

# Pemodelan Aliran Air Tanah di Sekitar Pipa Resapan Horisontal dengan Analisis Regresi Non-Linier

Pradana Hadi Sanjaya<sup>1</sup>, Slamet Imam Wahyudi<sup>2</sup>, M. Faiqun Niám<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang  
Jalan Raya Kaligawe KM. 4, Kadilangu, Semarang, Jawa Tengah

<sup>1</sup>E-mail: [pradanasanjaya23@gmail.com](mailto:pradanasanjaya23@gmail.com)

*Abstract — The rapid development of urban areas has led to significant land-use changes, particularly the reduction of natural infiltration zones due to the expansion of residential areas, infrastructure, and industrial activities. This condition increases surface runoff, reduces infiltration capacity, and diminishes groundwater reserves. To address these issues, innovative and more effective groundwater conservation technologies are needed, one of which is the implementation of Horizontal Infiltration Pipes (HIP). This technology is designed to enhance infiltration rates by utilizing perforated pipes installed horizontally below the ground surface, allowing optimal performance even in areas with relatively shallow groundwater tables. This study aims to model groundwater flow around HIP using a non-linear regression approach to understand the interactions among hydrogeological variables influencing infiltration. The research was conducted through field experiments in Jabungan Subdistrict, Semarang City, with data collection including groundwater levels, soil moisture content, infiltration discharge, and distances from the HIP to the monitoring holes. Field tests were carried out three times under different conditions. The data were then analyzed using NCSS 2023 software to obtain a representative non-linear regression model. The results show that time, monitoring-hole distance, and soil moisture content significantly affect groundwater-level fluctuations around the HIP. The developed non-linear regression model demonstrates high reliability, indicated by a coefficient of determination ( $R^2$ ) ranging from 0.79 to 0.83. These findings confirm that HIP effectively enhances groundwater infiltration while providing a mathematical depiction of the relationships among hydrogeological variables. The study concludes that HIP is a promising technology for flood mitigation and groundwater conservation in urban areas. As a recommendation, the developed model may serve as a basis for the technical planning of HIP implementation across various soil types and land-use conditions and may be combined with other conservation methods to achieve more optimal results.*

**Keywords:** groundwater flow; infiltration; horizontal infiltration pipe; non-linear regression; NCSS 2023.

*Abstrak — Perkembangan kawasan perkotaan yang pesat telah menyebabkan perubahan tata guna lahan yang signifikan, terutama berkurangnya area resapan alami akibat pembangunan permukiman, infrastruktur, dan industri. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya limpasan permukaan, menurunnya kapasitas infiltrasi, serta berkurangnya cadangan air tanah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inovasi teknologi konservasi air tanah yang lebih efektif, salah satunya melalui penerapan Pipa Resapan Horisontal (PRH). Teknologi ini dirancang untuk meningkatkan laju infiltrasi dengan memanfaatkan pipa berlubang yang dipasang mendatar di bawah permukaan tanah, sehingga mampu bekerja optimal meskipun muka air tanah relatif dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan aliran air tanah di sekitar PRH menggunakan pendekatan regresi non-linier guna memahami interaksi variabel hidrogeologi yang memengaruhi infiltrasi. Metode penelitian dilaksanakan melalui eksperimen lapangan di Kelurahan Jabungan, Kota Semarang, dengan pengumpulan data meliputi muka air tanah, kadar air tanah, debit infiltrasi, serta jarak lubang pantau dari PRH. Uji lapangan dilakukan sebanyak tiga kali dalam kondisi berbeda. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan perangkat lunak NCSS 2023 untuk memperoleh model regresi non-linier yang representatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel waktu, jarak lubang pantau, dan kadar air tanah berpengaruh signifikan terhadap perubahan muka air tanah di sekitar PRH. Model regresi non-linier yang diperoleh memiliki tingkat keandalan tinggi, ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) berkisar antara 0,79–0,83. Hal ini membuktikan bahwa PRH mampu meningkatkan infiltrasi air tanah secara efektif, sekaligus memberikan gambaran matematis mengenai hubungan antarvariabel hidrogeologi. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa PRH merupakan teknologi yang potensial untuk mitigasi banjir dan konservasi air tanah di kawasan perkotaan. Sebagai rekomendasi, model yang dikembangkan dapat dijadikan dasar perencanaan teknis penerapan PRH pada berbagai kondisi tanah dan tata guna lahan, serta dikombinasikan dengan metode konservasi lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.*

