



Pengaruh Berbagai Konduktivitas Hidraulik Jenuh Kendi Terhadap Kadar Air Tanah Lempung Berliat

The Effect Of Various Saturated Hydraulic Conductivity Of the Pitcher To Water Content In Sandy Loam Soil

Bertha Ollin Paga^{1*}

¹Departement Agricultural Engineering and Biosystem, Faculty of Agricultural Technology, Papua University

***Email:** ¹⁾ berthaollin@gmail.com

How to Cite :

Paga, B. Ollin (2021). *The Effect Of Various Saturated Hydraulic Conductivity Of the Pitcher To Water Content In Sandy Loam Soil*. Sinta Journal (Science, Technology and Agriculture Journal), 2 (2), 31-39. DOI: <https://doi.org/10.37638/sinta.2.2.31-38>

ARTICLE HISTORY

Received [21 January 2022]

Revised [24 January 2022]

Accepted [26 January 2022]

Published [31 January 2022]

KEYWORDS

Seepage, texture, felling head, solver, simulation

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Irigasi kendi merupakan salah satu teknik peberian air secara buatan untuk mengatasi kekurangan kadar air tanah. Irigasi kendi dapat hemat air sehingga cocok digunakan pada lahan kering. Bahan pembuatan kendi yang berasal dari campuran tanah liat, pasir dan sekam sangat mudah untuk didapatkan di masyarakat. Namun, kemampuan bahan kendi yang sesuai untuk mendapatkan konduktivitas jenuh kendi perlu diformulasikan. Disamping itu, hubungan antara konduktivitas hidraulik jenuh kendi dan konduktivitas tidak jenuh tanah sebagai media tanam perlu diketahui agar bisa mendapatkan distribusi pembasahan yang diharapkan pada setiap tanaman. Oleh sebab itu penelitian ini dianggap perlu untuk dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai konduktivitas hidrolik kendi terhadap perubahan kadar air tanah di sekitar kendi melalui simulasi program. Metode yang digunakan adalah metode pengukuran langsung di lapangan dan metode simulasi. Hasil pengukuran dan simulasi kemudian dikalibrasi dengan solver dan divalidasi untuk memperoleh nilai RMSE yang kecil dan R^2 yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konduktivitas hidrolik kendi berpengaruh secara signifikan terhadap kadar air tanah. Semakin tinggi KS_{kendi} maka kadar air disekitar kendi akan semakin tinggi juga. Begitu juga sebaliknya jika KS_{kendi} semakin rendah maka kadar air disekitar kendi akan semakin rendah juga. Dari hasil validasi model dapat dikatakan bahwa program simulasi pada penelitian ini layak untuk digunakan karena nilai R^2 yang diperoleh sebesar 56,1%.

ABSTRACT

Pitcher Irrigation is one of the artificial water supply techniques to overcome the lack of soil water content. The Pitcher Irrigation can save water so it is suitable for use on dry land. The materials for making Pitcher that come from a mixture of clay, sand and husks are very easy to get in the community. However, the ability of a suitable jug material to obtain the saturation conductivity of the jug needs to be formulated. In addition, the relationship between the hydraulic conductivity of the saturated jug and the unsaturated conductivity of the soil as a planting medium needs to be known in order to obtain the expected wetting distribution for each plant. Therefore, this research is deemed

necessary. The research purposes was to determine the effect of various hydraulic conductivity of the pitcher on changes in soil water content around the pitcher through program simulation. The methods used are direct measurement methods in the field and simulation methods. The measurement and simulation results are then calibrated with a solver and validated to obtain a small RMSE value and R^2 was high. The results showed that the hydraulic conductivity of the pitcher had a significant effect on the soil water content. If the higher the hydraulic conductivity of the pitcher, the higher the water content around this pitcher. And if the hydraulic conductivity of the pitcher is lower, the water content around the pitcher be lower. From the results of model validation, it can be said that the simulation program in this study is feasible to use because the value obtained R^2 is 56.1%.

