

**ANALISIS VARIASI KETINGGIAN PENYIRAMAN KABUT
MENGUNAKAN *NOZZLE* TERHADAP PERTUMBUHAN PERSEMAIAN
TANAMAN SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)**

**Analysis of The Variation in Fog Irrigation Height using Nozzles
on The Growth of Gree Mustard Seedlings (*Brassica juncea* L.)**

**Joko Sumarsono, Ida Ayu Widhiantari, Gagassage Nanaluh De Side, Sirajuddin Haji
Abdullah, Asih Priyati, Endang Purnama Dewi*, Wenny Amaliah, Rika Wulandari Pangestuti**
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram
Email: endangpurnamadewi@unram.ac.id

ABSTRAK

Tingkat keberhasilan dalam proses persemaian sering kali terhambat oleh pemberian air yang tidak sesuai, sehingga dapat menyebabkan bibit busuk dan mati. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan sistem penyiraman yang efisien dan memiliki tingkat presisi yang tinggi. Irigasi kabut merupakan salah satu metode yang tepat karena tetesan air berukuran mikro disemprotkan untuk menjaga kelembaban udara dan mengurangi laju transpirasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan aplikasi irigasi kabut dengan mengevaluasi pengaruh variasi ketinggian *nozzle* terhadap pertumbuhan tanaman. Dengan menggunakan metode eksperimental, variasi yang dilakukan meliputi ketinggian *nozzle* dengan variasi (20 cm, 25 cm, dan 30 cm). Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi debit air, tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian penyiraman 25 cm menghasilkan pertumbuhan tanaman yang paling baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyesuaian ketinggian *nozzle* secara spesifik sangat penting untuk meningkatkan efisiensi irigasi kabut dalam proses persemaian.

Kata kunci: irigasi kabut; persemaian; sawi hijau

ABSTRACT

The success rate in the seedling process is ofte hampered by inappropriate watering, which can cause the seedlings to rot and die. To overcome this problem, an efficient watering system with a high degree of precision is required. Mist irrigation is one of the appropriate methods because micro-sized water droplets are sprayed to maintain air humidity and reduce the rate of transpiration. This study aims to optimize the application of mist irrigation by evaluating the effect of *nozzle* height variations on plant growth. Using an experimental method, the variations included *nozzle* heights of 20 cm, 25 cm, and 30 cm. The parameters measured in this study included water discharge, plant height, number of leaves, and leaf area. The results showed that a watering height of 25 cm produced the best plant growth. The results of this study show that specific adjustment of the *nozzle* height is very important for improving the efficiency of mist irrigation in the seedling process.

Keywords: mist irrigation; seedling; green mustard

PENDAHULUAN

Upaya mengairi lahan pertanian telah dilakukan oleh manusia dengan berbagai metode irigasi untuk meningkatkan produksi tanaman, lebih khusus di bidang pertanian. Kebutuhan air irigasi sangat berperan penting karena irigasi yang baik dapat membantu peningkatan produktivitas tamanan di persawahan atau perkebunan (Xu et al., 2019). Kebutuhan air irigasi adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman dengan mempertimbangkan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Jika air kurang atau lebih, tanaman mengalami titik kritis, di mana proses fisiologi dan fotosintesis tanaman menurun, yang pada gilirannya berdampak pada kualitas daun dan produksinya (Koehuan, 2022). Dengan penggunaan metode teknik irigasi yang tepat, Tingkat efisiensi dari penggunaan air yang ada di lahan pertanian dapat dioptimalkan (Abrishambaf et al., 2020). Teknologi irigasi merupakan salah satu komponen krusial terkait tingkat produksi dari hasil pertanian,

yang ditentukan berdasarkan perawatan terhadap tanaman, kondisi tanah, kecukupan air yang diterima tanaman serta iklim (Witman, 2021).

