

Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Morfologi dan Kandungan Klorofil pada Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Effect of Drought Stress on Morphology and Chlorophyll Content of Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench)

Arsetyo Rahardhianto^{1,2*)}, Sulistiyanto Yusuf Raharjo³, Sandi Luqman Nugroho³,
Rahmanaji Setyo Purwinto⁴, M. Badrus Soleh⁴, Bambang Sugiharto^{1,2,4}

¹Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

²UPA Pengelolaan Limbah dan Laboratorium Terpadu, Universitas Jember

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

⁴Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Article info

Keywords

Drought stress, Sorghum, Morphology, Chlorophyll. Low water content

Article history

*Received 30-06-2022
Accepted 19-07-2024*

<sup>*)Corresponding author
arahardhi@gmail.com</sup>

ABSTRACT

Sorghum is a type of cereal plant that easily adapts to stressful environmental conditions. Sorghum has many benefits as it can be used as food, feed, and energy sources, making it a promising crop for development on dry land in Indonesia. Drought impacts plants during their growth process, causing physiological and biological changes. This study aims to determine the effect of drought stress on the morphology and chlorophyll content of sorghum plants. Preliminary research was conducted by planting three varieties of sorghum (Numbu, Super 1, and Super 2). Subsequent planting involved selecting the variety most resistant to drought based on data analysis of several parameters. The basic design used in this experiment was a completely randomized design (CRD) with one factor: the level of drought stress, which had four levels -no drought stress as a day 0 (control) and drought stress for 3, 6 and 9 days by withholding water. The results showed a decrease in the total chlorophyll content of the leaves over time. Drought stress for 6 and 9 days without watering resulted in water content dropping below 25%, indicating severe drought stress and disrupting plant growth. Severe drought stress was characterized by low soil and leaf water content, yellowing and curling of the leaves.

Article info

Kata kunci

Cekaman kekeringan, Sorghum, Morphology, Chlorophyll. Kadar air tanah rendah

Riwayat artikel

*Received 30-06-2022
Accepted 19-07-2024*

<sup>*)Corresponding author
arahardhi@gmail.com</sup>

ABSTRAK

Sorghum merupakan salah satu jenis tanaman serealia yang mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang penuh tekanan. Sorghum memiliki banyak manfaat karena dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan, pakan, dan energi sehingga menjadi tanaman yang menjanjikan untuk dikembangkan di lahan kering di Indonesia. Kekeringan berdampak pada tanaman selama proses pertumbuhannya, sehingga menyebabkan perubahan fisiologis dan biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap morfologi dan kandungan klorofil tanaman sorgum. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menanam tiga varietas sorgum (Numbu, Super 1, dan Super 2). Penanaman selanjutnya melibatkan pemilihan varietas yang paling tahan terhadap kekeringan berdasarkan analisis data beberapa

parameter. Rancangan dasar yang digunakan dalam percobaan ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu tingkat cekaman kekeringan, yang terdiri dari empat taraf yaitu tidak ada cekaman kekeringan sebagai hari ke-0 (kontrol) dan cekaman kekeringan selama 3, 6, dan 9 hari dengan menahan air. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kandungan klorofil total daun dari waktu ke waktu. Stres kekeringan selama 6 dan 9 hari tanpa penyiraman mengakibatkan kadar air turun di bawah 25%, yang menunjukkan stres kekeringan parah dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Stres kekeringan parah ditandai dengan kadar air tanah dan daun yang rendah, daun menguning dan keriting.

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman sereal yang sangat sesuai untuk ditanam di lahan kering dan telah dimanfaatkan oleh pemerintah Indonesia untuk memaksimalkan penggunaan lahan kering serta meningkatkan penghasilan para petani (Sahara *et al.*, 2023). Manfaat pada tanaman sorgum dapat dijadikan komoditas yang dapat memenuhi kebutuhan pangan karena mengandung zat antioksidan, mineral, protein, serat, dan sebagai sumber bioenergi. Peningkatan pengembangan tanaman sebagai pangan, pakan dan energi alternatif akan terus dilakukan seperti perluasan lahan tanam di daerah kering wilayah Indonesia bagian Timur (Murdaningsih & Uran, 2021).