PENDAHULUAN

Air adalah sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup (termasuk tanaman), demi keberlangsungan hidupnya sehari-hari. Air bagi pertumbuhan tanaman sangat diperlukan. Tubuh tumbuhan tersusun dari sekitar 70-95% molekul air. Selain itu, air juga berfungsi sebagai penjaga suhu tanaman, membantu dalam proses respirasi dan fotosintesis, sebagai bahan dalam berbagai reaksi biokimia, membantu dalam penyerapan mineral dari dalam tanah, membantu melarutkan dan mengangkut unsur hara dari dalam tanah ke akar tanaman. Namun, air yang diberikan pada tumbuhan tersebut tidak semuanya digunakan oleh tumbuhan. Sebagian besar air tersebut mengalami evapotranspirasi maupun perkolasi.

Oleh karena air bagi tanaman memiliki fungsi yang sangat penting maka air tersebut harus selalu tersedia, baik yang diperoleh melalui penyiraman air hujan maupun melalui pemberian air irigasi. Irigasi merupakan teknik pemberian air pada tumbuhan secara buatan dalam memenuhi kebutuhan air tumbuhan. Penerapan irigasi ini pun membutuhkan kondisi yg tidak sama satu sama lainnya, tergantung pada keadaan lingkungan dan kebutuhan air pada tanaman (termasuk jenis tanamannya, ukuran tanaman dst). Beberapa teknik pemberian air irigasi yang sering digunakan, diantaranya adalah irigasi permukaan, irigasi bawah permukaan, dan irigasi curah (Choir, 2012).

Irigasi permukaan merupakan teknik pemberian air yang penerapannya secara langsung ke daerah perakaran tanaman. Irigasi permukaan meliputi, irigasi tetes dan irigasi kendi. Salah satu sistem irigasi yang dapat menghemat air dan cocok digunakan pada daerah lahan kering adalah irigasi kendi (Choir dkk., 2004). Rika (2002), juga menambahkan bahwa terdapat beberapa teknik irigasi untuk budidaya tanaman di lahan kering yang berefisien tinggi adalah irigasi mikro seperti irigasi kendi, irigasi tetes dan irigasi springkel. Pemanfaatan kendi yang terbuat dari campuran tanah liat dan pasir dapat menghemat air hingga 70% dibandingkan dengan penyiraman. Baik penyiraman secara manual dengan menggunakan ember maupun dengan menggunakan sprinkler (Sumaryanto, 2006).

Pada prinsipnya Irigasi kendi merupakan teknik pemberian air yang memanfaatkan hasil rembesan/ resapan air secara perlahan melalui pori-pori permukaan atau dinding kendi langsung ke dalam tanah di daerah perakaran tanaman. Dinding kendi berfungsi sebagai emitter untuk mengeluarkan air ke dalam tanah. Secara operasional, kendi ditanam ke dalam tanah dekat dengan zona perakaran tanaman. Jenis tanaman, kebutuhan air tanaman, suplai air serta porositas tanah dan porositas kendi sangat menentukan jumlah kendi yang harus ditanam. Keunggulan sistem irigasi ini dapat mengurangi kehilangan air karena evaporasi, perkolasi, dan aliran permukaan (Anonim, 2014).

Merembesnya air dari dalam dinding kendi disebabkan oleh adanya perbedaan kejenuhan air pada dinding kendi dan tanah sekitar kendi. Jumlah air yang merembes dari dalam kendi dipengaruhi oleh konduktivitas hidrolik kendi, ketebalan dinding kendi, daerah permukaan kendi, jenis tanah, jenis tanaman dan rasio evapotranspirasi (Siyal, 2009). Agustina (2011) menambahkan bahwa konduktivitas hidrolik tanah, luas permukaan kendi, tekanan hidrostatik serta hisapan tanah juga merupakan faktor yang mempengaruhi proses aliran air pada irigasi kendi. Konduktivitas hidrolik kendi merupakan kemampuan dinding kendi untuk melewatkan air ke dalam tanah. Kemampuan dalam melewatkan air ini berlaku pada dua kondisi yaitu pada kondisi jenuh dan tidak jenuh. Pada kondisi jenuh, laju konduktivitas selalu lebih tinggi dibanding dengan laju konduktivitas hidrolika pada kondisi tak jenuh. Hal ini dikarenakan pada kondisi jenuh pengaruh gaya gravitasi jauh lebih dominan dibandingkan pada kondisi tak jenuh dan

ukuran pori-pori sebagai media K-sat jauh lebih besar dari ukuran pori-pori untuk ukuran K-unsat (Rahmadani, 2012).