Greenhouse merupakan sebuah bangunan yang dibentuk untuk menghindari dan merawat tanaman terhadap segala macam perubahan cuaca, *greenhouse* juga dikenal oleh masyarakat Indonesia sebagai rumah kaca (Nurjanah, 2020). Dengan adanya *greenhouse* tanaman bisa hidup sepanjang tahun meskipun suhu lingkungan di luar *greenhouse* sangat rendah. Di Indonesia *greenhouse* berfungsi untuk melindungi tanaman dari serangan serangga, curah hujan dan kecepatan angin yang tinggi (Pamugkas, 2021).

Salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai komersial dan prospek yang tinggi yang dapat dikembangkan dalam *greenhouse* adalah tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) (Aniki & Bororing, 2022). Tanaman sawi adalah tanaman yang membutuhkan pemeliharaan yang cukup rumit (Nurpriyanti, 2020). Pada penghujan tanaman sawi tidak bisa tumbuh dengan baik karena terlalu banyak kandungan kadar airnya tetapi pada musim tersebut harga sawi tinggi, sedangkan musim kemarau tanaman sawi dapat tumbuh dengan baik tetapi harganya murah. Padahal, tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai komersial dan prospek yang tinggi. Indonesia memungkinkan dikembangkannya tanaman sayur – sayuran yang banyak bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan manusia. Oleh karena itu, petani membudidayakan tanaman sawi di dalam *greenhouse* agar tanaman sawi tidak terpengaruh cuaca di luar ruangan (Khafi et al., 2019).

Proses pertama dalam melakukan penanaman tanaman sawi di dalam *greenhouse* adalah proses penyemaian. Dalam proses persemaian ini dibutuhkan beberapa tahap dan perawatan hingga akhirnya tanaman siap dipindahkan ke tempat semestinya (Qin & Leskovar, 2020). Namun, tidak jarang pada saat pembibitan menemukan beberapa masalah yang menyebabkan bibit menjadi mati (South et al., 2022). Masalah tidak datang hanya dari tanah, tetapi juga penyiraman, cahaya matahari dan pemupukan (Wang et al., 2022). Pemberian air pada tanaman yang tidak sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan dapat menyebabkan tanaman menjadi busuk dan mati (Freschet et al., 2021). Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai analisis variasi ketinggian menggunakan *nozzle* terhadap pertumbuhan persemaian tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan ketinggian penyiraman terbaik untuk persemaian dengan mempertimbangkan efisiensi penyiraman irigasi kabut yang ditentukan berdasarkan pertumbuhan tanaman.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Konservasi dan Lingkungan Pertanian dan Green House, Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

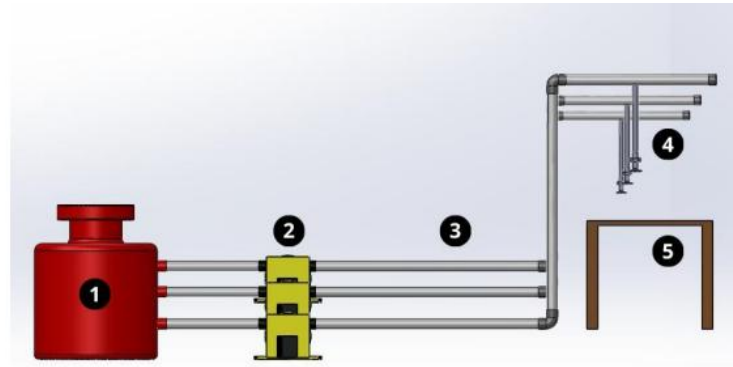
B. Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya yaitu pompa air 12v, *nozzle* ukuran 0,1 mm 3 biji, *tray* semai 3 biji, pipa PVC, bak penampung, meteran, dan *handphone*. Bahan yang digunakan yaitu air, bibit tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.), dan media tanah.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan percobaan dan pengamatan langsung atau eksperimental melalui beberapa tahapan meliputi persiapan, perancangan, pembuatan instalasi, dan pengamatan. Penelitian ini menggunakan tiga *nozzle* dengan perlakuan ketinggian yang berbeda – beda yaitu 20 cm, 25 cm dan 30 cm. Pemberian air atau penyemprotan dilakukan setiap hari. Waktu penyiraman dilakukan pada pukul 07.00 WITA secara bersamaan selama 4 menit sesuai dengan kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman.