**Kata-kata kunci:** aliran air tanah; infiltrasi; pipa resapan horisontal; regresi non-linier; NCSS 2023.

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kawasan perkotaan yang semakin pesat telah mendorong terjadinya perubahan tata guna lahan secara signifikan. Lahan terbuka yang semula berfungsi sebagai daerah resapan air semakin berkurang akibat pembangunan permukiman, industri, maupun infrastruktur. Kondisi ini menyebabkan peningkatan volume limpasan permukaan, menurunnya kemampuan infiltrasi alami, serta berkurangnya cadangan air tanah. Dampak lanjutannya adalah timbulnya genangan, banjir, hingga penurunan muka tanah (land subsidence) yang semakin sering terjadi di wilayah perkotaan (Triadi & Indra, 2009). Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut, di antaranya sumur resapan, biopori, dan pipa resapan vertikal. Walaupun metode-metode tersebut terbukti memberikan kontribusi terhadap peningkatan infiltrasi, efektivitasnya masih terbatas, terutama pada kondisi tertentu seperti kedalaman muka air tanah dan karakteristik tanah setempat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi alternatif yang lebih adaptif. Salah satu inovasi yang berkembang adalah Pipa Resapan Horizontal (PRH), yaitu sistem pipa berlubang yang dipasang secara horizontal di bawah permukaan tanah untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi (Masvika, Susilo, & Nurhidayati, 2024; Lestari, Handajani, Susilo, Kuncoro, & Afifah, 2023). Dengan sistem ini, air dapat meresap ke dalam tanah secara lebih efektif meskipun muka air tanah relatif dangkal. Studi-studi sebelumnya mengenai PRH sebagian besar berfokus pada uji empiris untuk mengukur debit infiltrasi atau mengevaluasi kinerja sistem dalam mengurangi limpasan permukaan. Namun, penelitian yang mengkaji pemodelan matematis aliran air tanah di sekitar PRH masih sangat terbatas (Yusuf et al., 2024; Salsabila, Setyowati, Susilo, & Budiningrum, 2024). Padahal, model numerik penting untuk memprediksi respon muka air tanah terhadap variabel-variabel hidrogeologi sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan teknis sistem resapan yang lebih akurat. Air di alam bergerak melalui siklus hidrologi yang mencakup proses evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, limpasan permukaan, hingga aliran bawah tanah. Infiltrasi merupakan komponen penting karena menentukan jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan berkontribusi terhadap pengisian

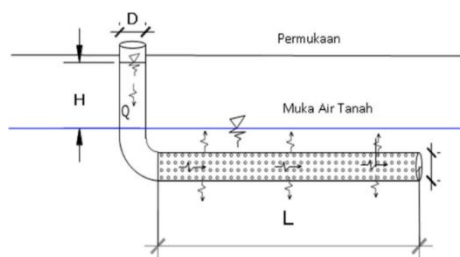
kembali cadangan air tanah (Triadmodjo, 2008; Kodatie, 2010). Karakteristik tanah memiliki peranan besar dalam menentukan besar kecilnya infiltrasi, terutama melalui parameter permeabilitas. Permeabilitas didefinisikan sebagai kemampuan material berpori untuk meloloskan air (Kusnan, 2017; Afrianita, Edwin, & Alawiyah, 2017), yang secara kuantitatif dapat dijelaskan melalui hukum Darcy (1856) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$Q = KA \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad (1)$$

dengan Q adalah debit aliran (cm<sup>3</sup>/dt), K merupakan koefisien permeabilitas tanah (cm/dt), A adalah luas penampang aliran (cm<sup>2</sup>), Δh adalah perbedaan tinggi tekanan air (cm), dan Δl adalah panjang lintasan aliran atau tebal lapisan tanah (cm). Persamaan ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai permeabilitas tanah dan gradien hidrolik, maka debit aliran air yang melewati media tanah juga semakin besar. Persamaan ini menjadi dasar dalam memahami hubungan antara kondisi tanah, gradien hidrolik, dan kemampuan infiltrasi. Selain permeabilitas, porositas tanah juga memegang peranan penting. Porositas didefinisikan sebagai persentase ruang pori total yang dapat ditempati oleh air dan udara dibandingkan dengan volume total tanah (Hanafiah, 2010). Ruang pori ini memungkinkan air meresap melewati struktur tanah, sehingga semakin tinggi porositas maka semakin besar kemampuan tanah dalam meloloskan air (Masria et al., 2018). Lebih lanjut, Pipa Resapan Horizontal (PRH) merupakan teknologi konservasi air tanah berupa pipa berlubang yang dipasang mendatar di bawah permukaan tanah. PRH berfungsi menyalurkan air dari permukaan ke lapisan tanah yang lebih dalam sehingga mempercepat proses infiltrasi. Berdasarkan penelitian Edy Susilo et al. (2020), debit infiltrasi melalui PRH dipengaruhi oleh permeabilitas tanah, porositas dinding pipa, dimensi pipa, serta tinggi tekanan air (Kholifah, Aldhyantie, Susilo, & Budiningrum, 2022). Hubungan empiris antara variabel-variabel tersebut dapat dituliskan dalam Persamaan (2).

