

**OPTIMALISASI IRIGASI SPRINKLER UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN  
DAN HASIL BAWANG MERAH (*Allium cepa* L.)**

***OPTIMIZATION OF SPRINKLER IRRIGATION TO INCREASE GROWTH AND YIELD OF  
SHALLOT(*Allium cepa* L.)***

**<sup>1</sup>Fitri Krismiratsih<sup>1</sup>, Suwinda Fibriani<sup>2</sup>, Khomsatun Ni'mah<sup>3</sup>**

**<sup>1,2</sup>PSDKU Manajemen Agribisnis Politeknik Negeri Jember**

**<sup>3</sup>PSDKU Teknik Informatika Politeknik Negeri Jember**

**ABSTRACT**

*Water is an important component in shallot cultivation activities, optimal water availability is very necessary in shallot cultivation activities, especially in the early stages of growth and bulb formation. Traditional irrigation methods tend to be wasteful and unpublished in air distribution which can result in decreased yields, especially in cultivation activities carried out in areas with limited air. Sprinkler irrigation appears as a potential solution to optimize air distribution through a spraying mechanism that allows for more even air distribution. The research design used was a one-factorial Completely Randomized Design with five replications. Irrigation carried out in this study was in the form of traditional control 100% manual irrigation needs (I0), sprinkler 75% manual irrigation volume (I1), sprinkler 100% manual irrigation volume (I2), sprinkler 150% manual irrigation volume (I3) and sprinkler 200% manual irrigation volume (I4) which were given once in the morning at 06.00 -07.00. This study aims to analyze the effect of the use of a sprinkler irrigation system on shallot productivity. The results showed that sprinkler irrigation with a volume of 200% of the manual method gave the best results on plant height, number of tillers, dry weight of the stump, and diameter of the shallot bulb. In contrast, the traditional irrigation method with 100% manual volume produced the lowest bulb weight loss. Sprinkler application with 200% manual irrigation volume can significantly increase shallot production.*

*Key-words: efficiency, productivity, shallot, sprinkler irrigation, water volume irrigation*

**INTISARI**

Air merupakan komponen penting dalam kegiatan budidaya bawang merah, ketersediaan air yang optimal sangat diperlukan dalam kegiatan budidaya tanaman bawang merah terutama pada fase awal pertumbuhan dan pembentukan umbi. Metode irigasi tradisional cenderung boros dan tidak efisien dalam distribusi air yang bisa mengakibatkan penurunan hasil panen khususnya pada kegiatan budidaya yang dilakukan di daerah dengan keterbatasan air. Irigasi *sprinkler* muncul sebagai solusi potensial untuk mengoptimalkan distribusi air melalui mekanisme penyemprotan curah yang memungkinkan penyebaran air lebih merata. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap satu faktorial dengan lima ulangan. Irigasi yang dilakukan dalam penelitian ini berupa kontrol tradisional 100% kebutuhan irigasi manual (I0), *sprinkler* 75% volume irigasi manual (I1), *sprinkler* 100% volume irigasi manual (I2), *sprinkler* 150% volume irigasi manual (I3) dan *sprinkler* 200% volume irigasi manual (I4) yang diberikan satu kali pagi hari pukul 06.00 -07.00. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan sistem irigasi *sprinkler* terhadap produktivitas bawang merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa irigasi *sprinkler* dengan volume 200% dari metode manual memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman, jumlah anakan, berat kering brangkas, dan diameter umbi bawang merah. Sebaliknya, metode irigasi tradisional dengan 100% volume manual menghasilkan susut bobot umbi terendah. Aplikasi *sprinkler* 200% volume irigasi manual secara signifikan dapat meningkatkan produksi bawang merah.