Lahan kering di Indonesia mencapai sekitar 148 juta hektar di mana sekitar 76,22 juta hektar di antaranya cocok untuk budidaya pertanian. Sehingga pemanfaatan lahan kering untuk pertanian sangat penting mengingat luasnya potensi area lahan yang tersedia (Mulyani *et al.*, 2023). Kekeringan menjadi salah satu permasalahan yang mengganggu dalam produksi pertanian khususnya tanaman pangan (Surya & Suwetha 2021). Kekeringan merupakan faktor abiotik yang ditandai dengan rendahnya ketersediaan air dalam tanah. Fenomena ini disebabkan oleh curah hujan yang rendah, intensitas cahaya yang tinggi, dan suhu yang tinggi sehingga mempercepat proses penguapan air dari tanah dan tanaman (Arora, 2019). Tanaman sorgum merupakan tanaman C4 yang memiliki toleransi terhadap cekaman kekeringan karena terjadi perubahan pada fisiologis, morfologis, fenologis, biokimia, dan molekuler tanaman (Hasanuzzaman, 2020).

Cekaman kekeringan merupakan beban lingkungan yang umum terjadi pada tanaman. Kekeringan merupakan kondisi dimana tanaman kekurangan air yang dibutuhkan untuk proses metabolisme dalam tubuhnya (Takahashi *et al.*, 2020). Proses metabolisme pada tanaman berkurang pada saat kekeringan yang disebabkan oleh penutupan stomata, kerusakan membran, dan penurunan aktivitas berbagai enzim (Hura *et al.*, 2022). Kekurangan air pada tanaman menyebabkan terganggunya fotosintesis pada daun sehingga fotosintesis tidak dapat terjadi secara optimal (Zhang *et al.*, 2018).

Cekaman kekeringan dapat menjadi salah satu upaya untuk budidaya tanaman sorgum dilahan kering mengingat potensial lahan kering di Indonesia sangat bagus untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan melihat respon morfologi dan fisiologi pertumbuhan tanaman sorgum selama cekaman kekeringan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di *Green House* Laboratorium Biologi Molekul dan Bioteknologi Center for Development of Advance Sciences and Technology (CDAST), Universitas Jember. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pot, timba, cetok, timbangan analitik OHAUS PX224/E, mikropipet Gilson, tabung ukur, gelas ukur, baker glass, penggaris dan meteran, spektrofotometer UV-Vis Hitachi U-2900, tip, gunting, vortex, oven Memmert 30-1060, gelas timbang porselin, dan kuvet.

Bahan tanam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanaman sorgum, media tanam sebanyak 2kg berupa tanah dan pasir dengan perbandingan 2:1, air, akuades, alkohol 95%.

Rancangan dan prosedur penelitian

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menanam 3 varietas sorgum (Numbu, Super 1, dan Super 2). Kemudian dilakukan penanaman selanjutnya dengan memilih 1 varietas yang lebih tahan terhadap kekeringan berdasarkan hasil analisis data beberapa parameter. Pelaksanaan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal yaitu perlakuan menghentikan penyiraman saat tanaman berusia 1 bulan. Frekuensi pengambilan sampel yaitu hari ke-0 (full irrigation), dan hari ke-3, 6, dan 9 setelah cekaman kekeringan (Xie *et al.*, 2012). Masing-masing pengambilan sampel diulang sebanyak 3 kali dan menghasilkan 12 unit satuan percobaan.

Penentuan tingkat cekaman kekeringan dilakukan dengan menentukan kadar air kapasitas lapang dari volume tanah dalam pot. Tanah dalam polibag disiram air secara perlahan sampai air keluar dari ujung polybag (air perkolasi keluar dari pot). Parameter pengamatan yang diamati pada percobaan ini antara lain kandungan klorofil daun, kadar air tanah, kadar air relatif daun, berat tanaman, dan tinggi tanaman. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji *Independent Sample T-test* untuk melihat perbedaan antar perlakuan pada setiap parameter.