$$Q = 110,99 K^{1,2896} \times p^{0,121} \times D^{2,038} \times L^{0,718} \times H^{1,626} \quad (2)$$

Pada persamaan tersebut,  $Q$  merepresentasikan debit air yang masuk ke dalam tanah ( $\text{cm}^3/\text{dt}$ ),  $K$  adalah koefisien permeabilitas tanah ( $\text{cm}/\text{dt}$ ),  $p$  menunjukkan porositas dinding pipa,  $D$  merupakan diameter pipa ( $\text{cm}$ ),  $L$  adalah panjang pipa ( $\text{cm}$ ), dan  $H$  merupakan tinggi tekanan air ( $\text{cm}$ ). Bentuk persamaan ini menunjukkan sifat non-linier dari hubungan antara parameter tanah maupun dimensi pipa terhadap laju infiltrasi melalui PRH. Dengan demikian, kinerja PRH tidak hanya dipengaruhi oleh satu variabel, melainkan hasil interaksi simultan dari sifat tanah dan karakteristik geometri pipa. Persamaan ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel desain PRH dan kapasitas infiltrasi bersifat non-linier. Adapun ilustrasi skema PRH dapat dilihat pada Gambar 1 (Edy S, 2020). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan perangkat lunak NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2023 yang memiliki kemampuan analisis statistik lanjutan, termasuk regresi non-linier. NCSS banyak digunakan dalam pemodelan numerik pada studi hidrologi dan geoteknik karena menyediakan metode analisis hubungan antar variabel dengan antarmuka yang mudah digunakan (Mustika & Noerhayati, 2020; Suprayogi, Nurdin, Fakhri, Audah, & Ermiyati, 2024).



Gambar 1. Pipa resapan horisontal

Dengan memanfaatkan perangkat lunak ini, analisis data lapangan dapat dilakukan secara lebih akurat sehingga menghasilkan model prediksi yang andal. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan pada pengembangan model aliran air tanah berbasis regresi non-linier untuk menggambarkan interaksi variabel-variabel hidrogeologi di sekitar PRH. Model yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kinerja PRH dalam meningkatkan infiltrasi dan kontribusinya terhadap konservasi air tanah. Dengan demikian, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar ilmiah dalam

perencanaan dan penerapan teknologi PRH di kawasan perkotaan yang menghadapi permasalahan banjir dan keterbatasan cadangan air tanah.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen lapangan yang dikombinasikan dengan pemodelan numerik. Eksperimen lapangan dilakukan untuk mengamati secara langsung kinerja Pipa Resapan Horizontal (PRH) sekaligus memperoleh data primer terkait kondisi hidrogeologi. Tahapan penelitian diawali dengan uji kadar air tanah (water content) guna mengetahui sifat awal tanah. Selanjutnya dilakukan uji debit dengan simulasi aliran menggunakan tandon berkapasitas 5.000 liter yang diisi air dari sungai dan dialirkan secara stabil ke dalam PRH melalui lubang inlet. Perubahan debit serta kenaikan muka air tanah (MAT) dicatat menggunakan alat pembaca digital. Untuk memantau respon perubahan MAT terhadap waktu, dibuat lubang pantau dengan kedalaman 1–2 meter pada jarak tertentu dari PRH. Data yang diperoleh dari seluruh tahapan ini kemudian diolah menjadi satu himpunan data (dataset) sebelum dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak NCSS 2023. Analisis ini bertujuan untuk mengembangkan model regresi non-linier yang merepresentasikan hubungan antarvariabel berpengaruh terhadap infiltrasi air tanah di sekitar PRH. Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Jabungan, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang, yaitu kawasan yang telah dipasang sistem PRH. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik tanah dan kondisi hidrogeologi yang relevan untuk menguji efektivitas teknologi PRH dalam meningkatkan infiltrasi air tanah. Data primer yang digunakan dalam penelitian meliputi hasil investigasi tanah pada lokasi PRH, pengukuran muka air tanah, uji kadar air tanah, jarak antara PRH dengan lubang pantau, pengukuran kenaikan dan penurunan muka air tanah pada lubang pantau, serta pengujian debit aliran. Seluruh data tersebut diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dengan prosedur uji yang terstandar. Data hasil eksperimen lapangan terlebih dahulu diolah untuk menjamin keakuratan dan konsistensi. Proses pengolahan meliputi pembersihan data dari nilai yang tidak valid atau error akibat kesalahan pengukuran, serta

