

**ANALISIS KEBUTUHAN AIR TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)
PADA INCEPTISOL DAN VERTISOL BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT)**

**Analysis of Water Requirements of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) on Inceptisol
and Vertisol Based on the Internet of Things (IoT)**

Yayan Poga, Nurdin*, Wawan Pembengo

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie,
Moutong Kabupaten Bone Bolango, 96554.

*Penulis korespondensi: nurdin@ung.ac.id

Abstrak

Lactuca sativa L. memiliki prospek ekonomi yang baik, namun produksi selada sering menurun karena kebutuhan airnya yang tidak terpenuhi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air tanaman selada pada Inceptisol dan Vertisol berbasis *Internet of Things* (IoT). Lokasi penelitian berada di rumah kaca Desa Huluduotamo Kabupaten Bone Bolango pada bulan September hingga Oktober 2021, sedangkan sampel Vertisol dan Inceptisol berasal dari Desa Sidomukti Kabupaten Gorontalo. Penelitian ini menggunakan metode Penman dengan aplikasi Cropwat 8.0 yang terintegrasi dengan smartphone melalui aplikasi Blynk (IoT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kebutuhan air tanaman selada bulan September pada Vertisol dan Inceptisol pada fase awal 2,45 mm/hari, fase tengah 3,73 mm/hari, dan fase akhir 3,54 mm/hari. Alat pendeteksi kadar air tanah pada kadar air kapasitas lapangan menghasilkan 319 *Analog Digital Converter* (ADC) dan tanah pada kondisi lembab mencapai 534 ADC. Nilai data analog kadar air kapasitas lapangan Inceptisol sebesar 343 ADC dan tanah dalam keadaan lembab sebesar 574 ADC. Kinerja alat pendeteksi kelembaban tanah pada kondisi air kapasitas lapang Vertisol 15% dan Inceptisol 22% lebih efektif dibandingkan dengan metode gravimetri.

Kata Kunci: *Cropwat 8.0, Internet of Things (IoT), Lactuca sativa L.*

Abstract

Lactuca sativa L. has good economic prospects, but lettuce production often declines due to the unmet water requirement of lettuce. This study aimed to determine the water needs of lettuce on Inceptisol and Vertisol based on the Internet of Things (IoT). The location study was in the green house, Huluduotamo Village, Bone Bolango Regency, from September to October 2021, while the Vertisol and Inceptisol samples were from Sidomukti Village, Gorontalo Regency. This study used the Penman method with the Cropwat 8.0 application which was integrated with a smartphone through the Blynk (IoT) application. The water requirement yield of lettuce plants in September on Vertisol and Inceptisol in the early phase was 2.45 mm/day, the middle phase was 3.73 mm/day, and the final phase was 3.54 mm/day. Soil moisture detection device at field capacity moisture content produces 319 Analog Digital Converter (ADC) and soil in moist conditions reaches 534 ADC. The analog data value of the water content of the Inceptisol field capacity is 343 ADC and the soil in a moist state is 574 ADC. The performance of the device for detecting soil moisture in the water condition of the 15% field capacity of Vertisol and 22% Inceptisol is more effective than the gravimetric method.

Keywords: *Cropwat 8.0, Internet of Things (IoT), Lactuca sativa L.*

Pendahuluan

Selada secara ilmiah dikenal sebagai *Lactuca sativa* L. merupakan komoditas hortikultura dengan prospek masa depan yang menjanjikan dan nilai pasar yang signifikan. Kombinasi beberapa faktor, termasuk meningkatnya pemahaman tentang pentingnya sayuran untuk kesehatan seseorang, terutama asupan vitamin dan mineral dalam sayuran telah meningkatkan permintaan sayuran di Indonesia (Nazaruddin, 2003).

Tanah, air dan tanaman merupakan faktor kunci yang akan terjalin dalam siklus dan produksi pertanian. Memahami ketiga aspek ini sangat penting, baik dalam pengertian memahami setiap elemen dan hubungannya dalam satu sistem manajemen pertanian. Secara umum, tanah berperan sebagai media tumbuh yang menopang keberlangsungan hidup tanaman dalam jangka panjang (Zuhaida, 2018). Air lebih terkait dengan fungsi dukungan selama proses pertumbuhan, disamping unsur-unsur penting dalam tanah, yang juga mendukung proses tumbuh berkembangnya tanaman (Purba *et al.*, 2021).