Adapun penelitian-penelitian terdahulu tentang irigasi kendi, diantaranya adalah: (1). Stein tahun 1990, mengukur konduktivitas hidrolik jenuh pada 14 kendi dengan metode tinggi muka air yang hasilnya berkisar 0,0006 s/d 0,5333 cm/hari. Lalu kendi dengan Ks 0,034 cm/hari dan kapasitas 2,5 liter, diamati laju rembesannya dengan membenamkannya dalam tanah pasir berlempung yang memiliki konduktivitas hidrolik jenuh 31,3 cm/hari. Hasil rembesan pada saat kering atau awal adalah 1,25 l/hari dan menjadi konstan pada saat 0,5 s/d 0,6 l/hari; (2). Rahmawati tahun 2015, mencari radius dan kedalaman pembasahan tanah serta sebaran lengas yang baik untuk tanaman pada sistem irigasi kendi. Berdasarkan besar radius pembasahan tanah, jarak tanam tiap kendi berbentuk bulat sebesar 30 hingga 35 cm. Kendi lonjong sebesar 35 hingga 40 cm dan yang berbentuk pot sebesar 30 hingga 35 cm. Berdasarkan sebaran lengas tanah selama 6 jam, diketahui bahwa tanaman dapat mengalami kekurangan air jika ditanam pada jarak 15 cm sedangkan tanaman yang ditanam pada jarak 5 hingga 10 cm mengalami kelebihan air. (3). Ariadna tahun 2018, menentukan permukaan pembasahan dari kendi pada tiga jenis tanah dan kerapatan isi berbeda dan diperoleh hasil bahwa jarak pembasaha terbesar dihasilkan pada tanah gambut dengan kerapatan isi 0,95 g/cm³ dengan jarak pembasahan sebesar 19.2 cm dari pusat kendi. (4). Agriani tahun 2018, menentukan metode pengukuran Ks kendi irigasi. Hasilnya menyatakan bahwa metode pengukuran Ks kendi irigasi utuh dapat diukur dengan menggunakan metode tinggi permukaan air menurun (falling head).

Bahan pembuatan kendi yang berasal dari campuran tanah liat, pasir dan sekam sangat mudah untuk didapatkan di masyarakat. Namun, kemampuan bahan kendi yang sesuai untuk mendapatkan konduktivitas jenuh kendi perlu diformulasikan. Disamping itu, hubungan antara konduktivitas hidrolik jenuh kendi dan konduktivitas tidak jenuh tanah sebagai media tanam perlu diketahui agar bisa mendapatkan distribusi pembasahan yang diharapkan pada setiap tanaman. Oleh sebab itu penelitian ini dianggap perlu untuk dilakukan. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh berbagai konduktivitas hidrolik kendi terhadap perubahan kadar air tanah di sekitar kendi melalui simulasi program.

METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2020 di Kabupaten Manokwari. Alat yang digunakan meliputi 4 buah kendi dengan bentuk yang sama namun Ks yang berbeda, linggis, mistar, oven, timbangan tanah, ring sample, ember, tabung berskala, gabus penutup kendi dan *stopwath*. Bahan yang digunakan adalah lem silicon, tanah dan air.