- a. Persiapan
Persiapan dimulai dari mengidentifikasi kelengkapan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Perancangan
Tahap perancangan dilakukan dengan mendesain alat variasi ketinggian penyiraman



Gambar 1. Desain Alat Variasi Ketinggian Penyiraman

keterangan:

1. Letak ember penampung air
 2. Letak pompa air 12V
 3. Letak pipa PVC
 4. Letak nozzle kabut dengan berbagai variasi ketinggian
 5. Letak meja dan tray semai
- c. Pembuatan Instalasi
 Proses pembuatan instalasi dimulai dengan memasang rangkaian seperti pemasangan letak ember penampung air, pompa air, sambungan pipa, nozzle dan tray semai pada *greenhouse*
- d. Pengamatan
 Variabel yang diamati dalam studi ini meliputi tingkat aliran air (debit), distribusi spasial air (keseragaman), dan respons pertumbuhan tanaman (pertumbuhan bibit) sawi hijau.

D. Parameter Penelitian

Variabel yang akan diukur secara kuantitatif dalam penelitian ini adalah kebutuhan air tanaman (mm/hari), debit air (L/menit), serta karakteristik pertumbuhan tanaman sawi, yang meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun, dan luas daun (cm²)

a. Kebutuhan air tanaman

Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang digunakan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman (ET_c) agar dapat tumbuh normal. Besarnya ET_c diperoleh dari persamaan 1 (Chaer et al., 2016)

$$ET_c = K_c \times E_{to} \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

E_{to} = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Penelitian ini mengadopsi nilai koefisien tanaman (K_c) sawi dari Simangunsong et al. (2013), yang mengklasifikasikannya ke dalam tiga periode: (1) awal (0–10 hari) dengan K_c 0,3, (2) tengah (11–20 hari) dengan K_c 1,2, dan (3) akhir (21–30 hari) dengan K_c 0,6. Dengan durasi persemaian selama 10 hari, nilai K_c yang diaplikasikan adalah 0,3. Nilai evapotranspirasi acuan (E_{to}) diperoleh melalui perhitungan menggunakan metode Hargreaves.

b. Menghitung debit air (liter/menit)

Debit air dihitung secara manual dengan menampung aliran air dari setiap perlakuan selama 4 menit, kemudian volume air diukur menggunakan gelas ukur.

c. Tinggi tanaman (cm)

Dalam penelitian ini, tinggi tanaman diukur dari pangkal tanaman hingga titik tertinggi dari daunnya. Pengukuran ini dilakukan menggunakan meteran atau penggaris, dan dilakukan setiap hari mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-10 setelah semai (HSS).

d. Jumlah daun (helai)

Jumlah daun pada 20 tanaman kailan dihitung secara berkala (setiap 2 hari pada pukul 07.00 WITA) sebagai parameter pertumbuhan vegetatif.

e. Luas daun (cm²)

Luas daun diukur menggunakan aplikasi Easy Leaf Area dengan metode fotografi. Prosedur ini melibatkan penggunaan skala referensi (kertas merah 4 x 2 cm) yang ditempatkan sejajar dengan daun. Aplikasi secara otomatis memproses gambar untuk menghitung luas daun. Pengambilan data dilakukan setiap dua hari pada pukul 07.00 WITA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemasangan Rangkaian Alat Sistem Irigasi Kabut

Irigasi kabut merupakan metode irigasi yang menggunakan jaringan selang yang telah dipasang *nozzle*. Melalui *nozzle* air akan keluar dalam bentuk tetesan air halus seperti kabut (Murtiningrum et al., 2022).