normalisasi skala data untuk memudahkan analisis statistik. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis regresi non-linier guna memahami hubungan antara variabel independen (waktu, jarak lubang pantau, kadar air tanah) dengan variabel dependen (tinggi muka air tanah). Perangkat lunak NCSS 2023 digunakan karena memiliki kemampuan dalam mengeksplorasi berbagai bentuk model regresi dengan pendekatan numerik. Analisis dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu: (1) Ratio of Polynomials Search – Many Variables, untuk menelusuri ratusan bentuk kurva potensial hingga diperoleh model dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) di atas 0,75, dan (2) Ratio of Polynomials Fit – Many Variables, untuk menentukan model paling efektif berupa symbolic model dan estimated model. Dengan pendekatan ini, diperoleh persamaan regresi non-linier yang representatif untuk memprediksi perilaku aliran air tanah di sekitar PRH.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian berada di Kelurahan Jabungan, Kota Semarang, dengan kondisi tanah yang didominasi oleh jenis tanah latosol berupa batu lempung. Batuan lempung tersebut berwarna abu-abu cerah dengan tingkat pelapukan bervariasi,

mulai dari rendah hingga tinggi. Secara petrologi, material ini memiliki ukuran butir yang relatif halus sehingga berpengaruh pada tingkat permeabilitas dan kemampuan infiltrasi. Susunan jenis tanah di lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 (Cansa, Putranto, & Santi, 2024). Hasil pengukuran menunjukkan variasi jarak mulai dari 88 cm hingga 373 cm sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Susunan Jenis Tanah di Kelurahan Jabungan

Data ini memberikan gambaran bahwa variasi jarak lubang pantau berpengaruh terhadap respon muka air tanah yang terukur selama eksperimen. Pengujian kadar air tanah (water content) dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari lokasi penelitian, kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan air (C) pada tanah. Hasil pengujian disajikan secara rinci pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Jarak Pipa Resapan Horizontal (PRH) terhadap Lubang Pantau (LP)

	LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5
Jarak (cm)	88	110	172	290	373

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Air Tanah – Sampel 1

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat Cawan Kosong (Wc) (g)	133	132,6	128,8
2	Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	107,6	117,82	119,05
3	Berat Cawan + Tanah Kering(W3)	67,38	78,33	84,17
4	Berat Air (W2 - W3) (g)	40,22	39,49	34,88
5	Berat Tanah Kering (W3 - Wc)	36,05	36,07	39,29
6	Kadar Air (%)	111,6	109,5	88,7

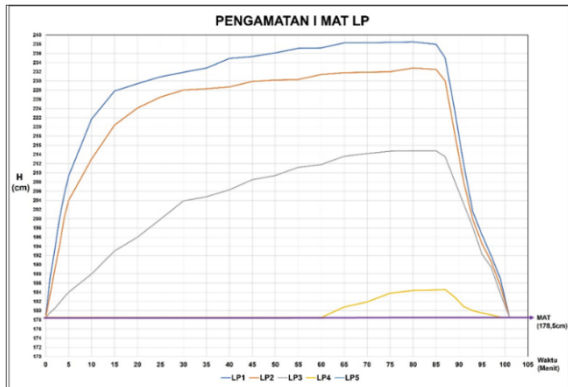
Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air Tanah – Sampel 2

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat Cawan Kosong (Wc) (g)	155,8	155,9	129,8
2	Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	175,6	171,0	155,3
3	Berat Cawan + Tanah Kering(W3)	173,7	170,2	152,6
4	Berat Air (W2 - W3) (g)	1,9	0,8	2,7
5	Berat Tanah Kering (W3 - Wc)	17,9	14,3	22,8
6	Kadar Air (%)	2,50	3,65	26,06