Tanah merupakan hasil alam dari komposisi mineral dan bahan organik (Arifin *et al.*, 2018). Inceptisol dan Vertisol merupakan jenis tanah yang memiliki kandungan liat yang cukup tinggi (Soil Survey Staff, 2014), sehingga mampu mengikat lebih banyak air dan dominan untuk lahan pertanian. Kapasitas mengikat air berbagai jenis tanah sebagian besar diatur oleh agregasi tanah yang dipengaruhi oleh tekstur dan bahan organik tanah (Kurnia *et al.*, 2006). Pasir dan tanah bertekstur kasar memiliki kemampuan menyimpan air yang lebih rendah daripada tanah bertekstur halus. Kapasitas tanah menahan air lebih tinggi pada tanah dengan bahan organik yang lebih tinggi.

Air merupakan komponen penting bagi tanaman (Kurniawan *et al.*, 2014). Pada hari dengan banyak sinar matahari, proses evapotranspirasi akan terjadi, sehingga akan kekurangan air dan berpengaruh pada tanaman. Sementara itu, kebutuhan air tanaman sering tidak terpenuhi karena petani hanya memperkirakan jumlah air yang disediakan untuk tanaman. Implementasi sistem mikrokontroler yang berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu opsi yang dapat digunakan saat memasuki fase revolusi industri 4.0. Pemanfaatan IoT sudah berkembang pesat seiring semakin berkembangnya kebutuhan manusia akan teknologi. IoT dengan mengoptimalkan beberapa alat seperti media sensor, identifikasi frekuensi radio (RFID), jaringan sensor nirkabel, dan objek

pintar lainnya yang memungkinkan manusia berinteraksi dengan mudah dengan berbagai perangkat berbeda yang terhubung ke internet (Husdi, 2018).

Pemanfaatan IoT di bidang pertanian sangat membantu petani dalam mengelola kelembaban tanah dan mendeteksi status tanaman dengan bantuan sensor. Namun, fokus penelitian selama ini hanya pemantauan kondisi basah dan kering tanah, belum spesifik pada kebutuhan air tanaman yang terkontrol. Padahal, dengan IoT maka kebutuhan air tanaman dapat ditentukan. Perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan pengontrol kelembaban tanah menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor kelembaban tanah berbasis IoT agar dapat memenuhi kebutuhan air tanaman, terutama tanaman selada. Selain itu, perangkat IoT dapat dipantau melalui *Smartphone*, sehingga dapat mempermudah proses penyiraman tanaman selada. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan air tanaman selada pada Inceptisol dan Vertisol berbasis IoT.

Bahan dan Metode

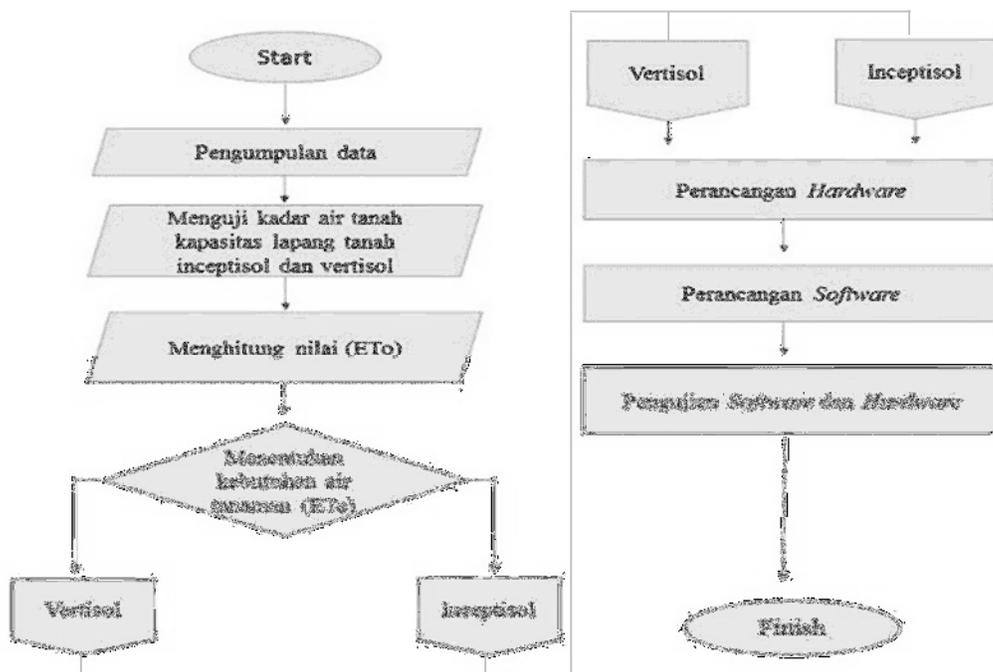
Penelitian ini dilakukan di green house yang terletak di Desa Huluduotamo, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango. Contoh Vertisol dengan titik koordinat 0.6866901N 112.65299427E dan Inceptisol dengan titik koordinat 0.68753803N 122.65049144E dari Desa Sidomukti, Kecamatan Mootilango, Kabupaten Gorontalo yang telah diidentifikasi oleh Nurdin (2011). Periode penelitian selama satu bulan, terhitung mulai September 2021 sampai Oktober 2021.