Analisis kandungan klorofil

Analisis kandungan klorofil dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 664 nm dan 669 nm (Minocha *et al.*, 2009). Selanjutnya akan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = (13,36 \times OD\ 664) - (5,19 \times OD\ 649)$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = (27,43 \times OD\ 649) - (8,12 \times OD\ 664)$$

$$\text{Total klorofil (mg/L)} = \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b}$$

Analisis kadar air tanah

Kadar air tanah ditentukan dengan cara gravimetri dengan cara menimbang sampel yang ditempatkan dalam cawan porselin kemudian dipanaskan pada suhu 105°C (Zhang *et al.*, 2022).

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat sampel setelah dipanaskan}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\%$$

Analisis kadar air relatif daun

Kadar air relatif daun diukur dengan cara mengambil sampel daun kemudian dipotong sepanjang 3 cm kemudian rendam didalam air selama 24 jam lalu dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam atau lebih kemudian ditimbang (Fariñas *et al.*, 2019).

$$\text{RWC} = \frac{\text{FW} - \text{DW}}{\text{TW} - \text{DW}} \times 100\%$$

FW: *Fresh weight* (berat daun segar)

DW: *Dry weight* (berat daun yang dikeringkan)

TW: *Turgid weight* (berat daun yang direndam air)

Analisis tinggi dan berat tanaman

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai daun bendera. Berat tanaman tanaman ditentukan dengan menimbang berat basah dan berat kering tanaman yang dikeringkan pada suhu 105°C selama 48 jam lalu ditimbang (Thamrin, 2020); (Ross *et al.*, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

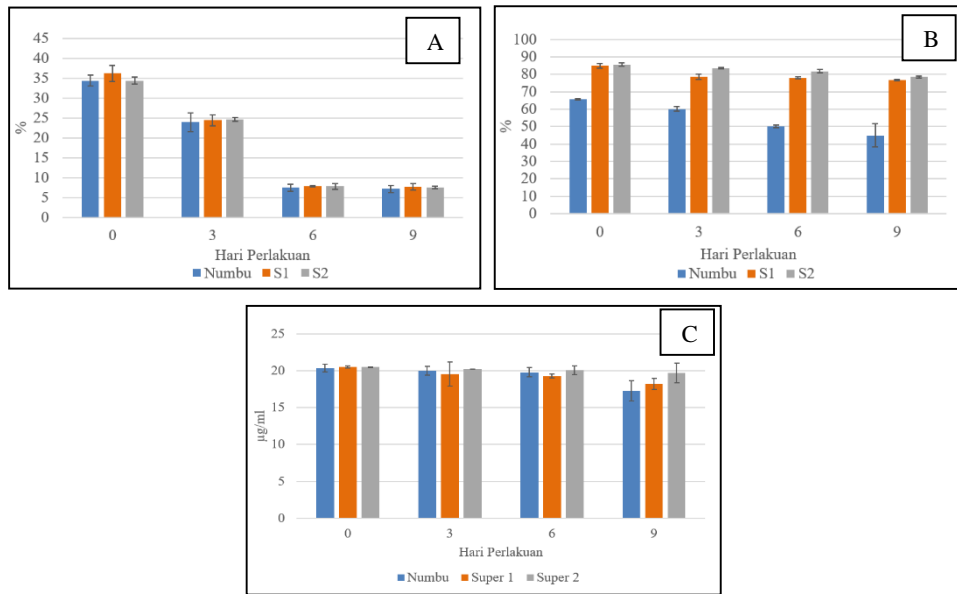
Penelitian pendahuluan terhadap 3 varietas tanaman sorgum

Penelitian pendahuluan dilakukan terhadap tanaman sorgum varietas Numbu, Super 1 dan Super 2 untuk memperoleh varietas yang beradaptasi baik pada kondisi cekaman kekeringan. Analisis data yang diperoleh antara lain, kadar air tanah, kadar air relatif daun serta kandungan klorofil. Diperoleh data yang menunjukkan hasil ketika kondisi kadar air tanah semakin menurun (Gambar 1 A,B) maka kadar air relatif daun juga ikut menurun.