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Air Tanah – Sampel 3

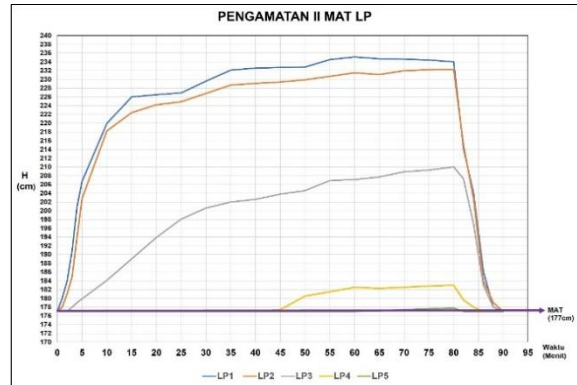
No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2
1	Berat Cawan Kosong (Wc) (g)	150,0	128,7
2	Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	167,0	143,0
3	Berat Cawan + Tanah Kering(W3)	149,8	163,4
4	Berat Air (W2 - W3) (g)	17,2	11,96
5	Berat Tanah Kering (W3 - Wc)	19,8	34,7
6	Kadar Air (%)	38,0	29,2

Variasi kadar air ini penting untuk dianalisis karena memengaruhi kemampuan tanah dalam meloloskan air dan memodifikasi laju infiltrasi di sekitar PRH. Respon kenaikan dan penurunan muka air tanah (MAT) diamati melalui lubang pantau dengan metode uji lapangan menggunakan air bukan hujan. Air uji diperoleh dari tandon berkapasitas 5.100 liter yang dipasok dari sungai sehingga aliran dapat dijaga tetap stabil. Air dialirkan ke dalam PRH hingga merambat menuju lubang pantau, dan perubahan MAT direkam dengan timer digital. Uji lapangan dilakukan sebanyak tiga kali pada waktu yang berbeda. Hasil perubahan muka air tanah tersebut divisualisasikan dalam Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5, yang menunjukkan fluktuasi ketinggian MAT pada masing-masing pengujian. Debit air dihitung untuk menentukan volume aliran yang melewati penampang tertentu dalam satuan waktu, dengan satuan liter per detik (L/s) atau meter kubik per detik (m<sup>3</sup>/s). Pengukuran debit dilakukan pada tiga kali uji lapangan, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

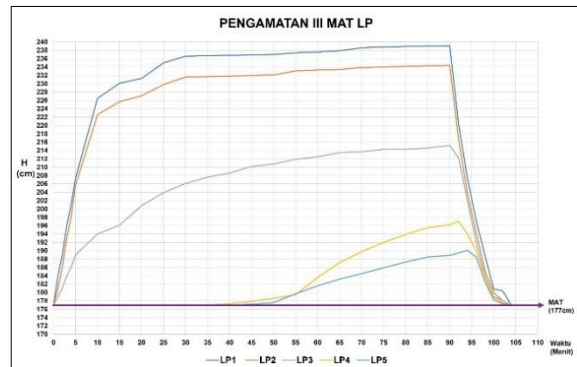


Gambar 3. Grafik kenaikan dan penurunan Muka Air Tanah (MAT) – Uji Lapangan 1

Data debit ini selanjutnya digunakan sebagai parameter penting dalam pemodelan hubungan infiltrasi dengan variabel hidrologi dan desain PRH. Data hasil eksperimen dianalisis menggunakan perangkat lunak NCSS 2023 untuk membangun model regresi non-linier.



Gambar 4. Grafik Kenaikan dan Penurunan Muka Air Tanah (MAT) – Uji Lapangan 2



Gambar 5. Grafik kenaikan dan penurunan Muka Air Tanah (MAT) – uji lapangan 3

Tabel 5. Perhitungan debit uji lapangan 1

No	Waktu (detik)	Volume (liter)	Debit (Q)
1	9,77	20,62	2,11 liter/detik
2	10,44	21,55	2,06 liter/detik
3	10,05	21,30	2,12 liter/detik
4	9,61	20,34	2,12 liter/detik
5	9,46	20,10	2,12 liter/detik

Tabel 6. Perhitungan debit uji lapangan 2

No	Waktu (detik)	Volume (liter)	Debit (Q)
1	5,44	19,30	3,55 liter/detik
2	6,23	20,40	3,27 liter/detik
3	5,78	19,90	3,44 liter/detik
4	6,47	20,34	3,14 liter/detik
5	5,20	19,10	3,67 liter/detik