Kata kunci: bawang merah, efisiensi, irigasi *sprinkler*, produktivitas, volume air irigasi

---

<sup>1</sup> Alamat penulis untuk korespondensi: Fitri Krismiratsih. Email: fitri.krismiratsih@polije.ac.id

## PENDAHULUAN

Salah satu komponen penting dalam kegiatan budidaya bawang merah adalah air. Ketersediaannya harus selama masa pertumbuhan tanaman, sehingga ketersediaan air menjadi salah satu faktor pembatas dalam kegiatan budidaya tanaman apalagi apabila kegiatan budidayanya dilakukan pada musim kemarau atau pada daerah lahan kering. ketersediaan air akan sangat memengaruhi proses fotosintesis dan juga fisiologis yang akan berpengaruh pada kualitas dan kualitas hasil tanaman (Anggraini et al., 2015). Air merupakan komponen penting dalam kegiatan budidaya tanaman, sekitar 85-90% bagian tanaman merupakan air, penyusun protoplasma, dan salah satu bahan utama fotosintesis, serta pelarut hara (Kurniawan et al., 2014). Akibat dari kekurangan air dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena terganggunya proses metabolismenya. (Sukmawan, 2019).

Bawang merah memerlukan pengelolaan air yang optimal agar memperoleh hasil yang maksimal. Hal tersebut karena tanaman ini memiliki periode kritis terhadap kebutuhan air terutama pada fase awal pertumbuhan tanaman dan pembentukan umbi, selain itu ketersediaan air yang kurang pada setiap fase pertumbuhannya tanaman akan menyebabkan penurunan produktivitas dan mutu hasil umbi bawang merah (Hadiawati et al., 2016). Ketersediaan air pada kegiatan budidaya bawang merah harus terus dijaga dengan cara menjaga tingkat kelembaban tanah supaya penggunaan air lebih optimal sehingga mengurangi pemborosan. Dalam kegiatan praktik pengelolaan irigasi pada kegiatan budidaya bawang merah harus dilakukan monitoring kadar air, berkurangnya kandungan air yang tersimpan dalam tanah tidak boleh berkurang lebih dari 75% dari kapasitas lapang yang tersedia untuk tanaman. Jika kadar air

tanah turun lebih rendah dari 25% tanaman bisa mengalami cekaman kekurangan air yang dapat merusak atau menurunkan kualitas hasil panen (Pejić et al., 2014).

Sistem perakaran yang dimiliki oleh tanaman bawang merah adalah perakaran dangkal sehingga ketersediaan air di lapisan atas tanaman sangat diperlukan supaya tetap terjaga kelembaban dari lapisan atas tanah sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih optimal (Arifin & Saeni, 2019). Salah satu sistem irigasi yang dapat diterapkan pada kegiatan budidaya bawang merah supaya dapat mengefisienkan distribusi air ke tanaman adalah irigasi *sprinkler*. Irigasi *sprinkler* merupakan metode pemberian air irigasi yang mirip dengan hujan, pendistribusiannya melalui sistem pipa, lalu air disemprotkan ke udara melalui *sprinkler* sehingga terpecah menjadi tetesan-tetesan kecil yang jatuh ke tanah. Teknologi *sprinkler* dapat menyediakan air secara efektif dan efisien guna memenuhi kebutuhan air tanaman dan mengurangi dampak kekeringan pada tanaman (Sirait et al., 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan sistem irigasi *sprinkler* terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan rekomendasi bagi petani untuk mengimplementasikan teknologi yang efisien, meningkatkan hasil produksi, serta mengurangi kerugian yang disebabkan oleh kekurangan atau kelebihan air.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan di lahan penelitian P4S Pangurti Tani yang berada di Dusun Duwel Desa Sukorejo Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk Jawa Timur dengan jenis tanah regosol. Waktu pelaksanaan pada Agustus s.d. Oktober 2024 saat musim kemarau berlangsung. Selama melakukan penelitian bahan yang digunakan yaitu benih bawang merah Tajuk, pupuk kandang kotoran kambing, *Plant Growth*

*Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Beauveria bassiana*, TSP, NPK Yaramila, kapur pertanian, BT Plus. Alat yang digunakan adalah *hand traktor*, cangkul, penugal manual, *cutter*, pisau, timba, pipa PVC, katup, *connector off take*, *luxmeter*, kantong plastik, sprayer, timba, meteran air, *sprinkler head*, pompa air, filter, *fitting*, konektor, *dehydrator*, kertas, label, penggaris, jangka sorong, timbangan, nampan.

