

Desain *Smart Nutrition Monitoring System* Teknik Budidaya Hidroponik Kangkung Berbasis *Internet of Things*

Danang Kumara Hadi^{1*}, Darma Arif Wicaksono¹, Rendy Anggriawan¹, Asih Imer Rita¹, Ahmad Zulfan¹

¹Universitas Muhammadiyah Jember
e-mail Corespondensi: danangkumara@unmuhjember.ac.id*

ABSTRAK

Kangkung (*Ipomea aquatica*) adalah salah satu sayuran bergizi tinggi yang mudah ditanam dan dapat dibudidayakan dengan teknik budidaya hidroponik. Sayuran kangkung dengan teknik hidroponik memerlukan nutrisi yang berbeda tiap periode penanaman. *Smart Nutrition Monitoring System berbasis Internet of Things (IoT)* dapat memberikan kemudahan dalam pemantauan hidroponik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem IoT aplikasi *smartphone Blynk* sebagai pemantauan adalah *smart sensor Total Dissolved Solid (TDS)* untuk nutrisi, sensor DHT11 untuk kontrol lingkungan suhu dan kelembaban. Sistem tersebut terintegrasi dengan bahasa pemrograman arduino melalui mikrokontroler ESP 8266. Sensor yang akan dipasang dikalibrasi dahulu untuk memastikan tingkat akurasi sensor adalah akurat. Dari hasil kalibrasi sensor TDS dan DHT11 rata-rata tingkat akurasi sebesar 99%. Setelah penyemaian bibit kangkung dan pemindahan pada instalasi hidroponik, pemasangan dan pengujian sensor dilakukan selama tiga minggu dengan nutrisi berbeda setiap minggunya yaitu 600 ppm, 700 ppm, dan 1.000 ppm. Data Pengujian Sensor dan IoT Rata-rata Minggu standar kesalahan (SE) masing – masing 0.0011; 0.0020; 0.0008 lebih kecil dari standar deviasi, pengukuran yang dilakukan sudah akurat dan valid. Kontrol nutrisi dan lingkungan dengan pemberian pompa nutrisi apabila ppm melebihi dari standar dan sprinkle air akan hidup jika suhu >32 °C. Pertumbuhan tanaman dan daun menunjukkan pertumbuhan yang normal secara visual dengan bobot rata-rata sebesar 70 gr/ netpot hal tersebut berarti kandungan nutrisi selama penanaman terserap dengan optimal sesuai dengan yang diprogramkan oleh sistem.

Kata kunci: Hidroponik; Internet of Things; Kangkung; Sensor; *Monitoring*; *Total Dissolved Solid*

ABSTRACT

Water spinach (Ipomea aquatica) is one of the highly nutritious vegetables that is easy to grow and can be cultivated using hydroponic cultivation techniques. Water spinach with hydroponic techniques require different nutrients for each planting period. The Internet of Things (IoT)-based Smart Nutrition Monitoring System can provide convenience in hydroponic monitoring. The method used in this study, namely the IoT system for the Blynk smartphone application as monitoring, is a Total Dissolved Solid (TDS) smart sensor for nutrition, a DHT11 sensor for environmental control of temperature and humidity. The system is integrated with the Arduino programming language through the ESP 8266 microcontroller. The sensors to be installed are calibrated first to ensure the accuracy of the sensor is accurate. From the results of the calibration of the TDS and DHT11 sensors, the average accuracy rate is 99%. After seeding the Water spinach seeds and transferring them to a hydroponic installation, the installation and testing of sensors was carried out for three weeks with different nutrients each week, namely 600 ppm, 700 ppm, and 1,000 ppm. Sensor and IoT Test Data Average Week standard error (SE) 0.0011 each; 0.0020; 0.0008 is smaller than the standard deviation, the measurements made are accurate and valid. Nutritional and environmental control by providing a nutrient pump if the ppm exceeds the standard and the water sprinkler will turn on if the temperature is >32 °C. Plant and leaf growth showed visually normal growth with an average weight of 70 g/netpot, this means that the nutrient content during planting was optimally absorbed as programmed by the system.