Tabel 7. Perhitungan debit uji lapangan 3

No	Waktu (detik)	Volume (liter)	Debit (Q)
1	8,13	20,62	2,54 liter/detik
2	8,05	20,10	2,50 liter/detik
3	8,48	20,70	2,44 liter/detik
4	8,45	20,60	2,44 liter/detik
5	7,95	19,80	2,49 liter/detik

Variabel terikat dalam analisis adalah tinggi muka air (H), sedangkan variabel bebas meliputi waktu (t), jarak lubang pantau (L), dan kadar air tanah (WC). Hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10, yang masing-masing merepresentasikan uji lapangan 1, uji lapangan 2, dan uji lapangan 3.

Tabel 8. Hasil analisis NCSS 2023 – uji lapangan 1

Parameter	Value
R-Squared	0.834418
Percent of Best	100
No. of X's	9
Model	
Numerator / Denominator	$(H^2) / 1$
Model Fit R-Squared	0.834418
R-Squared	0
Iterations	0
Symbolic Model (Y)	$P1(U,V,W) / P2(U,V,W)$
P1(U,V,W)	$B0 + B1 \cdot U + B2 \cdot U^2 + B3 \cdot V + B4 \cdot UV + B5 \cdot V^2 + B6 \cdot W + B7 \cdot UW + B8 \cdot VW + B9 \cdot W^2$
P2(U,V,W)	1
Y	H
U	t-t
V	$\sqrt{L}$
W	$1/\sqrt{WC}$

Tabel 9. Hasil analisis NCSS 2023 – uji lapangan 2

Parameter	Value
R-Squared	0.79755
Percent of Best	100
No. of X's	9
Model	
Numerator / Denominator	$(H^2) / 1$
Model Fit R-Squared	0.79755
R-Squared	0
Iterations	0
Symbolic Model (Y)	$P1(U,V,W) / P2(U,V,W)$
P1(U,V,W)	$B0 + B1 \cdot U + B2 \cdot U^2 + B3 \cdot V + B4 \cdot UV + B5 \cdot V^2 + B6 \cdot W + B7 \cdot UW + B8 \cdot VW + B9 \cdot W^2$
P2(U,V,W)	1
Y	H
U	t-t
V	$\sqrt{L}$
W	$1/\sqrt{WC}$

Tabel 10. Hasil Analisis NCSS 2023 – Uji Lapangan 3

Parameter	Value
R-Squared	0.796278
Percent of Best	100
No. of X's	9
Model	
Numerator / Denominator	$(H^2) / 1$
Model Fit R-Squared	0.796278
R-Squared	0
Iterations	0
Symbolic Model (Y)	$P1(U,V,W) / P2(U,V,W)$
P1(U,V,W)	$B0 + B1 \cdot U + B2 \cdot U^2 + B3 \cdot V + B4 \cdot UV + B5 \cdot V^2 + B6 \cdot W + B7 \cdot UW + B8 \cdot VW + B9 \cdot W^2$
P2(U,V,W)	1
Y	H
U	t-t
V	$\sqrt{L}$
W	$1/\sqrt{WC}$

Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga variabel bebas memberikan pengaruh signifikan

terhadap perubahan tinggi muka air tanah di sekitar PRH. Hal ini sejalan dengan teori bahwa infiltrasi dipengaruhi oleh kondisi fisik tanah, jarak pengukuran terhadap sumber infiltrasi, serta kadar air awal tanah. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang diperoleh pada setiap uji lapangan mengindikasikan tingkat keandalan model cukup tinggi, sehingga persamaan regresi non-linier yang dikembangkan dapat dijadikan dasar untuk memprediksi perilaku aliran air tanah pada sistem PRH di wilayah perkotaan.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian mengenai pemodelan aliran air tanah di sekitar Pipa Resapan Horizontal (PRH) dengan analisis regresi non-linier yang dilakukan di Kelurahan Jabungan, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang, menunjukkan bahwa variabel waktu, jarak lubang pantau, dan kadar air tanah memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan tinggi muka air tanah. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak NCSS 2023 menghasilkan model regresi non-linier dengan tingkat keandalan yang cukup tinggi, ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,83 pada uji lapangan pertama, serta 0,79 pada uji lapangan kedua dan ketiga. Model yang diperoleh mampu merepresentasikan hubungan non-linier antara karakteristik tanah, kondisi hidrogeologi, serta parameter desain PRH, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi perilaku aliran air tanah di wilayah perkotaan. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa PRH berpotensi menjadi solusi efektif dalam meningkatkan infiltrasi, mengurangi limpasan permukaan, dan mendukung upaya konservasi air tanah di kawasan perkotaan yang rentan terhadap banjir dan penurunan cadangan air tanah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Islam Sultan Agung atas segala bentuk dukungan, arahan, dan kesempatan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih yang mendalam juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Edy Susilo, M.T., selaku penemu Pipa Resapan Horizontal, atas ilmu, masukan, dan arahan yang sangat berarti dalam mendukung kelancaran penelitian ini. Penulis berharap, hasil penelitian ini tidak hanya memperkaya khazanah ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya konservasi air