Bahan penelitian berupa data iklim selama 8 tahun terakhir, air serta contoh Inceptisol dan Vertisol. Alat-alat yang digunakan terdiri atas: aplikasi Cropwat 8.0 untuk mengolah data iklim, Arduino IDE untuk memprogram NodeMCU ESP8266, Blynk sebagai monitor melalui *Smartphone*. Perangkat keras NodeMCU ESP8266 untuk pemrosesan data, kelembaban tanah untuk mengukur volume air, papan proyek untuk dukungan sirkuit kabel jumper yang menghubungkan NodeMCU dan Sensor Riley untuk pengontrol/sakelar pompa air. Pengambilan contoh tanah menggunakan ring sampel, sendok tanah, dan Spidol F.

Penelitian ini dilakukan di dua tempat terpisah. Lokasi pertama untuk pengambilan contoh Inceptisol dan Vertisol dari Desa Sidomukti Kecamatan Mootilango Kabupaten Gorontalo. Sementara itu, tempat kedua di Desa

Huluduotamo, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango untuk pengujian mikrokontroler (Gambar 1). Studi ini menggunakan metode Penman dengan bantuan program Cropwat 8.0. Pengumpulan informasi data terdiri atas: data primer dan data sekunder. Pengujian kadar air tanah kapasitas lapang dilaksanakan di Laboratorium

Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo merupakan metode gravimetrik. Selanjutnya, data sekunder berupa data iklim dari Stasiun BMKG Moutong Kabupaten Bone Bolango berupa data curah hujan, suhu, kelembaban, kecepatan angin dan panjang penyinaran matahari.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Penentuan kadar air kapasitas lapang Vertisol dan Inceptisol sebanyak 10 g yang sebelumnya telah dikering anginkan. Kemudian contoh tanah tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama dua 24 jam. Total contoh tanah yang dikeringkan dalam oven sebanyak 6 contoh pada setiap jenis tanah.

Penentuan evapotranspirasi (ETo)

Tahapan analisis yang harus dilakukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi potensial (ETo) dengan software CROPWAT versi 8.0 (Prastowo *et al.*, 2016):

1. Jendela aplikasi CROPWAT 8.0 telah dibuka.
2. Klik Menu iklim/ETUntuk
3. Menyisipkan data klimatologi berupa:
 - a Data diambil dari negara yang menjadi sumber utama informasi iklim.
 - b Masukkan data stasiun iklim yang merekam data iklim.

- c Masukkan data elevasi (m dpl) stasiun iklim berada.
- d Masukkan data lintang (utara atau selatan).
- e Masukkan data bujur (timur atau barat).
- f Masukkan data suhu rata-rata.
- g Masukkan data kelembaban relatif (% , mm/Hg, kpa, mbar).
- h Masukkan data kecepatan angin (m/detik, km/jam, mil/hari, atau mil/jam).
- i Masukkan data paparan sinar matahari (jam atau %)
- j Evapotranspirasi segera ditampilkan setelah dihitung secara otomatis, dan hasilnya dapat dilihat.