Penelitian ini dirancang dengan Rancangan Acak Lengkap satu faktorial dengan lima ulangan. Irigasi yang dilakukan dalam penelitian ini berupa kontrol tradisional 100% kebutuhan irigasi manual (I0), *sprinkler* 75% volume irigasi manual (I1), *sprinkler* 100% volume irigasi manual (I2), *sprinkler* 150% volume irigasi manual (I3) dan *sprinkler* 200% volume irigasi manual (I4). Aplikasi pengairan pada kegiatan penelitian ini dilakukan setiap pagi pada pukul 06.00 s.d. 07.00 WIB pada saat hembusan angin di lokasi penelitian masih semilir. Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam petak percobaan dengan ukuran 1,5 x 2 m<sup>2</sup>. Awal dilakukan perlakuan adalah pada saat tanaman bawang merah sudah tumbuh secara seragam atau pada 8 HST. Variabel pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu tinggi tanaman pada usia persentase (%) MST, jumlah anakan, panjang akar, berat kering brangkasan, diameter umbi dan presentase susut bobot umbi. Setelah data dikumpulkan analisa varian dan dilanjutkan dengan analisa HSD tukey dengan taraf kepercayaan 95% dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu faktor keberhasilan dalam kegiatan budidaya bawang merah selama musim kemarau adalah ketersediaan air, apabila tidak mendapat pengairan yang memadai akan menimbulkan penurunan hasil tanaman sebagai respon dari tanaman terhadap kekurangan air

dimana tanaman akan memberikan respon menurunkan fotosintesis dan memperlambat pertumbuhan tanaman dengan mengoptimalkan ketersediaan air (Khan et al., 2015).

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil berpengaruh tidak nyata pada perlakuan irigasi terhadap tinggi tanaman bawang merah pada usia 5 Minggu setelah Tanam (MST). Tinggi tanaman tertinggi adalah pada perlakuan I3 atau *sprinkler* 150% volume irigasi manual dan yang paling rendah adalah pada perlakuan I2 atau *sprinkler* 100% irigasi manual. Tinggi tanaman dengan pemberian irigasi *sprinkler* menunjukkan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan melakukan penyiraman secara tradisional pada saat usia tanaman 5 MST.

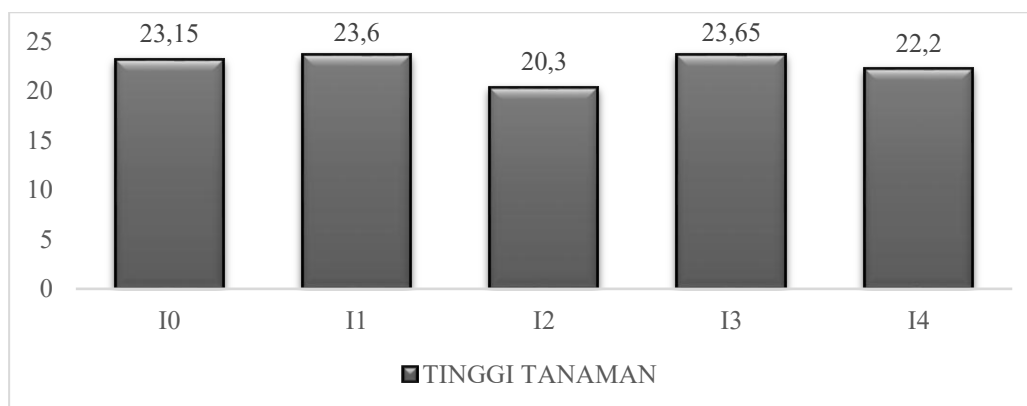
Ketersediaan air dalam tanaman memegang peranan penting dalam mendukung perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Ketika air dalam tanah tersedia dalam jumlah terbatas, tanaman akan memberikan respon untuk dapat beradaptasi terhadap kondisi kurang optimal dengan menerapkan strategi pengurangan penggunaan air pada tingkat molekuler (Osakabe et al., 2014). Selain itu, sebagai respons terhadap kekurangan air, tanaman beradaptasi melalui berbagai mekanisme. Adaptasi ini meliputi perubahan dalam aktivitas fotosintesis, peningkatan produksi antioksidan, peningkatan kadar hormon tanaman, aktivasi gen dan protein yang berperan dalam ketahanan terhadap stres, serta modifikasi pada aspek morfologi, anatomi, fisiologi, dan biokimia. Contohnya termasuk penutupan stomata, perubahan tinggi tanaman, serta penyesuaian dalam pertumbuhan daun. (Kapoor et al., 2020).