Metode

Penelitian melalui 3 tahapan yaitu tahap pengukuran dan pengambilan data di lapangan, simulasi serta optimasi parameter dengan solver dan kalibrasi. *Solver* merupakan salah satu fasilitas tambahan (Add-ins) pada microsoft excel yang digunakan untuk melakukan berbagai skenario optimasi dalam menyelesaikan berbagai masalah. *Solver* dapat menyelesaikan masalah dengan berbagai variabel dan membantu mencari kombinasi variabel untuk meminimalkan dan memaksimalkan nilai yang ditargetkan. Selain itu, *Solver* juga dapat menemukan suatu batasan atau kendala yang harus dipenuhi agar pemecahan masalah itu bisa benar (Arifin dan Fauzi, 2007).

Metode yang digunakan adalah metode pengukuran langsung di lapangan dan metode simulasi. Hasil pengukuran dan simulasi kemudian *dikalibrasi* dengan *solver* dan *divalidasi* untuk memperoleh nilai RMSE yang kecil dan R² yang tinggi. Pengukuran lapangan dapat berupa pengukuran nilai konduktivitas hidrolik kendi, pengukuran konduktivitas hidrolik jenuh (Ks), pengukuran kadar air volumetrik tanah awal, pengukuran kadar air volumetrik jenuh serta pengukuran kadar air tanah disekitar kendi setelah dialiri air (data ini akan digunakan sebagai bahan kalibrasi dari data hasil simulasi). Sedangkan, simulasi digunakan untuk memperoleh kadar kadar air tanah volumetrik tanah. Pada simulasi tersebut yang dilakukan adalah menghitung konduktivitas tanah tidak jenuh sebagai fungsi dari kadar air (K(θ)) dan kadar air tanah tidak jenuh pada masing-masing. Konduktivitas hidrolik kendi diukur dengan *Metode Falling Head* dan dihitung dengan persamaan (Stein, 2005):

$$K_s = \frac{a \cdot L}{A(t_1 - t_0)} * \ln \left(\frac{h_0}{h_1} \right) \quad (1)$$

Dimana: h_0 = tinggi permukaan air mula-mula pada tube (cm)
 h_1 = tinggi permukaan air pada tube pada saat waktu t (cm)
 A = luas permukaan kendi (cm²)
 a = luas penampang tube (cm²)
 L = tebal kendi (cm)
 $t_1 - t_0$ = waktu pengukuran (dt)
 K_s = konduktivitas hidrolik jenuh kendi (cm/dt)

$\ln(h_0/h_1)$ diplot terhadap waktu akan memberikan garis lurus. K_s kendi dapat dihitung dari kemiringan garis tersebut jika tebal (L) dan luas penampang (A) kendi diketahui.

Konduktivitas hidrolik jenuh (K_s) tanah diukur dengan *Metode Falling Head* dan dihitung dengan Persamaan (Anonim, 2014):

$$k = 2.303 \frac{\alpha \cdot L}{A \cdot t} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (2)$$

Dimana: α = luas penampang pipa
 h_1 = tinggi permukaan air mula-mula pada tube (cm)
 h_2 = tinggi permukaan air pada tube pada saat t (cm)

Kadar air volumetrik tanah awal dihitung dengan persamaan berikut:

$$\theta = \left(\frac{BBT - BKT}{VT} \right) \times \frac{1}{\rho_{air}} \quad (3)$$

Dimana BBT : berat basah tanah (gram)
 BKT : berat kering tanah (gram)
 VT : volume tanah total (cm³)
 ρ_{air} : massa jenis air (gram/cm³)

Kadar air volumetrik jenuh juga dihitung dengan Persamaan (3). Persamaan yang digunakan untuk menghitung $K(\theta)$ adalah persamaan yang dikemukakan Setiawan dan Nakano (2007), sebagai berikut :

$$K(\theta) = K_s \cdot \exp(-a(\theta_s - \theta)^b) \quad (4)$$

Dimana: $K(\theta)$ = konduktivitas hidrolik tak jenuh sebagai fungsi θ (cm/s)

K_s = konduktivitas hidrolik jenuh (cm³/cm³)
 θ_s = kadar air volumetrik jenuh (cm³/cm³)
 θ = kadar air volumetrik tanah mula-mula (cm³/cm³)
 a dan b = koefisien persamaan