Gambar 2. Rangkaian Alat Variasi Ketinggian Penyiraman pada Persemaian

Pemasangan rangkaian alat sistem irigasi kabut diawali dengan memasang pompa air 12 volt, selang, *nozzle*, dan *tray* semai. Kemudian dilanjutkan dengan mengatur perbedaan ketinggian *nozzle*, pada penelitian ini jarak ketinggian *nozzle* yang digunakan yaitu 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Dilakukan pengujian alat yang telah dipasang pada *greenhouse*. Setelah itu dilakukan pengamatan dan pengambilan data selama 10 hari.

B. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air bertujuan untuk menentukan banyaknya air yang akan diberikan pada tanaman di setiap harinya. Kelebihan atau kekurangan air pada tanaman dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil produksinya (Kurnia, 2004). Untuk menentukan kebutuhan air pada tanaman sawi, dihitung berdasarkan ET_c (evapotranspirasi tanaman) yang terjadi pada tanaman sawi. Dalam perhitungan untuk nilai ET_c dibutuhkan nilai K_c (koefisien tanaman) dan nilai ET_o (evapotranspirasi potensial (mm/hari)).

Pada penelitian ini, persemaian dilakukan selama 10 hari dengan nilai Koefisien tanaman (K_c) pada periode awal pertumbuhan (0 - 10 hari) sebesar 0,3. Pada nilai ET_o, diperoleh hasil dari perhitungan menggunakan metode Hargreaves dengan hasil sebagai berikut.

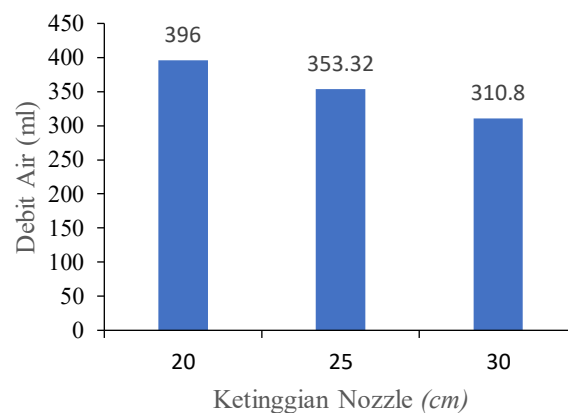
Tabel 1. Kebutuhan air tanaman sawi selama persemaian

Umur tanaman (hari)	K _c	ET _c (mm/hari)	Luas Tanam (cm ²)	Kebutuhan air (ml/hari)
1	0,3	6,654	576	383
2	0,3	6,717	576	387
3	0,3	6,780	576	391
4	0,3	6,843	576	394
5	0,3	6,906	576	398
6	0,3	6,969	576	401
7	0,3	7,032	576	405
8	0,3	7,095	576	409
9	0,3	7,158	576	412
10	0,3	7,221	576	416
Rata-rata Kebutuhan air				400
Standar Deviasi				10,4

Berdasarkan data, nilai ETc dalam satuan milimeter per hari (mm/hari) dikonversi menjadi mililiter per meter persegi per hari (ml/m²/hari) dengan menggunakan faktor konversi 1 mm/hari = 1000 ml/m²/hari. Dari hasil konversi ini, didapatkan nilai kebutuhan air harian (ml/hari) yang diperlukan oleh tanaman selama 10 hari masa persemaian. Nilai rata-rata 400 ml/hari menunjukkan jumlah air rata-rata yang diperlukan tanaman selama periode pengamatan 10 hari. Nilai ini memberikan gambaran umum tentang kebutuhan air harian tanaman pada fase pertumbuhan awal. Sementara Nilai standar deviasi 10,4 menunjukkan seberapa jauh nilai Kebutuhan Air harian bervariasi dari rata-ratanya. Nilai yang relatif kecil ini menegaskan bahwa kebutuhan air harian pada 10 hari pertama tersebut cukup konsisten, yang sejalan dengan fase pertumbuhan awal tanaman yang masih stabil.