Penerapan teknologi *sprinkler* yang optimal akan terjadi distribusi air yang merata dan konsisten yang akan mendukung ketersediaan air untuk kebutuhan tanaman, peningkatan tinggi tanaman sejalan dengan ketersediaan air yang mencukupi. Kondisi

kelembaban tanah yang optimal akan memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman dengan meningkatkan proses pembelahan dan perpanjangan sel (Nurjanaty et al., 2019).

Jumlah anakan atau cabang pada tanaman bawang merah adalah salah satu indikator kesehatan dan potensi hasil tanaman. Anakan berfungsi sebagai calon tunas yang dapat menghasilkan umbi tambahan. Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa pada perlakuan 200% volume irigasi manual memberikan hasil terbaik dengan jumlah anakan 5,25 dan tidak menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan *sprinkler* 150% volume irigasi manual yaitu 5 anakan namun berbeda nyata dengan perlakuan pengairan secara tradisional 100% manual yaitu jumlah anakan sebanyak 4,5 ab. Pada perlakuan ini tidak

berbeda nyata dengan penggunaan *sprinkler* 100%. Volume manual yaitu 4,35 ab dan berbeda nyata dengan perlakuan *sprinkler* 75% volume manual. Pada penggunaan volume air 100% baik menggunakan irigasi *sprinkler* maupun dengan cara tradisional tidak menunjukkan hasil berbedanyata hal ini perlu dilakukan evaluasi yang berkaitan dengan kondisi kecepatan angin dimana pada saat waktu penelitian adalah musim kemarau dengan kecepatan angin di Lokasi penelitian cukup kencang. Selain itu menurut Hafizh et al. (2021) perbedaan jumlah umbi pada budidaya bawang merah lebih banyak dipengaruhi oleh factor genetic atau sumber indukan dibandingkan dengan ketersediaan air selama kegiatan budidaya.

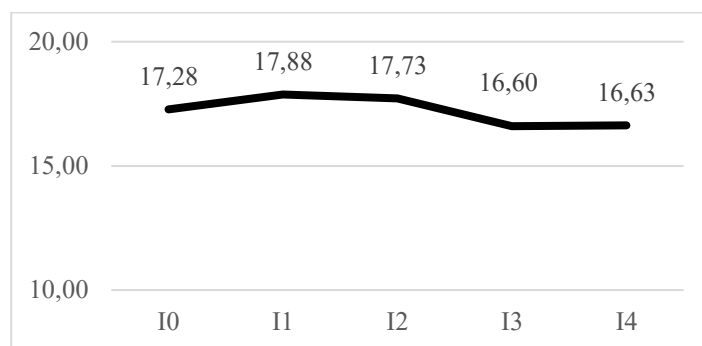


Gambar 1. Rerata tinggi Tanaman Bawang Merah 5 MST

Tabel 1. Jumlah Anakan Bawang Merah Pada Perlakuan Berbagai Volume Irigasi

Volume irigasi	Jumlah Anakan
<i>Sprinkel</i> 200% volume irigasi manual	5,25 a
<i>Sprinkel</i> 150% volume irigasi manual	5:00 AM
Tradisional 100% volume irigasi manual	4,5 ab
<i>Sprinkel</i> 100% volume irigasi manual	4,35 ab
<i>Sprinkel</i> 75% volume irigasi manual	3,5 b