Keywords: Hydroponics; Internet of Things; Water spinach; Sensors; *Monitoring*; *Total Dissolved Solid*

PENDAHULUAN

Kangkung (*Ipomea aquatica*) adalah salah satu sayuran berdaun bernilai gizi yang tinggi, yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Budidaya sistem hidroponik dapat meningkatkan produktivitas kangkung secara signifikan sehingga masyarakat dapat memaksimalkan untuk kebutuhan (Hidayati et al., 2017). pH dan kebutuhan nutrisi kangkung adalah 5,5 – 6,5 dan 1050 ppm – 1400 ppm (Azzamy, 2015). Keuntungan dari hidroponik adalah tidak memerlukan tanah, konsumsi air lebih rendah, tidak ada pencemaran akibat pemakaian pupuk, stabil dan hasil tinggi, hama dan penyakit lebih sedikit, kegiatan panen lebih mudah, dan tanaman tumbuh dengan cara yang lebih sehat (Bunga, 2020). Teknik tersebut meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, jumlah produksi dalam satuan luas lahan yang lebih besar, dan penanaman tidak tergantung musim (Resh, 2013). Dalam prakteknya saat ini, kuantitas nutrisi, pH, dan air lebih mudah diotomatisasi dan dikontrol melalui sistem *Internet of Things* (IoT) (Deden, 2018).

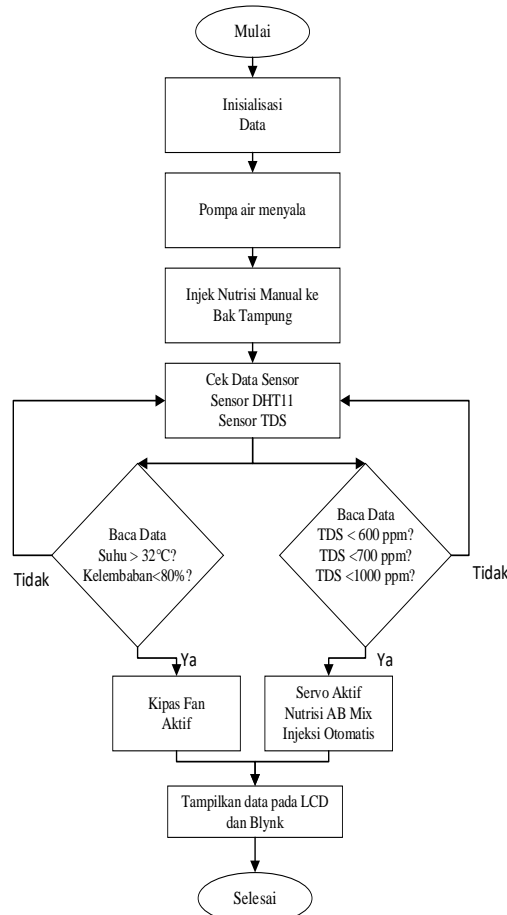
Sistem IoT dalam pertanian menyediakan media yang diperlukan untuk menghubungkan sensor, pemrosesan *big data*, dan alat pendukung pembuat keputusan yang berbasis kecerdasan buatan, serta alat implementasi otomatis untuk produksi pertanian (Harsanto, 2020). Sistem IoT dapat mengintegrasikan berbagai system penginderaan untuk ketepatan pengukuran dari variasi temporal dan secara khusus terhadap kondisi tanah dan tanaman. Penerapan IoT dan teknologi pintar (*smart agriculture*) dapat membantu petani dalam kegiatan monitoring, membuat keputusan, dan pada akhirnya mencapai target produksi yang lebih efisien (Friha et al., 2021). Berbagai sensor dan jaringan data komunikasi akan memainkan peran penting dalam praktik *smart agriculture* (He et al., 2021).

Penggunaan perangkat elektronik dan transmisi data telah membawa perubahan yang revolusioner dalam bidang pertanian khususnya terhadap pemantauan penggunaan water level dan *Total Dissolved Solid* (TDS) serta kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan nutrisi (Kurniawan & Lestari, 2020). *Smart Nutrition Monitoring System Hidroponik* kangkung memberikan keunggulan dalam memantau dan mengatur kebutuhan nutrisi hidroponik kangkung secara *realtime* dan mengurangi kerusakan sayur kangkung tanpa zat pestisida. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *Smart Nutrition Monitoring System* melalui pengendalian nutrisi tanaman dan kontrol kondisi lingkungan hidroponik secara penginderaan jarak jauh berbasis IoT.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Pada bagian ini, penulis menguraikan alat dan bahan, sistematika, serta skenario penelitian yang dilakukan yang digambarkan dalam diagram alir sistem pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Sistem

Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. NodeMCU ESP 8266
2. Sensor DHT11
3. Sensor TDS
4. Motor DC
5. LCD
6. Handphone
7. Power Suply 12 V 10 A.