C. Debit Air

Debit air diukur secara manual dengan menampung air dari setiap variasi ketinggian nozzle selama satu menit. Air yang terkumpul kemudian diukur menggunakan gelas ukur. Hasil perhitungan debit air untuk masing-masing nozzle disajikan pada Gambar 3.



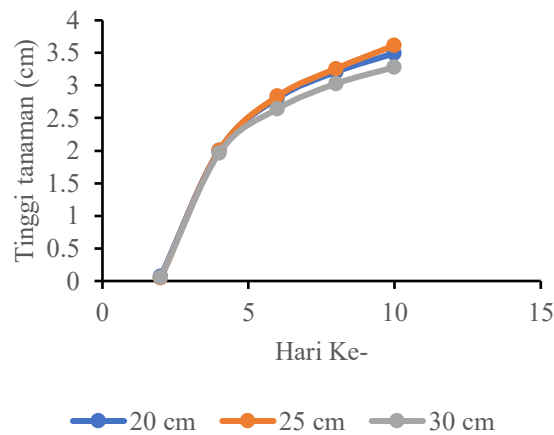
Gambar 3. Debit air pada *nozzle* irigasi kabut

Berdasarkan Gambar 2, hasil pengukuran debit air menunjukkan bahwa terdapat hubungan invers antara jarak ketinggian penyiraman dengan volume debit air yang dihasilkan, semakin dekat dengan jarak penyiraman maka semakin besar debit air yang dihasilkan. Sebaliknya, jika jarak penyiraman terlalu jauh maka debit air yang diperoleh semakin kecil.

D. Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman merupakan salah satu parameter pada penelitian ini. Pengukuran tinggi tanaman sangat penting dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan yang ada pada masing – masing ketiga ketinggian *nozzle*. Pengukuran ketinggian tanaman dilakukan pada hari 0 sampai hari ke 10 sesuai dengan pernyataan (Wahyuni et al., 2022). Penyemaian tanaman sawi dilakukan selama 10 hari, untuk bibit umur 10 HSS merupakan bibit yang sesuai dan dapat beradaptasi dengan lingkungan pertumbuhan. Pertumbuhan tinggi tanaman dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4, dapat diamati bahwa pertumbuhan tinggi tanaman pada ketiga variasi ketinggian *nozzle* menunjukkan tren yang serupa dari hari ke-2 hingga hari ke-10. Namun, pada hari ke-10, perlakuan dengan ketinggian *nozzle* 25 cm menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi, yaitu 3,62 cm. Angka ini lebih unggul dibandingkan dengan rata-rata tinggi tanaman pada ketinggian 20 cm (3,50 cm) dan 30 cm (3,28 cm), yang merupakan hasil terendah. Diduga, laju evaporasi atau kehilangan air yang signifikan pada ketinggian *nozzle* 20 cm dan 30 cm menyebabkan efektivitas penyiraman yang kurang optimal, sehingga menghambat pertumbuhan vertikal tanaman.