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada tingkat signifikansi 5 %



Gambar 2. Rerata Panjang Akar Bawang Merah Pada Perlakuan Berbagai Volume Irigasi

Tabel 2. Rerata Berat Kering Brangkasan Pada Perlakuan Berbagai Volume Irigasi

Volume irigasi	Berat Kering brangkasan (gram)
<i>Sprinkler</i> 200% volume irigasi manual	0,980 a
Tradisional 100% volume irigasi manual	0,840 ab
<i>Sprinkler</i> 150% volume irigasi manual	0,695 b
<i>Sprinkler</i> 100% volume irigasi manual	0,665 bc
<i>Sprinkler</i> 75% volume irigasi manual	0,52 c

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada tingkat signifikansi 5 %

Tabel 3. Rerata Diameter Umbi Dan Persentase Susut Bobot Umbi Bawang Merah

Volume irigasi	Diameter Umbi	Persentase Susut Umbi
<i>Sprinkel</i> 200% volume irigasi manual	2,380 a	30,25 a
Tradisional 100% volume irigasi manual	2,185 a	24,13 a
<i>Sprinkel</i> 150% volume irigasi manual	2,110 ab	31,24 a
<i>Sprinkel</i> 100% volume irigasi manual	1,785 bc	27,66 a
<i>Sprinkel</i> 75% volume irigasi manual	1,73 c	27,92 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada tingkat signifikansi 5 %

Perlakuan berbagai volume irigasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata pada panjang akar bawang merah. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan air pada setiap volume cukup, karena menurut (Rosawanti et al., 2015), ketika tanaman kekurangan air atau tertekan oleh kekurangan air, tanaman akan merespons dengan memperbanyak cabang akar. Perubahan fisiologis ini terjadi karena akar berkembang untuk memperluas area penyerapan air. Pada kondisi tanaman tercekam kekurangan air akan menyebabkan akar tanaman tumbuh lebih

panjang dengan tujuan berupaya untuk mencari sumber air.

Berdasarkan hasil sidik ragam perlakuan volume irigasi memberikan hasil berpengaruh nyata pada berat kering brangkasan tanaman. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan pengairan bawang merah dengan *sprinkler* dengan volume 200% dari volume irigasi manual memberikan hasil terbaik yaitu 0,980 gram namun tidak menunjukkan hasil berbeda nyata dengan cara perlakuan irigasi tradisional 100% aplikasi irigasi secara tradisional dengan 100% volume irigasi manual

yaitu dengan berat 0,840 gram namun berbeda nyata dengan perlakuan dengan irigasi *sprinkler* 75% volume irigasi manual dengan memberikan hasil terendah pada pengamatan berat kering brangkasan yaitu dengan berat brangkasan kering 0,52 gram.

Berat brangkasan merupakan hasil dari berat brangkasan segar yang telah dikeringkan, perhitungan berat brangkasan bertujuan untuk memberikan informasi tentang indikator pertumbuhan tanaman. Terdapat hubungan yang sangat kuat antara bobot brangkasan kering dengan bobot brangkasan segar. Rerata berat kering brangkasan bawang merah yang tinggi mengindikasikan bahwa proses fotosintesis pada tanaman berjalan dengan optimal (Nugroho et al., 2022). Berat kering tanaman atau brangkasan merupakan hasil akumulasi karbondioksida yang berlangsung selama proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Semakin tinggi biomassa tanaman, semakin baik pula proses metabolisme yang berlangsung dalam tanaman tersebut, sebaliknya biomassa yang rendah mengindikasikan adanya gangguan dalam proses metabolisme tanaman selama proses pertumbuhannya (Larcher, 1975). Hal ini juga sejalan dengan pendapat (Wicaksono & Murdoyono, 2024) adanya peningkatan berat kering terjadi pertambahan jumlah dan ukuran sel serta akumulasi bahan kering dalam tanaman yang secara langsung berdampak pada berat brangkasan tanaman.