Kadar air tanah tidak jenuh dihitung dengan menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut:

$$\theta_{i+1(t)} = \theta_i + K(\theta) \Delta t \left(\frac{K_{skendi}}{\Delta r^2} \right) \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan turunan numerik dari persamaan Richards 2D, dengan asumsi tanah homogeneous dan isotropik, serta aliran tidak jenuh axisymmetrik. Adapun persamaan Richard 2D adalah sebagai berikut (Sinyal, 2009):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r K \frac{\partial h}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial h}{\partial z} \right) + \frac{\partial K}{\partial z} \quad (6)$$

Dimana: θ = kadar volumetrik air (cm³/cm³)
 h = tekanan head air tanah (cm³/cm³)
 t = waktu (dtk)

r & z = jarak koordinat arah radial dan vertikal (positif ke atas)

K = konduktivitas hidraulik tanah

Program simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*. Persamaan yang digunakan adalah persamaan aliran air dalam kondisi tanah tidak jenuh (hukum *Darcy's*). Data-data yang diinput meliputi kadar air tanah mula-mula (θ_0), kadar air volumetrik jenuh (θ_s), konduktivitas hidraulik tanah jenuh ($K_{s(tanah)}$), konduktivitas hidraulik kendi jenuh ($K_{s(kendi)}$) dengan interval waktu 3 jam dan interval jarak 5 cm dari dinding kendi. Sementara untuk optimasi data dilakukan dengan menggunakan *Solver* yang terdapat pada *Microsoft Excel* dan kalibrasinya dengan model *RMSE* (*Root Mean Square Error*). *RMSE* dihitung dengan persamaan:

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum (h_{ukur} - h_{sim})^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji karakteristik fisik pada tanah bertekstur lempung berliat ini diperoleh *bulk density* sebesar $1,02 \text{ gr/cm}^3$. Dari hasil pengukuran nilai konduktivitas hidraulik jenuh kendi dengan menggunakan *Metode Falling Head* diperoleh konduktivitas yang bervariasi, yaitu pada Kendi I sebesar $7,81 \times 10^{-6} \text{ cm/dtk}$; kendi II sebesar $7,6 \times 10^{-6} \text{ cm/dtk}$; kendi III sebesar $7,22 \times 10^{-6} \text{ cm/dtk}$ dan kendi IV sebesar $6,68 \times 10^{-6} \text{ cm/dtk}$. Secara rinci dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konduktivitas Hidrolik (K_s) Kendi

KENDI	M	a (cm ²)	L (cm)	A (cm ²)	Konduktivitas (cm/menit)	Konduktivitas (cm/dtk)
I	0,313	1,76	1	1176	$4,68 \times 10^{-4}$	$7,81 \times 10^{-6}$
II	0,313	1,76	1	1208	$4,56 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-6}$
III	0,313	1,76	1	1272	$4,33 \times 10^{-4}$	$7,22 \times 10^{-6}$
IV	0,313	1,76	1	1374	$4,01 \times 10^{-4}$	$6,68 \times 10^{-6}$

Sumber: Data Sekunder Setelah Diolah, 2020

Ket: M = gradien
a = luas penampang tube
L = tebal dinding kendi
A = luas kendi

Kendi yang digunakan pada umumnya memiliki bentuk yang sama namun memiliki luas yang sedikit bervariasi. Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa luas kendi berbanding terbalik dengan konduktivitasnya. Semakin luas (besar) kendinya maka konduktivitasnya akan menjadi kecil. Hal ini disebabkan karena jika permukaan besar (luas) maka tekanan air untuk keluar/ merembes dari dalam dinding kendi akan lebih lemah dibandingkan dengan yang luasannya kecil.

Penetapan konduktivitas tanah jenuh sangat penting dalam memprediksi dan mengevaluasi bermacam-macam proses yang berhubungan dengan pengelolaan tanah dan air. Sehingga, konduktivitas hidrolik tanah jenuh yang juga diukur dengan menggunakan *Metode Falling Head* diperoleh sebesar $1,44 \times 10^{-3} \text{ cm/dtk}$.