Penelitian yang dilakukan memiliki skenario seperti berikut:

1. Penyemaian benih tanaman kangkung dilakukan 7 hari sebelum sistem monitoring dilakukan
2. Inisialisasi data baik pembacaan maupun kalibrasi data sensor dilakukan sebelum sistem digunakan
3. Penggunaan sistem monitoring dalam membantu petani dalam budidaya tanaman kangkung dengan bantuan IoT.

Skema Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 1, penelitian dimulai dari penyalan pompa air untuk mengisi media tanam dan bak penampung air diinjeksikan nutrisi secara manual dengan nilai TDS yang ditentukan. Kemudian sistem akan mulai bekerja untuk mengontrol dan memonitoring tanaman hingga usia panen. Dalam pelaksanaannya, sensor suhu dan kelembaban DHT11 bekerja untuk menstabilkan suhu di lokasi penelitian agar pertumbuhan tanaman baik, dengan nilai *setpoint* suhu 32° C yaitu ketika suhu lebih dari nilai yang ditentukan, maka sistem akan memerintahkan *relay* untuk bekerja menyalakan pompa air yang disemprotkan dalam bentuk *sprayer* pada lokasi tanam. Di sisi lain untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, sensor TDS digunakan untuk mengukur

nilai nutrisi dari bak penampung air. *Setpoint* nutrisi dibagi menjadi 3 tahap sesuai dengan lama waktu tanam, 600 ppm untuk satu minggu pertama, 700 ppm untuk minggu ke-dua dan ke-tiga dan 1.000 ppm untuk minggu ke-empat. Jika nilai nutrisi pada bak penampung kurang dari yang diatur, maka sistem akan memerintahkan *relay* untuk aktif dan menyalakan motor DC dan menginjeksikan nutrisi secara otomatis kedalam bak penampung air hingga nilai *setpoint* yang ditentukan. *Range* nilai nutrisi yang diberikan pada tanaman dipertimbangkan sesuai dengan usia tanaman, misalnya nilai 600 ppm pada usia satu minggu pertama agar tanaman tidak over nutrisi yang menyebabkan tanaman tersebut mati (Mulasari, 2019). Data yang dibaca oleh semua sensor akan ditampilkan pada LCD dan *handphone* via aplikasi *Blynk* pengguna menggunakan teknologi IoT. Dengan adanya kontrol otomatis dan monitoring tanaman secara jarak jauh menggunakan IoT, hal ini akan memudahkan petani dalam budidaya tanaman kangkung.

Uji Kalibrasi Sensor

Pengujian sensor dilakukan pada *software* Arduino untuk memastikan kestabilan sensor TDS, suhu dan kelembaban sedangkan pengujian untuk mendeteksi kesalahan dan untuk memastikan masukan sistem dibatasi pada kondisi tertentu untuk memberikan hasil yang nyata dan dapat digunakan untuk penelitian (Kelly et al., 2009). Sensor TDS mendeteksi dan mengukur total larutan yang terdapat nutrisi terlarut dalam air yang terhubung ke program Arduino melalui ESP 8266. Langkah-langkah untuk menguji sensor TDS, suhu dan kelembaban kemudian membandingkannya dengan TDS meter digital dan termometer digital sebagai standar referensi dengan interval pencatatan 5%. Tingkat kesalahan atau kesalahan relatif dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Error = \frac{Aktual - Terbaca}{Aktual} \times 100\%$$

Akurasi dan Validasi Sistem

Pengukuran akurasi dan validasi sistem dihitung berdasarkan pembacaan sensor arduino pada monitor sistem dan pada aplikasi *Blynk*. Data TDS merupakan kenaikan nilai resistansi yang berbanding lurus dengan naiknya *setpoint*. Nilai akurasi pengujian sensor suhu diukur menggunakan rumus standar deviasi standar deviasi dan nilai rata-rata jumlah data yang dihasilkan oleh sensor.