Gambar 1.B menunjukkan bahwa kadar air relatif daun pada varietas Super 2 memiliki persentase lebih tinggi jika dibandingkan dengan varietas Numbu dan Super 1. Dalam

penelitian (Zhang *et al.*, 2018) cekaman kekeringan merupakan status air pada tanaman yang dapat diketahui dengan mengukur kadar air relatif daun sebagai indikator fisiologis.

Persentase kadar air relatif daun yang tinggi merupakan suatu mekanisme resistensi tanaman terhadap kekeringan, dan tingginya kadar air relatif daun merupakan hasil dari pengaturan osmotik berlebih atau pengurangan elastisitas dari jaringan dinding sel (Turner, 2018). Dalam penelitian yang menggunakan tanaman jagung menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat menurunkan kadar air relatif daun (Wang *et al.*, 2020). Variasi kadar air relatif daun antara 18,6% hingga 21,8% menunjukkan bahwa persentase ini merupakan indikator varietas tanaman yang paling tahan terhadap cekaman kekeringan.



Gambar 1. Diagram hasil (A) kandungan air tanah (B) kandungan air daun dan (C) kandungan klorofil pada sorgum varietas Numbu, Super 1, Super 2 yang diberi perlakuan cekaman kekeringan (n=3), data merupakan rata-rata \pm ST-DEV.

Pengukuran kandungan klorofil (Gambar 1.C) terjadi penurunan pada hari ke-3, 6 dan 9 jika dibandingkan dengan hari ke-0 di semua varietas. Pada hari ke-9 merupakan nilai terendah kandungan klorofil pada setiap varietas yaitu varietas Super 2 (0,77%) varietas Numbu (3,08%) dan varietas Super 1 (2,31%) yang dibandingkan dengan hari ke-0. Kandungan klorofil varietas Super 2 mengalami sedikit penurunan jika dibandingkan varietas lainnya. Hal ini mendukung bahwa varietas super 2 merupakan varietas yang lebih tahan terhadap cekaman kekeringan. Kurangnya air dapat menghambat sintesis klorofil pada daun karena menurunkan laju fotosintesis dan meningkatkan temperatur serta transpirasi, yang mengakibatkan disintegrasi klorofil (Takahashi *et al.*, 2020).

Kandungan klorofil memiliki hubungan positif dengan laju fotosintesis. Klorofil disintesis di daun dan berfungsi menangkap cahaya matahari, sehingga kehilangan klorofil dapat mengurangi efisiensi fotosintesis (Kamarianakis & Panagiotakis 2023). Penelitian selanjutnya digunakan varietas super 2 untuk mengamati dampak cekaman kekeringan lebih lanjut.

Dampak kekeringan pada morfologi tanaman sorgum varietas super 2

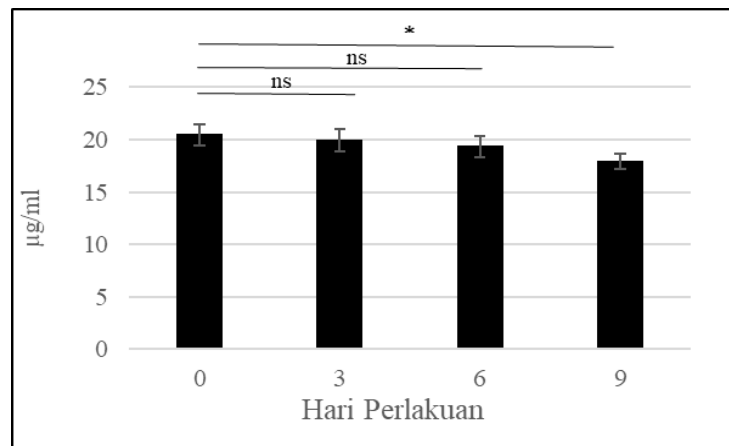
Gejala kekeringan pada tanaman sorgum mulai terlihat pada hari ke-6. Gejala tersebut ditunjukkan dengan daun sorgum yang menguning dan terdapat daun yang mulai menggulung. Cekaman kekeringan hari ke-9 menyebabkan terjadinya penggulungan daun dan terjadinya perubahan warna daun menjadi hijau pucat serta menguning. Namun pada perlakuan kontrol dan cekaman hari ke-3 belum menunjukkan adanya gejala kekeringan.