Perubahan kadar air atau tegangan air pori negatif dan juga koefisien persamaan perlu diperhatikan karena sangat mempengaruhi konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh. Konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh yang diperoleh dari hasil pengukuran ini hampir sama pada setiap kendi, yaitu sebesar $1,61 \text{ cm/dtk}$. Kadar air tanah merupakan sejumlah air yang terkandung dalam tanah. Kadar air awal (sebelum kendi terpasang) yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran adalah $1,98 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ dan kadar air jenuhnya sebesar $4,95 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Dan kadar air saat kendi terpasang berdasarkan hasil pengukuran adalah berkisar antara $1,98 \times 10^{-1}$ hingga $4,6 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Sementara, kadar air berdasarkan hasil simulasi adalah berkisar antara $1,98 \times 10^{-1}$ hingga $6,21 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Data tersebut memperlihatkan bahwa kadar air hasil

pengukuran dan simulasi sedikit berbeda. Kadar air pada hasil simulasi lebih tinggi daripada kadar air pada hasil pengukuran.

Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*. Persamaan yang digunakan adalah persamaan aliran air dalam kondisi tanah tidak jenuh. Data yang diinput meliputi kadar air tanah mula-mula (θ_0), kadar air volumetrik jenuh (θ_s), konduktivitas hidraulik tanah jenuh ($K_{s_{\text{tanah}}}$), konduktivitas hidraulik kendi jenuh ($K_{s_{\text{kendi}}}$) dengan interval waktu 3 jam dan interval jarak 5 cm dari kendi.

Berdasarkan hasil simulasi tersebut diperoleh kadar air volumetrik tanah tidak jenuh untuk setiap kendi tidak sama dimana untuk kendi I berkisar antara $1,98 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ hingga $6,2 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Untuk kendi II berkisar antara $1,98 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ hingga $6,1 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Untuk kendi III kadar air yang diperoleh berkisar antara $1,98 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ hingga $5,89 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Dan untuk kendi IV kadar air volumetrik tanah yang diperoleh berkisar antara $1,98 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ hingga $5,6 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

Hasil analisa data menunjukkan bahwa konduktivitas hidrolik (K_s) kendi yang diperoleh tergolong tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Saleh (2007) sebelumnya, yaitu berkisar antara $7,88 \times 10^{-8}$ s.d. $8,78 \times 10^{-6} \text{ cm/dtk}$. Perbedaan ini dimungkinkan terjadi karena adanya perbedaan bahan yang digunakan serta pencampuran bahan tidak sempurna pada saat pembuatan. Saleh (2004), menegaskan bahwa keragaman nilai K_s kendi disebabkan oleh beberapa hal, seperti bahan yang digunakan dan teknik pencampuran bahan saat pembuatan. Penambahan pasir pada campuran bahan pembuatan kendi dapat meningkatkan konduktivitas hidrolik kendi ($K_{s_{\text{kendi}}}$) secara positif. Namun penambahan pasir harus dibatasi karena akan berpengaruh pada daya rekat tanah liat yang digunakan. Apabila bahan pasir berlebihan akan mengakibatkan kendi tidak dapat dibentuk, dan dapat pecah pada waktu pengeringan atau pembakaran.

Nilai konduktivitas hidrolik tanah jenuh yang diperoleh lebih tinggi dibanding dengan nilai konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh. Hal ini disebabkan oleh dua factor, yaitu 1. Pada tanah jenuh pengaruh gaya gravitasi jauh lebih dominan dibandingkan pada tanah tak jenuh dan 2. ukuran pori-pori sebagai media konduktivitas hidrolik jenuh jauh lebih besar dibanding ukuran pori-pori untuk ukuran konduktivitas hidrolik tidak jenuh (Rahmadani, 2012).