Hasil analisis sidik ragam pada variabel pengamatan diameter umbi menunjukkan bahwa hasil berpengaruh nyata. Rata-rata diameter umbi paling Panjang adalah pada perlakuan *sprinkler* 200% volume irigasi manual dan tidak berbeda nyata dengan irigasi tradisional 100% volume irigasi manual secara berurutan diameter umbinya adalah 2,380 cm dan 2,185 cm namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dan volume irigasi sprinkle 75% volume irigasi manual memberikan hasil diameter umbi paling kecil yaitu 1,73 cm.

Pada irigasi *sprinkler* 200% volume irigasi manual memberikan hasil terbaik ini diduga karena semakin terpenuhinya kebutuhan air selama pertumbuhan akan meningkatkan laju fotosintesis, sehingga hasil fotosintat yang dihasilkan dapat lebih banyak dimanfaatkan untuk pembentukan sel (Sumarianti et al., 2022). Hal ini sejalan dengan pendapat (Islam & Zaman, 2020) bahwa terbatasnya ketersediaan air dalam tanah dalam proses pembentukan umbi akan menyebabkan ukuran umbi kecil dan menurunkan hasil produksinya.

Fase peka tanaman pada kondisi kekurangan air adalah pada fase pembentukan ubi sehingga ketersediaan air akan berakibat pada ukuran umbi yang akan dihasilkan. Periode pembentukan umbi pada tanaman bawang merah sangat sensitive terhadap kekurangan air, ketersediaan air selain memengaruhi pembentukan umbi juga akan menyebabkan penurunan daya simpan dari bawang merah (Ortolá & Knox, 2014). Namun pemberian irigasi yang berlebihan menjelang panen juga akan menyebabkan kadar air di umbi terlalu tinggi dan kemudian menimbulkan biaya pengeringan yang lebih besar supaya hasil panen dapat disimpan lebih lama.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa volume irigasi tidak menunjukkan hasil berpengaruh nyata pada setiap perlakuannya. Namun semakin tinggi volume irigasi menunjukkan persentase susut bobot semakin tinggi pula. Persentase susut bobot paling rendah adalah irigasi tradisional 100% volume irigasi manual yaitu 24,13% berikutnya adalah pada perlakuan irigasi sprinkle 100% volume irigasi manual yaitu 27,66% dan paling tinggi pada perlakuan *sprinkler* 150% volume irigasi manual dengan susut bobot 31,24%.

Persentase susut bobot bawang merah bisa dijadikan salah satu indikasi kualitas pasca panen bawang merah. Hal tersebut karena bawang merah merupakan salah satu komoditas

pertanian yang permintaanya terjadi sepanjang tahun, sehingga hasil panen perlu disimpan pada kondisi yang prima sehingga dapat meminimalisir dampak penurunan kualitas. Kualitas penyimpanan bawang merah sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sebelum dan sesudah panen. Susut bobot umbi terjadi akibat kerusakan, seperti pembusukan, kondisi hampa atau kering, serta pertumbuhan tunas yang minim. Tanah yang kandungan airnya terlalu tinggi sampai menjelang panen akan sangat berpengaruh pada kadar air di umbi yang akan dipanen. Menurut (Ortolá & Knox, 2014) irigasi yang berlebihan atau terlalu sering dalam kegiatan budidaya bawang merah akan mengakibatkan berkurangnya daya simpan, karena terjadi pembusukan dan perkecambahan serta kehilangan air yang lebih banyak hal ini dikarenakan kadar air umbi diawal yang paling tinggi sehingga kehilangan bobot umbi akan semakin berat