Stres kekeringan pada sorgum memunculkan beberapa gejala yang tampak, terutama perubahan warna daun menjadi kuning dan kelayuan. Gejala-gejala ini mengindikasikan bahwa tanaman mengalami kesulitan dalam mempertahankan keseimbangan air di bawah kondisi yang buruk (Seleiman *et al.*, 2021).

Dampak kekeringan pada kandungan klorofil tanaman sorgum varietas super 2

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh pengukuran kandungan klorofil (Gambar 2) pada hari ke-0 sebesar (20,46 $\mu\text{g/ml}$), pada hari ke-3 sebesar (19,91 $\mu\text{g/ml}$), pada hari ke-6 sebesar (19,33 $\mu\text{g/ml}$), dan pada hari ke-9 sebesar (17,90 $\mu\text{g/ml}$). Cekaman kekeringan mempercepat penuaan daun dengan mengurangi kandungan klorofil dan stabilitas tanaman seperti sorgum dan jagung, yang merupakan tanaman C4 yang dikenal efisien dalam lingkungan panas dan kering (Fard *et al.*, 2023). Sintesis klorofil dan kerusakan kloroplas yang terjadi selama kondisi kekeringan mengakibatkan penurunan kandungan klorofil (Hu *et al.*, 2023).

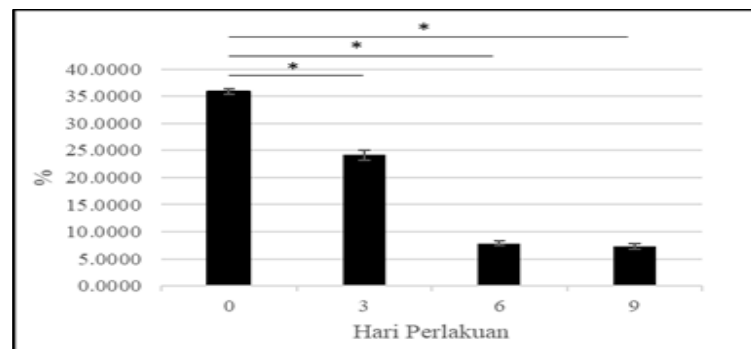
Kandungan klorofil pada daun menurun dalam kondisi kekeringan disebabkan oleh kerusakan kloroplas yang disebabkan oleh kekurangan unsur hara, kekurangan unsur hara ditunjukkan dengan adanya gejala klorosis yang ditandai dengan jaringan daun menguning dan daun berwarna pucat. Klorosis menyebabkan penurunan laju fotosintesis sehingga produktivitas tanaman menurun (Murningsih *et al.*, 2015); Rao *et al.*, 2001).



Gambar 2. Diagram kandungan klorofil ($n=3$), data merupakan rata-rata \pm ST-DEV. Ns menunjukkan tidak berbeda nyata (t -test, $P>0,05$), (*) menunjukkan berbeda nyata (t -test, $P<0,05$), hasil ditunjukkan berdasarkan uji *independent sample T-test*.

Dampak kekeringan pada kadar air tanah tanaman sorgum varietas super 2

Hasil analisis data persentase kadar air tanah (Gambar 3.) pada hari ke-0 adalah 35,88%, pada hari ke-3 menurun menjadi 24,14%, pada hari ke-6 sebesar 7,84%, dan pada hari ke-9 sebesar 7,35%. Penurunan persentase kadar air tanah selama perlakuan cekaman kekeringan ini menunjukkan tren penurunan yang signifikan. Evaporasi dan transpirasi tanaman merupakan penyebab terjadinya menurunnya kadar air tanah (Puértolas & Dodd 2022). Radiasi matahari, suhu, kelembaban, dan angin merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi kehilangan air hal ini menjadi salah satu penyebab utama penurunan produktivitas tanaman (Hussein *et al.*, 2008).