Hubungan kadar air volumetrik tanah tidak jenuh dengan jarak berbanding terbalik, dimana semakin jauh jarak dari kendi maka semakin sedikit air yang terkandung pada tanah tersebut. Sebaliknya apabila tanah yang semakin dekat ke kendi maka kadar airnya akan semakin tinggi. Sementara hubungan kadar air volumetrik tanah tidak jenuh dengan waktu berbanding lurus, dimana semakin lama kendi tersebut mengalirkan air ke luar tanah maka semakin tinggi pula kadar air pada tanah tersebut.

Dari data-data yang diperoleh dapat pula kita lihat bahwa pada tiap jarak memiliki kecepatan pengaliran yang bervariasi. Pergerakan air pada jarak 5 cm lebih besar dibanding pergerakan air pada jarak 10 cm. Begitu seterusnya hingga pada jarak 25 cm, pergerakan airnya sudah sangat lambat. Hal ini terjadi karena tekanan pada tanah yang semakin jenuh air semakin berkurang. Semakin melemahnya tekanan tersebut untuk menekan/mendorong air akan menyebabkan pergerakan air juga akan semakin melemah untuk menempuh jarak.

Penelitian ini juga memperlihatkan pergerakan air agak lambat karena tekstur tanahnya berupa lempung berliat. Muntaha (2010) menegaskan, pergerakan air pada tanah berpasir lebih cepat dibanding tanah liat berdebu. Pada tanah berpasir lebih banyak pori-pori makro dan daya resensi terhadap air lebih rendah sehingga kehilangan air lebih cepat. Namun sebaliknya pada tanah liat lebih banyak memiliki pori-pori mikro dan daya resensi terhadap air lebih tinggi sehingga kehilangan air akan lambat. Konduktivitas hidrolik tanah liat lebih kecil dari pada tanah berpasir karena pori-pori makronya lebih sedikit.

Kadar air volumetrik tanah tidak jenuh yang diperoleh memperlihatkan bahwa kemampuan tanah tersebut untuk mengikat air tergolong tinggi karena merupakan tanah yang bertekstur lempung berliat. Hal ini sesuai dengan pendapat Hardjowigeno (2007), bahwa tanah yang bertekstur halus mempunyai daya menahan air lebih besar dari pada tanah yang bertekstur kasar. Pasir umumnya lebih mudah kering dari pada tanah-tanah yang bertekstur lempung atau berliat.

Setiap program atau model yang telah disusun sebelum digunakan perlu dikalibrasi. Tujuan kalibrasi adalah untuk memperkecil penyimpangan yang terjadi. Kalibrasi optimasi dilakukan pada penelitian ini dimaksudkan agar diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2 atau R squared) yang tinggi dan kesalahan volume (nilai error) yang kecil. Dalam hal ini yang dioptimasi adalah nilai variabel persamaan a dan b pada persamaan konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh (Persamaan 6). Berdasarkan persamaan 6 diperoleh nilai a sebesar -0,681 dan b sebesar -1,923.

Setelah kalibrasi juga perlu dilakukan validasi. Validasi merupakan suatu tindakan untuk memastikan bahwa setiap bahan, prosedur, kegiatan, sistem, perlengkapan atau mekanisme yang

digunakan dalam prosedur dan pengamatan telah sesuai, sehingga dapat mencapai hasil yang diinginkan. Metode validasi dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan kadar air volumetrik tanah antara hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung di lapangan. Dan diperoleh disimpulkan bahwa program tersebut dianggap belum sempurna karena R^2 yang diperoleh hanya 56,1%. Walaupun, tingkat kesalahan (nilai error) yang dihitung dengan metode RMSE sebagai hasil dari kalibrasi sebelumnya dianggap benar yaitu hanya sebesar $7,84 \times 10^{-2}$. Kesesuaian model matematis dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan besarnya nilai R^2 (koefisien determinasi). Jika $R^2 = 1$ maka angka tersebut menunjukkan garis regresi yang cocok dengan data secara sempurna. Suatu model dianggap sempurna apabila nilai $R^2 = 1$, dengan kata lain R^2 merupakan petunjuk validasi data dimana $0,8 < R^2 < 1$ (Setiawan, 2010).