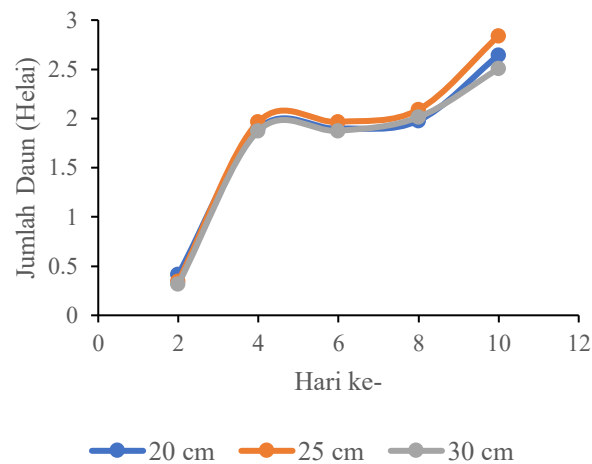


Gambar 4. Grafik tinggi tanaman sawi selama persemaian

Pada ketinggian penyiraman *nozzle* 20 cm merupakan ketinggian dengan jarak yang paling dekat dengan tanaman, perlakuan ini rentan terjadinya pembusukan karena kondisi akar yang terlalu lembab. Intensitas penyiraman yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembusukan akar karena penyerapan air yang berlebih, yang pada akhirnya membuat bibit tanaman menjadi layu dan busuk (Sari et al., 2016). Pada ketinggian penyiraman *nozzle* 30 cm merupakan jarak yang cukup jauh dengan tanaman sehingga menyebabkan banyak air yang hilang atau menguap sebelum mengenai tanaman. Hal ini menyebabkan terdapat beberapa bibit tanaman yang mati karena busuk akibat terlalu banyak air dan mati karena kurangnya mendapatkan air, sehingga pada kedua variasi ketinggian penyiraman tersebut pertumbuhan tanaman menjadi kurang maksimal.

E. Jumlah Daun

Untuk melihat perbandingan jumlah daun pada ketiga variasi ketinggian *nozzle*, maka dilakukan perhitungan jumlah daun. Jumlah daun disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5 berikut.

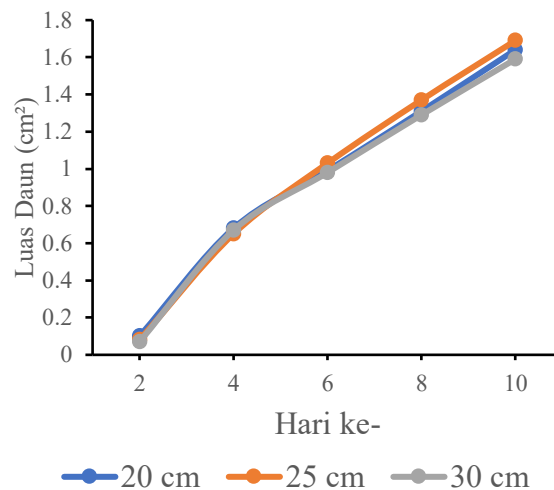


Gambar 5. Grafik jumlah daun selama persemaian

Berdasarkan Gambar 5, dapat diamati bahwa pertumbuhan jumlah daun pada hari ke-4 hingga ke-6 tidak menunjukkan penambahan yang signifikan di semua variasi ketinggian *nozzle*. Namun, perbedaan mulai terlihat jelas dari hari ke-8 hingga hari ke-10, di mana jumlah daun terus meningkat secara progresif. Pada hari ke-10, ketinggian *nozzle* 25 cm menghasilkan jumlah daun rata-rata tertinggi, yaitu 2,84 helai. Hasil ini selaras dengan kriteria bibit siap tanam yang memiliki 2-3 helai daun (Wahyudi & Abror, 2016), menunjukkan bahwa perlakuan pada ketinggian 25 cm memberikan respons pertumbuhan yang optimal. Sementara itu, ketinggian 20 cm menghasilkan rata-rata 2,65 helai, dan ketinggian 30 cm memiliki jumlah daun terendah dengan rata-rata 2,51 helai.

