supriyanto, A., Rhomadhona, H., 2019. "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan *Turbidity Sensor* dan *Arduino* Berbasis *Web Mobile*". *Jurnal CoreIT*, 5(1).
- Silvia, C.S. and Safriani, M., 2020. "Analisis Penanganan Masalah Banjir dengan Sumur Resapan". *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 5(1), pp.394-403.
- SoiL, C., 2022. Penggunaan Program Geo-Studio Seep/W Untuk Menentukan Rembesan Air Lindi Pada Tanah Lempung. *Jurnal Spektran*, 10(2), p.133.
- Tara, T.J.U., 2015. "Pengaruh Ketinggian Muka Air Di Dalam Sumur Resapan Terhadap Debit Resapan". S1 Thesis, UAJY.
- Tumpu, M., Tamim, T., Ahmad, S.N., Sriwati, M., Safar, A., Ismail, M.S., Bungin, E.R., Jamal, M. and Tanje, H.W., 2021. "Sumur Resapan". *Tohar Media*.