## KESIMPULAN

1. Tanaman bawang merah yang dibudidayakan dengan menggunakan irigasi *sprinkle* 200% dari volume manual memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman, jumlah anakan, berat kering brangkasan, dan diameter umbi sedangkan pada perlakuan irigasi tradisional 100% volume manual memberikan hasil paling rendah pada persentase susut bobot umbi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N., Faridah, E., & Indrioko, S. (2015). Pengaruh cekaman kekeringan terhadap perilaku fisiologis dan pertumbuhan bibit black locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 9(1), 40–56. <https://doi.org/10.22146/jik.10183>
- Arifin, Z., & Saeni, M. (2019). Pengelolaan air dan mulsa pada tanaman bawang merah di lahan kering (*Water management and mulch on shallot in dry land*). *Jurnal Hortikultura*, 29(2), 159–168. <https://doi.org/10.20961/jhortikultura.v29i2.9036>
- Hadiawati, L., Suriadi, A., & Irianty, F. (2016). Penurunan hasil bawang merah akibat kekeringan pada beberapa fase pertumbuhan. *Prosiding Seminar Nasional Mewujudkan Kedaulatan Pangan*, Balai Besar Pengkajian Teknologi Pertanian. Available at <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8928>
- Hafizh, M., Rambe, R. D. H., & Asbur, Y. (2021). Pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.) terhadap cekaman kekeringan dan dosis pupuk kandang sapi. *Agriland: Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(1), 7–11.
- Islam, M. R., & Zaman, R. U. (2020). Response of garlic yield and storability to varying frequencies of irrigation. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82(2), 87–92.
- Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., & Sharma, A. (2020). The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. *Applied Sciences*, 10(16), 5692. <https://doi.org/10.3390/app10165692>
- Khan, M. I., Asgher, M., Fatma, R., Per, T. S., & Nafees, A. K. (2015). Drought stress vis-à-vis plant functions in the era of climate change. *Annals of Plant Sciences*, 4(4), 1081–1089. <https://doi.org/10.5958/2320-642X.2015.00002.2>
- Kurniawan, B. A., Fajriani, S., & Ariffin. (2014). Pengaruh jumlah pemberian air terhadap respon pertumbuhan dan hasil tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(1), 59–64.

- Larcher, W. (1975). *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag.
- Nugroho, C. A., & Setiawan, A. W. (2022). Pengaruh frekuensi penyiraman dan volume air terhadap pertumbuhan sawi pakcoy pada media tanam campuran arang sekam dan pupuk kandang. *Jurnal Agroteknologi*, 12(2), 45–53.
- Nurjanaty, N., Linda, R., & Mukarlin. (2019). Pengaruh cekaman air dan pemberian pupuk daun terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Probiot*, 8(3), 6–11.
- Ortolá, M. P., & Knox, J. W. (2014). Water relations and irrigation requirements of onion (*Allium cepa* L.): A review of yield and quality impacts. *Experimental Agriculture*, 50(1), 1–22. <https://doi.org/10.1017/S0014479714000234>
- Osakabe, Y., Osakabe, K., & Shinozaki, K. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, Article 86. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>
- Pejić, B., Gajić, B., & Stričević, R. J. (2014). Effects of water stress on water use and yield of onion. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(2), 336–343.
- Rosawanti, P., Ghulamahdi, M., & Khumaida, N. (2015). Respon anatomi dan fisiologi akar kedelai terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Agrin*, 43(3), 186–192.
- Sirait, S., Santoso, D., Sari, N., & Hatta, S. (2022). Efisiensi teknologi irigasi sprinkler di lahan Kelompok Tani Kecamatan Tarakan Utara. *Rona Teknik Pertanian*, 15(1), 13–24.
- Sukmawan, Y., Riniarti, D., Utoyo, B., & Rifai, A. (2019). Efisiensi air pada pembibitan utama kelapa sawit melalui aplikasi mulsa organik dan pengaturan volume penyiraman. *Jurnal Pertanian Presisi*, 3(2), 141–154. <https://doi.org/10.35760/jpp.2019.v3i2.2331>
- Sumarianti, A., Jayanti, K. D., & Tanari, Y. (2022). Pengaruh frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 15(1), 39–43.
- Wicaksono, K. A., & Murdoyono, D. (2024). Pengaruh volume dan waktu pemberian air dalam teknologi irigasi tetes “Ro Drip” terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.). *Jurnal Agrihita*, 9(1), 34–41.