F. Luas Daun

Mengukur luas daun adalah salah satu parameter penting dalam penelitian ini. Namun, proses ini tidaklah mudah karena bentuk daun tanaman yang beragam. Oleh karena itu, dibutuhkan alat ukur yang tepat dan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data akurat (Lestari, 2022). Pengukuran luas daun dilakukan menggunakan aplikasi *Easy Leaf Area* dengan cara menempatkan 4×2 cm bagian merah kertas di samping daun dan mengambil gambar, pastikan daun dan skala berada sejajar kemudian mengambil gambar. Hasil luas daun dihitung secara otomatis dari daun hijau dan daerah skala merah. Aplikasi *Easy Leaf Area* merupakan alat yang cepat dan akurat untuk memperkirakan luas daun dari gambar digital (Easlon & Bloom, 2014). Dapat dilihat hasil perbandingan luas daun tanaman sawi, pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik lebar daun selama persemaian

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, dapat disimpulkan bahwa ketinggian *nozzle* 25 cm menghasilkan pertumbuhan luas daun sawi yang paling optimal. Rata-rata luas daun pada ketinggian ini mencapai 1,69 cm², sedikit lebih tinggi dari ketinggian 20 cm yang menghasilkan 1,64 cm². Sementara itu, ketinggian 30 cm menunjukkan hasil terendah, dengan rata-rata luas daun hanya 1,59 cm². Ini menunjukkan bahwa jarak penyiraman yang tepat sangat memengaruhi pertumbuhan daun tanaman. Kekurangan air dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman, menurut Audebert et al. (2013). Kondisi ini dapat menyebabkan berkurangnya jumlah anakan, perubahan pada struktur akar, dan penundaan masa pembungaan. Selain itu, air sangat penting untuk perkembangan sel, yang pada gilirannya dapat meningkatkan luas daun (Ruminta et al., 2017).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem irigasi kabut menunjukkan variasi debit air yang signifikan tergantung pada ketinggian *nozzle*. Kebutuhan air yang terukur untuk penyiraman 4 menit per hari adalah 396 ml/hari pada ketinggian 20 cm, 353,32 ml/hari pada 25 cm, dan 310,8 ml/hari pada 30 cm. Meskipun debit air tertinggi didapatkan pada ketinggian 20 cm, hasil pengamatan pertumbuhan tanaman sawi hijau menunjukkan bahwa ketinggian *nozzle* 25 cm adalah yang paling optimal. Hal ini terlihat dari pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun yang lebih baik dibandingkan dengan variasi ketinggian *nozzle* lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram yang telah memberikan dukungan dana penelitian ini melalui Sumber Dana DIPA BLU Universitas Mataram Tahun Anggaran 2023 Nomor 1490/UN18/L1/PP/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrishambaf, O., Faria, P., Gomes, L., & Vale, Z. (2020). Agricultural irrigation scheduling for a crop management system considering water and energy use optimization. *Energy Reports*, 6, 133–139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.08.031>
- Aniki, N., & Bororing, A. (2022). Analisis Usaha Tani Tanaman Sawi di Kelurahan Rurukan 1 Kecamatan Tomohon Timur. *Journal Agriculture Sciences*, 8(4).
- Audebert, A., F. Asch, and M. Dingkuhn. 2013. Morphophysiological research on drought tolerance in rice at WARDA. Field screening in drought tolerance in crop plants with emphasis on rice. IRRI
- Chaer, M. S. I., Abdullah, S. H., & Priyati, A. (2016). Aplikasi Mikrokontroler Arduino Pada Sistem Irigasi Tetes Untuk Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*) (Application of Arduino Microcontroller on Drip Irrigation for Mustard Plant (*Brassica juncea*): Application of Arduino Microcontroller on Drip Irrigation System). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 4(2), 228–238.
- Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in Plant Sciences*, 2(7), 1400033. <https://doi.org/https://doi.org/10.3732/apps.1400033>
- Freschet, G. T., Pagès, L., Iversen, C. M., Comas, L. H., Rewald, B., Roumet, C., Klimešová, J., Zadworny, M., Poorter, H., Postma, J. A., & others. (2021). A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *New Phytologist*, 232(3), 973–1122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nph.17572>
- Khafi, A. M., Erwanto, D., & Utomo, Y. B. (2019). Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT. *Generation Journal*, 3(2), 37–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.29407/gj.v3i2.12973>
- Koehuan, J. (2022). Estimasi Kebutuhan Air Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Bayam Hijau (*Amaranthus Tricolor*) Berdasarkan CROPWAT 8.0 Di Wilayah Semi Arida. *Jurnal Teknologi Pertanian Semi Arida*, 1(2), 53–66.
- Kurnia, U. (2004). Prospek pengairan pertanian tanaman semusim lahan kering. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(4), 130–138.
- Lestari, D. I. (2022). *Aplikasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Android*.
- Murtiningrum, M., Rasyid, I. N., Christyaningrum, L., Fahrnis, E., & Ngadisih, N. (2022). Performance of Drip and Mist Irrigation to Supply Water for Vegetable. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 999(1), 12013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/999/1/012013>
- Nurjanah, S. (2020). *Pembuatan Prototipe Pengendali PH Tanah dan Ketersediaan Air pada Smart Green House di Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Kota Bogor*.
- Nurpriyanti, I. (2020). Otomatisasi Sensor Dht11 Sebagai Sensor Suhu Dan Kelembapan) Pada Hidroponik Berbasis Arduino Uno R3 Untuk Tanaman Kangkung: Automation Sensor Dhtii As Temperature And Humadity Sensor At Hidroponik By Arduino Uno R3 For Spinach. *Jurnal Teknologi Dan Terapan Bisnis*, 3(1), 40–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.0301/jttb.v3i1.122>
- Pamugkas, D. A. (2021). *Rancang Bangun Purwarupa Sistem Penyiraman Otomatis Dan Monitoring Untuk Budidaya Tanaman Mawar Greenhouse*. Universitas Komputer Indonesia.
- Ruminta, A. Wahyudin, dan S. Sakinah. 2017. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman padi terhadap jarak tanam pada lahan tadah hujan dengan menggunakan pengairan intermittent. *Agrin*. 21(1): 46-58.
- Qin, K., & Leskovar, D. I. (2020). Humic substances improve vegetable seedling quality and post-transplant yield performance under stress conditions. *Agriculture*, 10(7), 254. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture10070254>
- Sari, P., Meri, R., Maghfoer, M. D., & Koesriharti, K. (2016). *Pengaruh frekuensi penyiraman dan dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakchoy (Brassica rapa L. Var. Chinensis)* [Brawijaya University]. <https://doi.org/10.21176/protan.v4i5.302>
- Simangunsong, F. T., Sumono, T., & Susanto, E. (2013). Analisis efisiensi irigasi tetes dan kebutuhan air tanaman Sawi (*Brassica juncea*) pada tanah Inceptisol. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan*