Menghitung kebutuhan air tanaman (ETc)

Kebutuhan air tanaman didefinisikan sebagai jumlah air yang digunakan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman (Etc) agar tanaman dapat berkembang dengan baik (Doorenbos and Pruitt,

1975). Nilai Etc dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Etc = Kc \cdot Eto$$

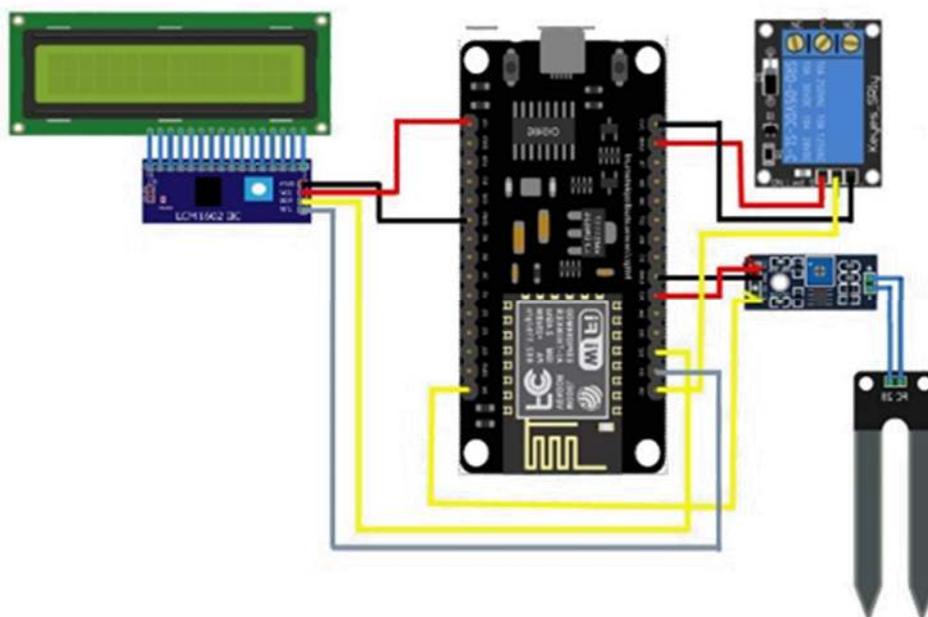
dimana: Etc = evapotranspirasi tanaman (mm/hari), kc = koefisien tanaman, dan Eto = evapotranspirasi referensi (mm/hari). Nilai kc tanaman selada terdiri atas : stadia awal = 0,70; pertengahan = 1,00; dan stadia akhir = 0,95 (Allen *et al.*, 1998).

Besarnya kapasitas kadar air kapasitas lapang akan disesuaikan dengan jenis Inceptisol dan Vertisol

setelah diperoleh data kebutuhan air tanaman selada dengan bantuan aplikasi Cropwat 8.0. Hal ini terjadi setelah data kebutuhan air selada diperoleh.

Desain perangkat keras

Kabel jumper digunakan dalam proses menyusun modul dan komponen elektronik di papan proyek. Tata letak rangkaian disajikan pada Gambar 2. Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah komponen-komponen tersebut disatukan adalah pembuatan perangkat lunak yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler.



Gambar 2. Desain *microcontroller*.

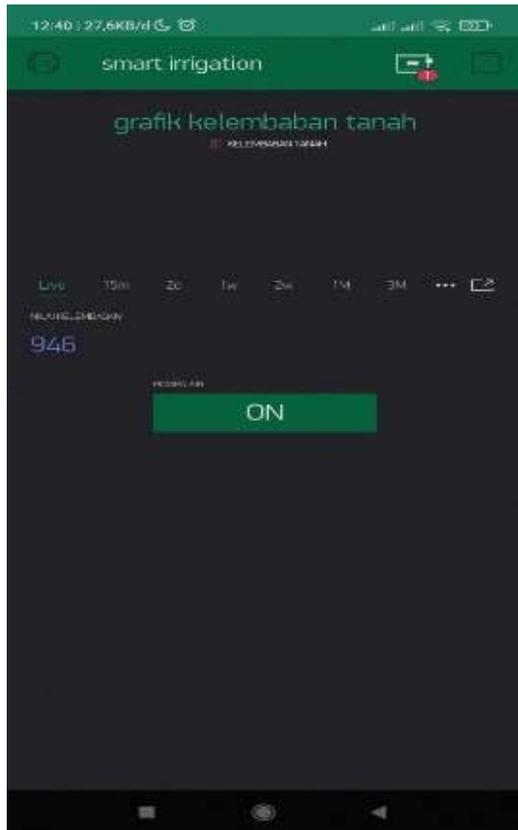
Desain perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak untuk pembuatan sistem pembacaan kadar air Vertisol dan Inceptisol pada tanaman selada dengan memanfaatkan antarmuka aplikasi Blynk pada mikrokontroler NodeMCU8266 sebagai komponen sentral sistem. Dalam penelitian ini, soil moisture sensor digunakan untuk mengukur kelembaban Vertisol dan Inceptisol. Setelah diteruskan ke mikrokontroler dari output sensor pengukuran kelembaban tanah atau output nilai data analog, data tersebut kemudian akan dikirimkan ke smartphone yang telah memuat aplikasi *Blynk* (Gambar 3). Grafik data kelembaban tanah, data analog kelembaban tanah, dan *relay controller* untuk sistem ON/OFF pompa air dapat dilihat pada menu yang disajikan