Standar *error* dihitung dari penghitungan varian dan standar deviasi dengan persamaan berikut.

$$Var = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \dots\dots\dots (1)$$

Standar deviasi dihitung dari akar dari nilai varian yang sudah ditentukan pada persamaan

$$SD = \sqrt{Var} \dots\dots\dots (2)$$

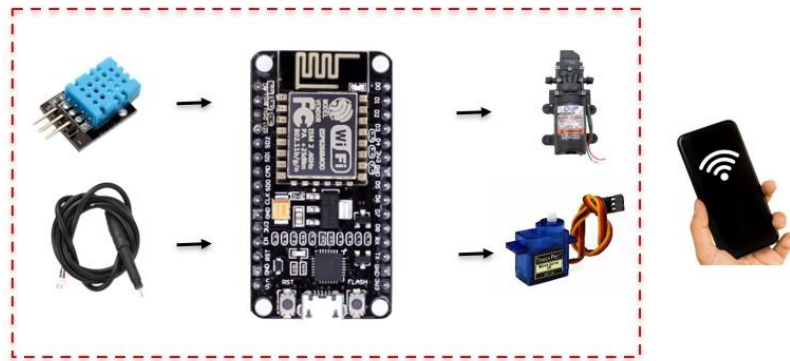
Nilai standar *error* dihitung dari nilai standar deviasi dibagi akar jumlah data.

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3)$$

(Priowuntato et al., 2015)

Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 2 berikut merupakan diagram blok sistem penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian yang dilakukan terdapat dua buah sensor yaitu DHT11 untuk suhu dan TDS sensor untuk alat ukur TDS atau nutrisi tanaman. Cara kerja diagram alir sesuai dengan scenario yang telah dijelaskan dimana sensor tersebut akan mengirimkan data ke nodemcu dan akan memerintahkan motor servo DC untuk mengatur kuantitas nutrisi sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan, dan juga pompa DC untuk mengatur suhu dengan menyemprotkan air pada sekitar ruangan greenhouse untuk menurunkan suhu jika terlalu panas. Kedua data sensor dapat dimonitor langsung secara jarak jauh menggunakan *smartphone* sehingga *user* akan lebih mudah dalam melihat perkembangan tanaman.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

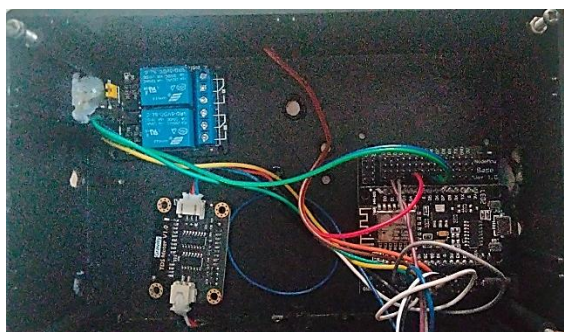
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Implementasi keseluruhan sistem dilakukan setelah semua perangkat lunak dan perangkat keras terpasang sesuai dengan rancangan. Parameter yang diukur adalah nutrisi larutan air hidroponik menggunakan sensor sensor total padatan terlarut (TDS), suhu dan kelembaban. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler Arduino dan ESP 8266, yang memberikan informasi ke aplikasi *Blynk* melalui wifi internet. Mikrokontroler menggunakan pompa otomatis melalui servo motor untuk memompa air dan nutrisi secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor. Sistem on/off pompa air dan *sprinkle* dapat dikontrol dengan perintah on/off melalui aplikasi *Blynk* berdasarkan informasi nilai sensor suhu dan kelembaban yang terdapat pada menu *dashboard Blynk*. Data kontrol pompa dan *sprinkle* dapat dilihat pada Tabel 2 dengan indikator pompa menyala pada ppm nutrisi melebihi standar yang ditentukan selama budidaya dan *sprinkle* akan menyala apabila suhu $>32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Data informasi pengukuran sensor juga dapat ditampilkan di LCD, dan *dashboard Blynk* untuk memastikan tingkat kompatibilitas dengan pengukuran manual. Implementasi sistem dan pembacaan data dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. Variabel Pengukuran *Smart Nutrition Monitoring System Hidroponik* kangkung