tanah, tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi masyarakat dan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T. N., Afifudin, A., Haris, A. N., Indrastuti, A. N., Purwanto, D., Kintoro, F. S., ... & Astabella, R. D. (2022). Kajian kerentanan airtanah di Cekungan Airtanah (CAT) Wates Kabupaten Kulon Progo. *Media Komunikasi Geografi*, 23(1), 25–43.
- Afrianita, R., Edwin, T., & Alawiyah, A. (2017). Analisis intrusi air laut dengan pengukuran Total Dissolved Solids (TDS) air sumur gali di Kecamatan Padang Utara. *Dampak*, 14(1), 62–72.
- Andini, R. S., Siswoyo, H., & Asmaranto, R. (2025). Pemetaan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran berdasarkan metode SINTACS di Kecamatan Gudo Kabupaten Jombang. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(1), 246–263.
- Banuzaki, A. S., & Putra, D. P. E. (2018). Kajian kontaminasi air tanah dangkal Kelurahan Laweyan dan sekitarnya, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah. *Metode*, 5, 6.
- Cansa, R. A. M., Putranto, T. T., & Santi, N. (2024). Analisis hidrogeokimia dan kualitas air tanah untuk air minum di dataran aluvial Kota Semarang. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 5(1), 27–42.
- Darmawan, A., & Lastiadi, H. A. (2010). Geologi lingkungan dan fenomena kars sebagai arahan pengembangan wilayah perkotaan Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 1(1), 11–26.
- Devianto, L. A., Lusiana, N., & Ramdani, F. (2019). Analisis kerentanan pencemaran air tanah di Kota Batu menggunakan analisis multikriteria spasial dengan indeks DRASTIC. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 7(2), 90–104.
- Fauzi, M., & Trilita, M. N. (2005). Aplikasi artificial neural network untuk peramalan aliran sungai Blega. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 1(3).
- Febriarta, E., & Shofarini, D. I. (2021). Penilaian zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan metode SINTACS di Ranai (Pulau Bunguran). *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 9(1), 34–49.
- Febriarta, E., Putro, S. T., & Larasati, A. (2021). Kajian spasial kerentanan airtanah terhadap pencemaran di Kota Jember dengan menggunakan metode SINTACS. *Media Komunikasi Geografi*, 22(1), 113–130.
- Hastuti, D., Yulianto, T., & Putranto, T. T. (2016). Analisis kerentanan airtanah terhadap pencemaran di dataran alluvial Kota Semarang menggunakan metode GOD dengan memanfaatkan data resistivitas dan data hidrogeologi. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 277–290.
- Huddiankuwera, A. (2016). Pengaruh panjang data terhadap besarnya penyimpangan curah hujan rancangan (studi kasus daerah aliran sungai Tabo-Tabo). *Jurnal Ilmiah Teknik dan Informatika*, 1(2).
- Ilham, F. F. M., Teuku Yan, W. M. I., & Suganda, B. R. (2019). Rekomendasi geologi lingkungan untuk pengembangan perkotaan pasca bencana wilayah Tanjung Lesung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. *Geoscience Journal*, 3(6), 437–448.
- Istiqomah, A. Y., Azizah, N., Susilo, E., & Budiningrum, D. S. (2022). Analisa kebutuhan pipa resapan horisontal akibat perubahan lahan pada daerah aliran sungai Tegal Kangkung. *Repository USM*.
- Kholifah, R. C., Aldhyantie, R., Susilo, E., & Budiningrum, D. S. (2022). Analisa kebutuhan pipa resapan horisontal dalam mengimplementasikan Zero ΔQ Policy. *Jurnal Riptek*, 16(1), 1–6.
- Kusnan, K. (2017). Model alat rancang bangun untuk menentukan garis aliran rembesan air (seepage line formation) di timbunan tubuh bendungan tipe urugan homogen. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(2), 36–49.
- Lesmana, A., CSSSA, B. Y., & Iskandarsyah, T. Y. W. M. (2021). Karakteristik hidrokimia air tanah pada bagian timur Cekungan Air Tanah Bandung–Soreang: Studi kasus sebagian Kecamatan Cicalengka dan Kecamatan Cimanggung, Provinsi Jawa Barat. *Geoscience Journal*, 5(6), 546–561.
- Lestari, F. M., Handajani, M., Susilo, E., Kuncoro, A. H. B., & Afifah, R. C. (2023). Evaluasi fisik pemasangan pipa resapan horizontal (PRH) di Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 17(2), 177–182.
- Maria, R., Rusydi, A. F., Lestiana, H., & Wibawa, S. (2018). Hidrogeologi dan potensi cadangan airtanah di dataran rendah Indramayu. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 28(2), 181–192.
- Masvika, H., Susilo, E., & Nurhidayati, N. (2024). Upaya mengatasi permasalahan kekurangan air dengan pipa resapan horisontal di Kelurahan Jabungan Kota Semarang. *Konferensi Nasional Pengabdian Masyarakat (KOPEMAS)*, 5(1).
- Mustika, S. N., & Noerhayati, E. (2020). Pemodelan persamaan nonlinier miniatur pintu air terhadap debit air irigasi. *TEKNO Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan*, 30(1), 37–44.
- Penalun, F. E., Hermawan, A., & Avianto, D. (2023). Perbandingan random forest regression dan support vector regression pada prediksi laju penguapan. *Jurnal Fasilkom*, 13(02), 104–111.
- Putranto, T. T., Widiarso, D. A., & Yuslihanu, F. (2016). Studi kerentanan air tanah terhadap kontaminan menggunakan metode Drastic di Kota Pekalongan. *Teknik*, 37(1), 26–31.
- Salsabila, C., Setyowati, A., Susilo, E., & Budiningrum, D. S. (2024). The analisa kebutuhan pipa resapan horisontal akibat perubahan tataguna lahan pada daerah aliran sungai Lutung. *Jurnal Civil Engineering Study*, 4(01), 42–55.
- Suprayogi, I., Nurdin, N., Fakhri, F., Audah, S., & Ermiyati, E. (2024, June). Model prediksi inflow Waduk PLTA Kotopanjang menggunakan pendekatan algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 246–253).
- Syafaat, H. M., Prasetyo, Y. P. W., Sujatmiko, H., Purnomo, D. A., & Erwanto, Z. (2025). Analisis laju sedimen berdasarkan data unsteady flow real time dengan HEC-RAS di DAS Bomo Banyuwangi. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 6(1), 69–80.