Data kadar air volumetrik tanah hasil pengukuran pada penelitian ini lebih rendah dibanding kadar air volumetrik tanah hasil simulasi. Nilai R^2 yang diperoleh pada kendi I sebesar 5,61%, ini menandakan kadar air volumetrik tanah hasil simulasi belum sempurna dan model yang digunakan juga belum sempurna. Walaupun, nilai error yang dihitung dengan metode RMSE sebagai hasil dari kalibrasi sebelumnya dianggap bagus yaitu sebesar $7,84 \times 10^{-2}$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari maka dapat disimpulkan bahwa konduktivitas hidrolik kendi dapat berpengaruh terhadap kadar air pada tanah di sekitar kendi. Semakin besar K_s kendi yang digunakan maka semakin tinggi pula kadar air pada tanah di sekitar kendi tersebut. Kadar air pada tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tanah yang bertekstur lempung berliat lebih kuat mengikat air namun pergerakan air semakin lambat. Hal ini terjadi karena konduktivitas hidrolik tanah pada tanah bertekstur lempung liat lebih rendah akibat pori-pori mikronya lebih banyak dibanding pori-pori makronya.

Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lanjut tentang pengembangan model-model konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh 2D.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin dan Fauzi. 2007. Aplikasi Excel dalam Aspek Kuantitatif Manajemen Sumber Daya Manusia, edisi pertama. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Choir, Afdhol Arista dkk. Rancangan Dan Uji Coba Otomatisasi Irigasi Kendi. 2012. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/58179>. [26 Desember 2021].
- Hillel Daniel. (2006). Pengantar Fisika Tanah. Alih bahasa oleh Robiyanto Susanto dan Rahmad Hari Purnomo. Fakultas Pertanian Unsri, Indralaya.
- Hertanto. Sistem Irigasi Kendi untuk Tanaman Sayuran di Daerah Karing. 2017. [http://www.elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.sistem irigasi kendi untuk tanaman sayuran di daerah karing](http://www.elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.sistem%20irigasi%20kendi%20untuk%20tanaman%20sayuran%20di%20daerah%20karing) [5 Januari 2021].
- Muhammadi dan Soesilo. 2004. Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. UMJ, Jakarta.
- Muntaha, Moh. 2010. Pemodelan Infiltrasi Air ke Dalam Tanah dengan Alat Kolom Infiltrasi untuk Menghitung Koefisien Permeabilitas Tanah Tidak Jenuh (kw). Jurnal APLIKASI. 8(1): 35-42
- Rahmadani. Laporan DDIT Acara 3 Konduktivitas Tanah Tidak Jenuh. 2012. [http://rahmadaniblogger.blogspot.com/2012/11/laporan-ddit-acara-3 konduktivitas.html](http://rahmadaniblogger.blogspot.com/2012/11/laporan-ddit-acara-3-konduktivitas.html). [27 Desember 2021]
- Saleh, Edwar. 2004. Kinerja Irigasi Kendi untuk Tanaman Di Daerah Kering. PPS IPB, Bogor
- Setiawan dan Edwar Saleh. 2007. Sistem Irigasi Kendi untuk Tanaman Sayuran di Daerah Kering. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Teknologi Bogor, Bogor
- Setiawan, Ery. 2010. Penggunaan Solver Sebagai Alat Bantu Kalibrasi Parameter Model. 1(1):70-79.
- Setiawan B. I. dan Nakano. 2007. On the determination of unsaturated hydraulic conductivity from soil moisture profiles and from water retention curves. Soil Sci. Soc. Am. J. 156 (6): 389-395

- Sinyal. 2009. Performance of Pitcher Irrigation System. Soil Science. 6: 174
- Stein T. M. 1990. The influences of evaporation, hydraulic conductivity, wall thickness and surface area on seepage rates of pitcher irrigation. Journal of applied irrigation science (zeitschrift fur bewässerungswirtschaft) 32 (1): 65-83