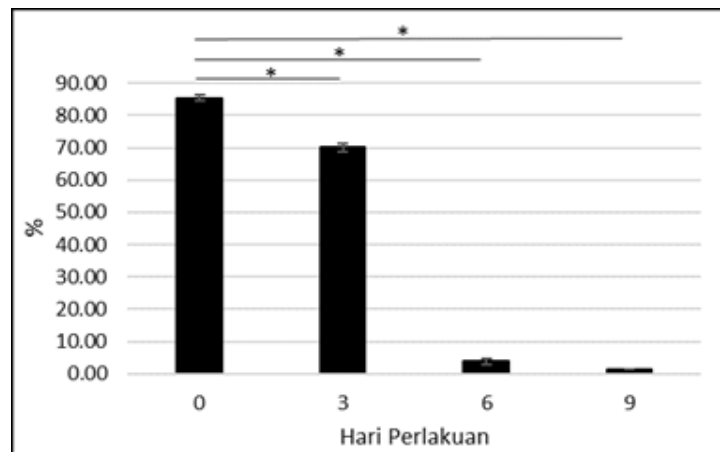


Gambar 3. Diagram kadar air tanah ($n=3$), data merupakan rata-rata \pm ST-DEV. (*) menunjukkan berbeda nyata (t -test, $P<0,05$), hasil ditunjukkan berdasarkan uji *independent sampel T-test*.

Kadar air tanah yang dapat mendukung pertumbuhan sorgum secara optimal berada pada persentase 25%, yang menunjukkan adanya cekaman kekeringan (Aini *et al.*, 2019). Pada hari ke-3 penelitian, ditemukan bahwa meskipun persentase kadar air tanah berada di bawah 25%, tanaman sorgum masih mampu tumbuh hingga hari ke-9 dengan kadar air tanah sebesar 7,35%. Hasil ini menunjukkan potensi pengembangan tanaman sorgum di lahan yang memiliki ketersediaan air yang terbatas.

Dampak kekeringan pada kadar air relatif daun tanaman sorgum varietas super 2

Persentase kadar air relatif daun (Gambar 4) menunjukkan penurunan. Pada hari ke-0, kadar air relatif sebesar 85,46%, menurun menjadi 70,07% pada hari ke-3, kemudian turun lagi menjadi 3,78% ada hari ke-6, dan mencapai 1,22% pada hari ke-9.



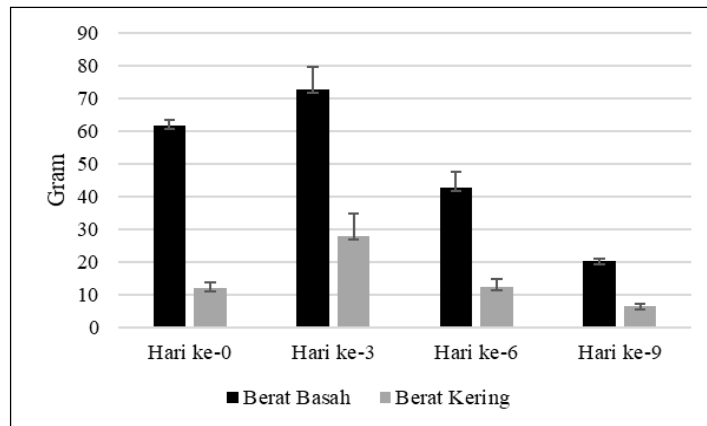
Gambar 4. Diagram kadar air relatif daun (n=3), data merupakan rata-rata \pm ST-DEV. (*) menunjukkan berbeda nyata (*t-test*, $P < 0,05$). Hasil ditunjukkan berdasarkan uji *independent sample T-test*.

Penurunan kadar air relatif daun terjadi setelah dilakukan perlakuan cekaman kekeringan. Hal tersebut terjadi karena tanaman sorgum melakukan evapotranspirasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi meliputi faktor fisik dan faktor meteorologis. Kadar air yang rendah menyebabkan penurunan serapan air oleh akar tanaman, yang berdampak pada rendahnya kadar air dalam tanaman dan berujung pada penurunan kadar air pada daun (Ghanbari *et al.*, 2013). Penurunan kadar air daun mencerminkan status air dan tekanan turgor sel-sel daun yang mengalami cekaman kekeringan (Dewi *et al.*, 2019).