pada aplikasi Blynk. Setelah mengumpulkan semua perangkat lunak dan perangkat keras yang diperlukan, langkah berikutnya adalah mengintegrasikan dan mengkalibrasi komponen untuk menentukan apakah mereka dapat berfungsi sebagaimana dimaksud atau tidak.

Pengujian mikrokontroler dan aplikasi Blynk

Nilai pembacaan data analog pada Vertisol dan inceptisol diuji dengan mengukurnya dengan memasukkan probe sensor kelembaban tanah ke dalam dua jenis sampel tanah yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasilnya akurat. Banyak fase pengujian dilakukan oleh peralatan secara keseluruhan, memberikan ilustrasi mekanisme operasional peralatan (Gambar 4).



Gambar 3. Menu aplikasi Blynk.

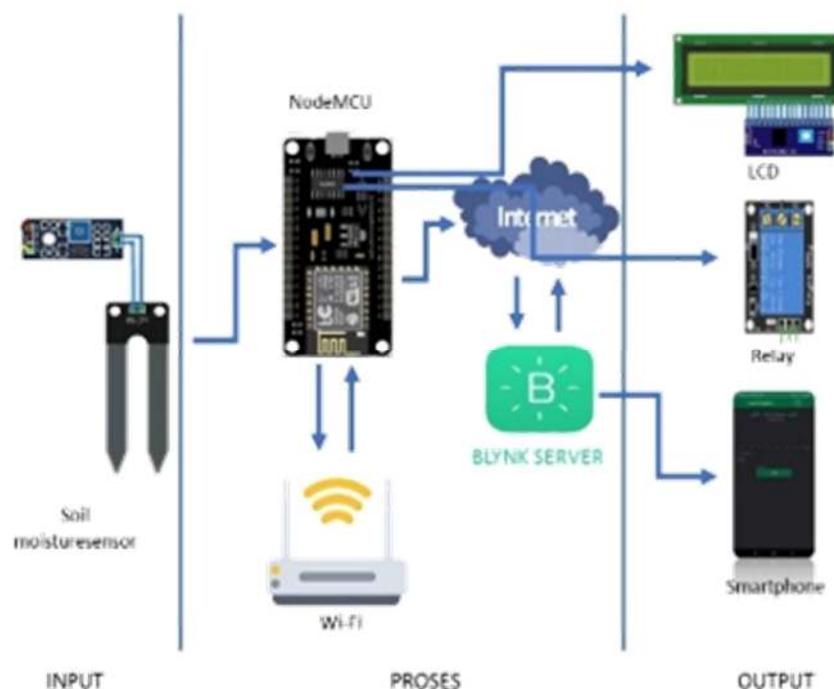
Pengoperasian perangkat ini dapat dipecah menjadi tiga fase berbeda: fase input, fase pemrosesan, dan fase output. Setiap komponen bertanggung jawab atas fungsi tertentu yang penting bagi keberhasilan sistem secara keseluruhan. Data analog yang mewakili nilai kelembaban Vertisol dan Inceptisol akan dibaca oleh bagian input, kemudian NodeMCU yang terhubung dengan jaringan Wi-Fi akan mengolah data tersebut, dan terakhir bagian output akan merespon dan menampilkan nilai kelembaban tanah menggunakan aplikasi Blynk.