No	Variabel	Pengukur	Satuan
1	Total Dissolved Solid (TDS)	TDS Meter	ppm
2	Suhu	Termometer	$^{\circ}\text{C}$
3	Kelembaban	Rh Meter	%
4	Tinggi tanaman	Penggaris	Cm
5	Jumlah daun	Alat hitung	lembar



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Implementasi perangkat sistem dan pembacaan data
(a). Perancangan komponen sistem
(b). Pengukuran *Total Dissolved Solid*
(c). Data yang ditampilkan monitor sistem

Tabel 2. Data kontrol pompa dan *sprinkle*

Temperatur (°C)	RH (%)	ppm Setpoint	ppm sensor	Pompa DHT11	Pompa Nutrisi
33	68	600	710.61	ON	ON
33	47	600	700.45	ON	ON
33	47	600	700.41	ON	ON
33	67	700	810.45	ON	ON
26	74	1000	1110.39	OFF	ON
25	77	1000	1120.73	OFF	ON

Internet of Think berbasis Blynk

Input dari pemrograman sistem menggunakan bahasa pemrograman Arduino pada ESP8266. Sistem penyimpanan data dengan memasukkan nama pengguna dan kata sandi untuk menerima jaringan data yang terhubung ke internet pada modul IoT ESP 8266 dan ditampilkan ke *Blynk*.



Gambar 4. Tampilan *dashboard Blynk*

Kalibrasi Sensor

Pengujian sensor TDS, suhu dan kelembaban dilakukan sebanyak tiga kali ulangan menggunakan air, ditambah 500 ppm dan 700 ppm nutrisi. Data yang ditampilkan adalah rentang nilai dari sensor TDS, suhu dan kelembaban hingga tampilan standar didapatkan akurasi rata – rata sensor TDS, suhu dan kelembaban sebesar 99%. Hasil dari pengukuran tiga pengulangan menunjukkan pengujian tersebut didapatkan *error data* < 10% baik pada pengujian 1, 2 dan 3. Seluruh pengukuran dengan menggunakan sensor TDS dan DHT11 yang sudah diukur berupa data *error* relatif di atas 10% diperlukan kalibrasi ulang (Saptadi et al., 2017). Data statistik nilai dari perhitungan sensor rata-rata prosentase dan tiga kali pengulangan pengujian nutrisi, suhu dan kelembaban, error yang dihasilkan untuk validasi sebesar 0,12%. Data uji akurasi sensor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Kalibrasi Sensor

TDS Meter (ppm)	Sensor TDS (ppm)	Akurasi sensor TDS	Termometer	DHT11 Suhu	Akurasi Sensor Suhu	RH Meter	DHT11 RH	Akurasi Sensor RH
232	230.28	99.97%	29°C	28.70	99.98%	66.20%	67%	99.98%
551	550.21	99.94%	29 °C	28.90	99.99%	66.70%	67%	99.99%
760	758.22	99.95%	29 °C	28.80	99.98%	66.50%	67%	99.98%

Pengujian Sistem

Sistem dipasang pada instalasi hidroponik kangkung dengan pengukuran total larutan nutrisi yang dilarutkan dalam air, suhu dan kelembaban lingkungan hidroponik, selain pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan perangkat sensor dan secara IoT untuk dapat memantau data jarak jauh secara *realtime* (Hadi et al., 2019). Proses pengujian nutrisi di bak penampung dilakukan dengan membandingkan data sensor TDS, sensor suhu dan kelembaban dengan data monitor LCD dan *Blynk*, sensor TDS dicelupkan ke dalam air dalam bak penampung.