- Triadi, T., & Indra, K. (2009). Permasalahan airtanah pada daerah urban. *Teknik*, 30(1), 48–57.
- Uniqbu, A., Sangadji, M. F., & Abdullah, A. (2021). Laju aliran permukaan dan erosi terhadap penggunaan lahan di Desa Batuboy Kabupaten Buru. *Agritrop*, 19(1), 59–66.
- Widiatmoko, K. W., Mahmud, F., & Ahmad, F. (2024). Analisa tingkat kecepatan resapan air dengan metode pipa resapan horizontal untuk mengatasi genangan pasca hujan di Kelurahan Sadeng Gunungpati Semarang. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(1), 27–34.
- Yusuf, F., Crista, N. H., Paninggiran, H., Widorini, T., Azkiya, S. D., Adji, D. S., ... & Prita, P. (2024). Penerapan dan sosialisasi pipa resapan horizontal pada Muslimin School di Thailand. *Bangun Rekaprima*, 10(1), 57–65.
- Zahra, L., Ghazali, M. F., Dermawan, A., Salsabila, C., & Aulia, M. (2022). Karakteristik intrusi air laut serta hubungannya dengan ketinggian dan kemiringan lereng. *Jurnal Geologi Kelautan*, 20(2).
- Zakaria, Z. (2010). Karakteristik keteknikan tanah dan hubungannya dengan pengembangan wilayah di Kawasan Pengembangan Terpadu (KPT) Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *The 39th IAGI Annual Convention and Exhibition*.