Parameter yang diamati

1. Kadar air tanah kapasitas lapang. Kadar air ini dianalisis di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo yang akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan proporsi air pada masing-masing sampel Vertisol dan Inceptisol.
2. Kadar air kapasitas lapang yang terdeteksi oleh sensor pada Vertisol dan Inceptisol. Kadar air ini diperoleh dari nilai pembacaan data analog kelembaban tanah pada aplikasi Blynk.

Analisis data

Penentuan evapotranspirasi potensial (Eto) dengan aplikasi Cropwat 8.0 berdasarkan metode Penman Monteith.



Gambar 4. Mekanisme kerja mikrokontroler.

Analisis kadar air tanah kapasitas lapang gravimetrik dengan rumus:

$$\text{KAKL (\% berat)} = \frac{\text{BTA} - \text{BTKO}}{\text{BTA}} 100\%$$

$$\text{KAKL(\%berat)} = \frac{\text{berat tanah awal}-\text{berat tanah kering oven}}{\text{berat tanah awal}} 100\%$$

dimana: KAKL = Kadar air kapasitas lapang, BTA = berat tanah kering awal, BTKO = berat tanah kering oven.

Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan air tanaman selada

Hasil analisis evapotranspirasi referensi (Eto) menunjukkan bahwa bulan September dan Oktober mencapai nilai Eto tertinggi sebesar 3,70 mm/hari, sementara nilai Eto terendah pada bulan Juni yang hanya sebesar 3,11 mm/hari (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil evapotranspirasi (Eto) dengan Cropwat 8.0.

Bulan	Radiasi Matahari (MJ/m ² /hari)	Eto (mm/hari)
Januari	16,20	3,37
Februari	17,90	3,68
Maret	17,80	3,70
April	17,50	3,68
Mei	16,60	3,50
Juni	14,90	3,11
Juli	15,40	3,18
Agustus	17,00	3,50
September	18,00	3,73
Oktober	17,80	3,73
November	16,80	3,55
Desember	16,30	3,43
Rataan	16,80	3,51

Rad = radiasi, Eto = evapotranspirasi potensial.

Tabel 2. Evapotranspirasi (Etc) tanaman selada.

Stadia	kc*	Eto (mm/hari)	Etc (mm/hari)
Awal	0,70	3,73	2,45
Pertengahan	1,00	3,73	3,73
Akhir	0,95	3,73	3,54
Total		11,19	9,72

*Allen *et al.* (1998), kc = koefisien tanaman, Eto = evapotranspirasi referensi, Etc = evapotranspirasi tanaman.

Kadar air kapasitas lapangan

Hasil pengukuran kadar air kapasitas lapangan (KAKL) Vertisol menunjukkan bahwa rata-rata

Rata-rata nilai Eto sebesar 3,51 mm/hari. Nilai Eto ini tidak jauh berbeda dengan laporan Silva *et al.* (2018) bahwa rata-rata nilai Eto tanaman selada sebesar 3,46 mm/hari. Menurut Yustiana dan Sitohang (2019), jenis tanaman, kondisi lahan, letak geografis, dan cuaca menjadi penyebab terjadinya Eto. Berdasarkan hasil perhitungan nilai Eto menggunakan Aplikasi cropwat 8.0 menunjukkan bahwa rata-rata intensitas radiasi sebesar 16,80 MJ/m²/hari, dimana radiasi tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 18,0 MJ/m²/hari yang diikuti oleh tingginya Eto sebesar 3,73 mm/hari dan radiasi terendah pada bulan Juni sebesar 14,9 MJ/m²/hari dengan Eto hanya sebesar 3,11 mm/hari. Tampaknya, semakin tinggi nilai radiasi selaras dengan tingginya nilai evapotranspirasi. Hal ini sejalan dengan laporan Susanawati dan Suharto (2018) bahwa semakin tinggi temperatur udara dan lama penyinaran, nilai evapotranspirasi (Eto) juga semakin tinggi. Tanaman akan tumbuh optimal jika evapotranspirasi terpenuhi dan tidak ada gangguan faktor lainnya (Sapei and Fauzan, 2012).