Pertama diawali dengan menyemaikan benih kangkung selama 7 hari sebelum dipindah pada instalasi hidroponik. Setelah benih kangkung dipindahkan pada instalasi hidroponik, air dalam bak penampung diberikan nutrisi AB Mix yang berbeda ppm tiap minggunya sesuai kebutuhan. Validasi data pengujian kestabilan sistem dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Data Pengujian Sensor dan IoT Rata-rata Minggu ke-1 Setpoint ppm 600

Temp Sensor	Temp Blynk	Error	Humidity Sensor	Humidity Blynk	Error	ppm sensor	ppm Blynk	Error
33	33	0.00	77	78	0.021	604.14	607.61	0.006
33	32	0.03	77	78	0.021	605.33	606.11	0.001
33	32	0.03	77	78	0.021	614.42	614.89	0.001
33	32	0.03	77	78	0.021	616.67	616.09	0.001
33	33	0.00	77	78	0.021	633.67	637.61	0.006
33	33	0.00	77	78	0.021	634.12	637.61	0.006
33	32	0.03	77	78	0.021	645.45	647.61	0.003
Mean		0.017	Mean		0.021	Mean		0.003
Std. Dev		0.016	Std. Dev		0	Std. Dev		0.003
Std. Error		0.006	Std. Error		0	Std. Error		0.001

Tabel 5. Data Pengujian Sensor dan IoT Rata-rata Minggu ke-2 Setpoint ppm 700

Temp Sensor	Temp Blynk	Error	Humidity Sensor	Humidity Blynk	Error	ppm sensor	ppm Blynk	Error
32	32	0.00	83	84	0.019	806.36	809.24	0.004
31	32	0.03	83	84	0.000	823.33	831.17	0.010
31	31	0.00	83	84	0.000	842.24	845.52	0.004
31	31	0.00	83	84	0.000	845.76	848.66	0.003
31	31	0.00	83	84	0.000	861.03	864.21	0.004
31	32	0.03	83	84	0.000	865.62	866.42	0.001
31	31	0.00	83	84	0.000	866.82	868.97	0.002
Mean		0.009	Mean		0.003	Mean		0.004
Std. Dev		0.016	Std. Dev		0.007	Std. Dev		0.003
Std. Error		0.006	Std. Error		0.003	Std. Error		0.001

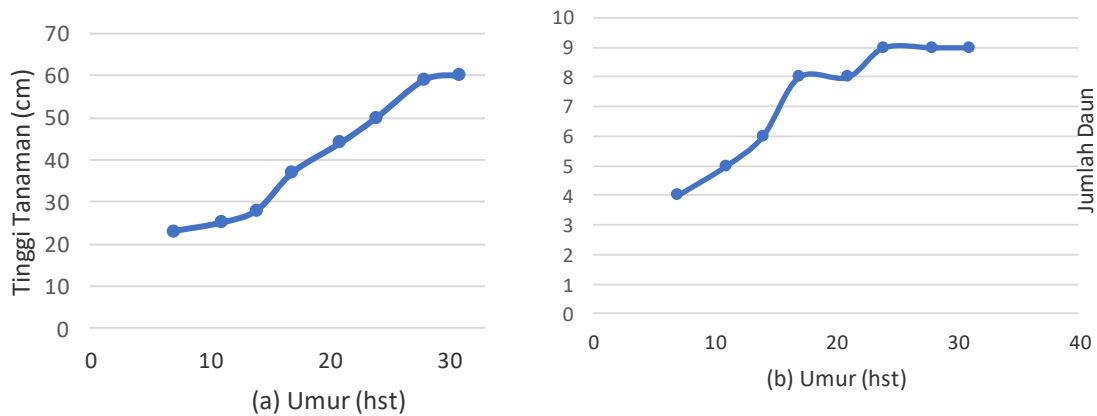
Tabel 6. Data Pengujian Sensor dan IoT Rata-rata Minggu ke-3 Setpoint ppm 1.000

Temp Sensor	Temp Blynk	Error	Humidity Sensor	Humidity Blynk	Error	ppm sensor	ppm Blynk	Error
31	31	0.00	87	88	0.018	1183.98	1185.11	0.001
31	32	0.03	87	88	0.018	1175.30	1178.42	0.003
31	32	0.03	87	88	0.018	1110.39	1114.56	0.004
31	32	0.03	87	88	0.018	1111.98	1114.32	0.002
31	33	0.06	87	88	0.000	1115.88	1116.47	0.001
31	33	0.06	87	88	0.018	1118.30	1120.25	0.002
31	32	0.03	87	88	0.000	1120.73	1123.86	0.003
Mean		0.037	Mean		0.0125	Mean		0.002
Std. Dev		0.022	Std. Dev		0.0086	Std. Dev		0.001
Std. Error		0.008	Std. Error		0.0032	Std. Error		0.0004

Menurut hasil perhitungan kesalahan / standar *error* rata -rata di atas, tes sensor TDS, suhu dan kelembaban, standar kesalahan (SE) masing – masing 0.0011; 0.0020; 0.0008 lebih kecil dari standar deviasi, pengukuran yang dilakukan sudah akurat dan valid. Semakin kecil nilai standar *error*-nya, semakin akurat nilai pengukuran oleh sensor (Listianto et al., 2019).