Pertanian, 2(1), 83–89.

- South, P. M., Delorme, N. J., Skelton, B. M., Floerl, O., & Jeffs, A. G. (2022). The loss of seed mussels in longline aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 440–455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12608>
- Wahyudi, I., & Abror, M. (2016). Pengaruh Tinggi dan Jenis Bahan Naungan Pembibitan Terhadap Vigor Cabai Merah Besar (*Capsicum annum* L.). *NABATIA*, 11(1), 1–10.
- Wahyuni, T., Ariska, N., Junita, D., & Jalil, M. (2022). Pengaruh Umur Pindah Bibit terhadap Petumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi pada Sistem Hidroponik NFT. *Jurnal Floratek*, 17(1), 54–61. <https://doi.org/oi.org/10.17969/floratek.v17i1.24464>
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: current knowledge and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127531> Get rights and content
- Witman, S. (2021). Penerapan Metode Irigasi Tetes Guna Mendukung Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Kering. *Jurnal Triton*, 12(1), 20–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.47687/jt.v12i1.152>
- Xu, Z., Chen, X., Wu, S. R., Gong, M., Du, Y., Wang, J., Li, Y., & Liu, J. (2019). Spatial-temporal assessment of water footprint, water scarcity and crop water productivity in a major crop production region. *Journal of Cleaner Production*, 224, 375–383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.108>