Evapotranspirasi tanaman

Hasil perhitungan nilai evapotranspirasi (Etc) tanaman selada bulan September pada stadia awal sebesar 2,45 mm/hari, stadia pertengahan sebesar 3,73 mm/hari, sedangkan stadia akhir sebesar 3,54 mm/hari (Tabel 2). Capaian nilai Etc ini relatif sejalan dengan laporan Silva *et al.* (2018) bahwa nilai Etc tanaman selada varitas Looseleaf pada musim dingin sebesar 2,74 mm/hari, sementara pada musim panas sebesar 4,55 mm/hari, sedangkan pada musim gugur sebesar 3,07 mm/hari. Pada varitas Curly, nilai Etc musim dingin sebesar 2,67 mm/hari, musim panas sebesar 4,53 mm/hari dan musim gugur sebesar 3,10 mm/hari. Pada varitas Red, nilai Etc musim dingin sebesar 2,69 mm/hari, musim panas sebesar 4,78 mm/hari dan musim gugur sebesar 3,05 mm/hari.

kemampuan tanah mengikat air mencapai 27,66% (Tabel 3), sedangkan Inceptisol lebih rendah yang hanya sebesar 27,15%. Hal ini karena Vertisol

mengandung debu dan liat yang lebih tinggi dibanding Inceptisol. Menurut Nursyamsi and Suprihati (2005) menyatakan bahwa tekstur Vertisol mengandung fraksi liat bisa mencapai 77%, sedangkan Inceptisol hanya sebesar 76%. Variasi kadar liat pada Vertisol berkisar antara 35-68% (Nurdin, 2011) dan 23-66% pada Inceptisol (Nurdin *et al.*, 2021), sehingga Vertisol mengikat air lebih banyak dari Inceptisol.

Tabel 3. Kadar air kapasitas lapangan.

No	Kadar Air Kapasitas Lapangan (%)	
	Vertisol	Inceptisol
1	27,71	28,69
2	27,90	27,35
3	27,82	26,16
4	27,93	26,40
5	27,53	27,79
6	27,10	26,49
Rataan	27,66	27,15

Tabel 4. Kelembaban tanah menggunakan microcontroller.

No	KAKL (ADC)		TL (ADC)	
	Status relay off		Status relay on	
	Vertisol	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol
1	307	345	531	577
2	322	343	545	587
3	317	349	537	568
4	321	331	536	576
5	322	346	528	564
6	327	345	525	574
Rataan	319	343	534	574

KAKL: Kadar Air Kapasitas Lapangan Vertisol 31% dan Inceptisol 33%, TL : Tanah lembab Vertisol 52% dan Inceptisol 56% , ADC: *Analog Digital Converter*.

Kesimpulan

Kebutuhan air tanaman selada (*Lactuca Sativa* L.) pada Inceptisol dan Vertisol berbasis *Internet of Things* (IoT) pada bulan September mencapai total 9,72 mm/hari. Efisiensi kinerja perangkat untuk Vertisol pada kadar air kapasitas lapangan menghasilkan nilai kelembaban data analog sebesar 319 *Analog Digital Converter* (ADC) dan tanah dalam keadaan kering mencapai 534 ADC. Nilai data analog kadar air kapasitas lapangan Inceptisol sebesar 343 ADC dan tanah dalam keadaan kering sebesar 574 ADC.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dihaturkan kepada Bapak Abdul Gani K. Baderan di Desa Sidomukti Kecamatan

Kinerja microcontroller

Efisiensi kinerja microcontroller dilakukan guna mengetahui berapa nilai data analog pada tanah Vertisol dan Inceptisol yang ditampilkan pada aplikasi Blynk. Hal ini untuk melihat kondisi tanah memenuhi kadar air kapasitas lapang dan tanah dalam keadaan lembab. Hasil bacaan data analog pada aplikasi blynk menunjukkan bahwa rata-rata KAKL pada Vertisol menunjukkan nilai 319 *Analog Digital Converter* (ADC) dan tanah dalam keadaan lembab mencapai 534 ADC (Tabel 5). Sementara itu, nilai data analog KAKL pada Inceptisol mencapai 343 ADC dan tanah dalam keadaan lembab sebesar 574 ADC. Husdi (2018) menyatakan bahwa keadaan tanah pada saat kondisi lembab sekitar 360-400 ADC dan keadaan kering 520-550 ADC. Hal ini disebabkan Vertisol memiliki nilai kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan Inceptisol karena Vertisol memiliki tekstur liat dan debu lebih tinggi dari Inceptisol.