Pertumbuhan dan Produksi

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman kangkung pada berbagai umur tanaman disajikan pada Gambar 5. Pengamatan pertumbuhan dilakukan pada tinggi dan jumlah daun tanaman. Berdasarkan hasil pengukuran pada parameter tinggi tanaman, pola pertumbuhan tanaman dari umur 7 hari setelah tanam (hst) hingga menjelang masa panen menunjukkan pertumbuhan yang normal. Hal yang sama juga terlihat pada parameter jumlah daun. Pengamatan visual baik pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan tidak adanya tanda-tanda gejala defisiensi maupun toksistas unsur hara. Bobot hasil panen rata-rata sebesar 70 gr/ netpot. Defisiensi hara pada sistem hidroponik akan berpengaruh terhadap utamanya pada pertumbuhan tanaman yang kerdil dan jumlah daun yang lebih sedikit.



Gambar 5. Pertumbuhan tanaman kangkung pada berbagai umur tanaman, a: tinggi tanaman; b: jumlah daun

Sedangkan gejala toksisitas/ kelebihan unsur hara akan berpengaruh terhadap pertumbuhan warna daun yang lebih hijau hingga pucat yang pada akhirnya menyebabkan tanaman menjadi layu. Tidak ditemukannya fenomena tersebut menunjukkan bahwa sensor nutrisi berfungsi dengan optimal, taraf pemberian nutrisi pada instalasi hidroponik telah sesuai dengan yang diprogramkan oleh sistem. Menurut Hasmeda (2021), Berbagai jenis tanaman memiliki persyaratan nutrisional yang berbeda, dan jika mereka diklasifikasikan dengan baik, maka mereka dapat mencapai konsolidasi yang berbeda, tergantung pada fase pertumbuhannya dan lingkungan yang mereka tempati. Selain itu, penting untuk mengamati konsolidasi dan level ppm secara teratur untuk mencegah risiko kekurangan atau berlebihan dari unsur-unsur yang bersifat patogen seperti nitrogen, yang sering kali berada di bawah 100-200 ppm, serta untuk mencegah risiko kekurangan atau berlebihan dari unsur-unsur yang bersifat patogen seperti besi (Fn), yang sering kali berada di bawah 5-20 ppm, dan magnesium, yang sering kali berada di bawah 30-100 ppm.



Gambar 6. Tanaman kangkung pada umur 30 hst

KESIMPULAN

Perancangan *Smart Nutrition Monitoring System* melalui pengendalian nutrisi tanaman hidroponik kangkung secara *remote sensing* berbasis IoT menggunakan sensor TDS dan DHT11 yang terintegrasi melalui mikrokontroler ESP 8266 berbasis IoT aplikasi *Blynk* dapat dipantau secara *realtime*. Pengujian kalibrasi sensor TDS dan DHT11 sebelum digunakan pada instalasi hidroponik didapatkan tingkat akurasi 99%. Penggunaan sensor dalam sistem instalasi hidroponik, standar *error* rata-rata di atas, tes sensor TDS, suhu dan kelembaban rata-rata selama tiga minggu setelah penyemaian, standar kesalahan (SE) masing-masing 0.0011; 0.0020; 0.0008 lebih kecil dari standar deviasi, pengukuran yang dilakukan sudah akurat dan valid. Penggunaan perangkat ini dapat mengontrol unsur nutrisi unsur hara dan lingkungan hidroponik yang dapat mengoptimalkan pertumbuhan daun dan tinggi tanaman.

Rekomendasi penelitian selanjutnya adalah diberikan pompa tambahan pada air pada bak penampung agar menstabilkan kadar ppm sesuai setpoint, selain itu dapat dilakukan pemberian alat pengaduk pada bak penampung agar nutrisi dapat tercampur dengan sempurna dengan air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Jember sebagai pemberi hibah penelitian internal dan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jember sebagai mitra penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzamy. (2015). *Tabel PPM dan pH Nutrisi Sayuran Daun*. Mitalom.Com.
- Bunga, N. I. (2020). Nutrisi Organik Sistem Hidroponik Wick Pada Tanaman Sawi dan Kangkung. *Jurnal Riset Unkrit*.
- Deden, K. (2018). Penerapan Teknologi Internet of Thing (IoT) pada Bisnis Budidaya Tanaman Hidroponik sebagai Langkah Efisiensi Biaya Perawatan. *Prosiding Festival Riset Ilmiah Manajemen & Akuntansi*.
- Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L., & Wang, X. (2021). Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(4), 718–752. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>
- Hadi, D. K., Santoso, P. B., & Sucipto. (2019). Traceability implementation based on RFID at agro-industry: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012070>
- Harsanto, B. (2020). INOVASI INTERNET OF THINGS PADA SEKTOR PERTANIAN: PENDEKATAN ANALISIS SCIENTOMETRICS. *Informatika Pertanian*. <https://doi.org/10.21082/ip.v29n2.2020.p111-122>
- Hasmeda, M., Sari, I. Y., Munandar, M., Ammar, M., & Gustiar, F. (2021, December). Respon Pertumbuhan dan Hasil pada Tanaman Bayam (*Amaranthus sp*) terhadap Biofortifikasi Unsur Hara Kalsium (Ca) dan Besi (Fe) dengan Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique). In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 9, No. 2021, pp. 721-733).
- He, Y., Zhang, Q., & Nie, P. (2021). *Introduction of Agricultural IoT*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65702-4_1
- Hidayati, N., Rosawanti, P., Yusuf, F., & Hanafi, N. (2017). Kajian Penggunaan Nutrisi Anorganik terhadap Pertumbuhan Kangkung (*Ipomoea reptans Poir*) Hidroponik Sistem Wick. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian Dan Kehutanan*. <https://doi.org/10.33084/daun.v4i2.81>
- Kelly, A., Anderson, D., Capstick, E., Herman, H., & Rander, P. (2009). Photogeometric sensing for mobile robot control and visualisation tasks. *Adaptive and Emergent Behaviour and Complex Systems - Proceedings of the 23rd Convention of the Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour, AISB 2009*.
- Kurniawan, A., & Lestari, H. A. (2020). SISTEM KONTROL NUTRISI FLOATING HYDROPONIC SYSTEM KANGKUNG (*Ipomea reptans*) MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS BERBASIS TELEGRAM. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9i4.326-335>
- Listianto, R. D., Sunardi, S., & Puriyanto, R. D. (2019). Monitoring Tegangan Baterai Lithium Polymer pada Robot Sepak Bola Beroda secara Nirkabel. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.12928/biste.v1i1.826>
- Mulasari, S. A. (2019). PENERAPAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA (PENANAM HIDROPONIK MENGGUNAKAN MEDIA TANAM) BAGI MASYARAKAT SOSROWIJAYAN YOGYAKARTA. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*. <https://doi.org/10.12928/jp.v2i3.418>
- Prijowuntato, S. W., Mardapi, D., & Budiyo, B. (2015). PERBANDINGAN ESTIMASI KESALAHAN PENGUKURAN STANDARD SETTING DALAM PENILAIAN

KOMPETENSI AKUNTANSI SMK. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*.
<https://doi.org/10.21831/pep.v19i2.5578>

Resh, H. M. (2013). HYDROPONIC Food Production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener. In *CRC Press*.

Saptadi, A. H., Izzatul Islam, H., Nabilah, N., Sa'id Atsaurry, S., Handy Saputra1, D., Mughni Pradipta, G., Kurniawan, A., Syafutra, H., Informasi, S., Gata, W., Tanjung, R., Elektronika, L., Matematika, F., Alam, P., Pramono, S., Christianti, R. F., Kurnianto, D., Field, N., Field, D. N., ... Nugroho, S. A. (2017). Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Rumah Jamur Tiram Menggunakan Web Berbasis Atmega328. *E-Proceeding of Engineering*.