Mootilango yang telah memberikan izin untuk pengambilan sampel Inceptisol dan Vertisol pada lahan miliknya.

Daftar Pustaka

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. 56: 1-174. <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>.
- Arifin, M., Putri, N., Sandrawati, A. dan Harryanto, R. 2018. Pengaruh posisi lereng terhadap sifat fisika dan kimia tanah pada Inceptisols di Jatimangor. *Soilrens* 16(2): 37-44.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1975. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper* 24:1-179. doi:10.1016/B0-12-348530-4/00255-1.

- Husdi. 2018. Monitoring kelembaban tanah pertanian menggunakan soil moisture sensor FC-28 dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah* 10(2):237-243. doi: 10.33096/ilkom.v10i2.315.237-243.
- Kurnia, E., Agus, F., Adimiharja, A. dan Dariah, A. 2006. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian RI, Bogor.
- Kurniawan, B.A., Ariffin, S. dan Fajriani. 2014. Pengaruh jumlah pemberian air terhadap respon pertumbuhan dan hasil tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). *Jurnal. Produksi Tanaman* 2(1):59-64.
- Nazaruddin. 2003. *Budidaya dan Pengantar Panen Sayuran Dataran Rendah*. Cet. 7. Penebar swadaya, Jakarta.
- Nurdin, M.L. Rayes, Soemarno, Sudarto, E. Listyarini, E., Agustina, C., Rahman, R., Rauf, A., Husain, J. and Nurdin, N. 2021. Soils in the Bulia micro watershed of Gorontalo province, Indonesia, and their quality assessment. *Dokuchaev Soil Bulletin* 108:104-136. doi:10.19047/0136-1694-2021-108-104-136.
- Nurdin. 2011. Development and rainfed paddy soils potency derived from lacustrine material in Paguyaman, Gorontalo. *Journal Tropical Soils* 16(3):267-278, doi:10.5400/jts.2011.16.3.267.
- Nursyamsi, D. dan Suprihati. 2005. Sifat kimia dan mineralogi tanah serta kaitannya dengan kebutuhan pupuk untuk padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), dan kedelai (*Glycine max*). *Buletin Agronomi* 33(3):40-47.
- Prastowo, D.R., Manik, T.K. dan Rosadi, R.A.B. 2016. Penggunaan model Cropwat untuk menduga evapotranspirasi standar dan penyusunan neraca air tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di dua lokasi berbeda. *Jurnal Teknologi Pertanian* 5(1):1-12.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, Junaedi, A.S., Gunawan, B., Junairiah, Firdiyanto, R. dan Arsi. 2021. *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis, Medan.
- Sapei, A. dan Fauzan, M. 2012. Lapisan kedap buatan untuk memperkecil perkolasi lahan sawah tadah hujan dalam mendukung irigasi hemat air. *Jurnal Irigasi* 7(1):52. doi:10.31028/ji.v7.i1.52-58.
- Silva, V.D.P.R., Tavares, A., De Sousa, I.F., da Silva, T.G.F., de Holanda, R.M., Souza, E., Silva, B.B., Braga, C.C. and Almeida, R. 2018. Evapotranspiration, water use efficiency and crop coefficient of three lettuce varieties grown in a tropical region. *Revista Ciências Agrárias* 41(3):798-805, doi:10.19084/rca18042.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. *Soil Conservation Service-NRCS/USDA* 12: 360. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf.
- Susanawati, L.D. dan Suharto, B. 2018. Kebutuhan air tanaman untuk penjadwalan irigasi pada tanaman jeruk keprok 55 di Desa Selorejo menggunakan Cropwat 8.0. *Jurnal Irigasi* 12(2):109-118, doi:10.31028/JI.V12.I2.109-118.
- Yustiana, F. dan Sitohang, G.A. 2019. Perhitungan evapotranspirasi acuan untuk irigasi di Indonesia. *Reka Racana Jurnal Teknik Sipil* 5(2):39-49, doi:10.26760/rekaracana.v5i2.39.
- Zuhaida, A. 2018. Deskripsi saintifik pengaruh tanah pada pertumbuhan tanaman: studi terhadap QS. *Al A'raf Ayat 58. Thabica: Journal of Natural Science Teaching* 1(2):61-69, doi:10.21043/thabica.v1i2.4055.