Kadar air relatif daun secara normal berbeda-beda tergantung pada jenis tanaman. Daun yang sepenuhnya turgid dapat memiliki kadar air relatif daun sekitar 98%, sementara daun yang sangat kering mungkin memiliki kadar air relatif daun sekitar 30-40%. Sebagian besar spesies tanaman mempertahankan kadar air relatif daun sekitar 60-70% ketika mengalami awal layu (Hasanuzzaman 2020). Pada hari ke-6 penelitian menunjukkan tanaman sorgum masih mampu tumbuh meskipun persentase kadar air relatif daun hanya 60%, tanaman sorgum masih mampu tumbuh hingga hari terakhir penelitian. Hasil ini menunjukkan potensi pengembangan tanaman sorgum di lahan yang memiliki ketersediaan air yang terbatas.

Dampak kekeringan pada berat tanaman sorgum varietas super 2

Berdasarkan analisis data, terdapat variasi dalam perbedaan antara berat tanaman dalam keadaan basah dan kering selama berjalannya waktu percobaan. Pada hari ke-0, perbedaan ini mencapai 49,54 gram. Pada hari ke-3, perbedaan tersebut mengurang menjadi 44,87 gram. Menjelang hari ke-6, perbedaan ini semakin mengecil menjadi 30,33 gram, dan mencapai titik terendahnya pada hari ke-9 dengan selisih sebesar 13,96 gram.



Gambar 5. Berat tanaman sorghum pada keadaan basah dan kering, (n=3) data merupakan rata-rata \pm ST-DEV

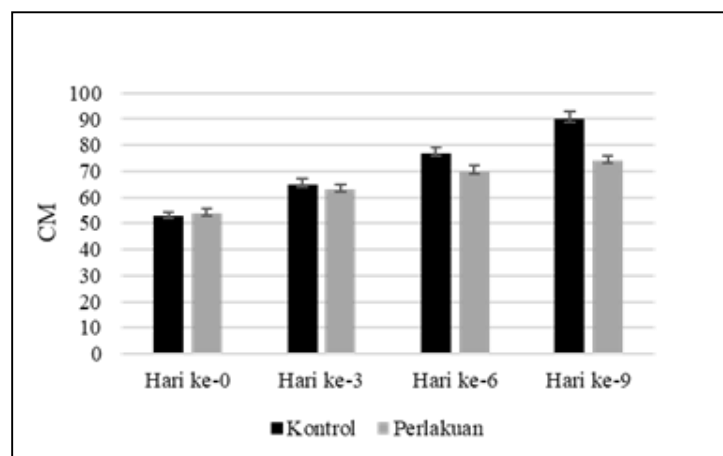
Berat tanaman mencapai puncaknya pada hari ke-3 karena pada saat itu kadar air masih tinggi, yang mendukung pertumbuhan tanaman tanpa hambatan. Namun, pada hari ke-6 dan ke-9 ketika kadar air tanah menurun, berat tanaman juga mengalami penurunan. Kekurangan air yang berkelanjutan dapat mengurangi produksi dan kualitas hasil panen. Tanaman dapat mengalami perlambatan pertumbuhan hingga berhenti bahkan mati jika kekurangan air terjadi secara signifikan.

Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan penggunaan air sehingga berdampak pada produksi bahan kering yang menurun (Suryanti *et al.*, 2015). Tanaman yang menggunakan air tanah dengan efisien untuk memproduksi bahan kering adalah tanaman yang mempunyai tingkat ketahanan kekeringan tinggi (Aminifar *et al.*, 2013).

Dampak kekeringan pada tinggi tanaman sorgum varietas super 2

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh tinggi tanaman yang berbeda antara tanaman kontrol dan perlakuan. Hasil pengukuran tinggi tanaman pada hari ke-0 selisih tanaman kontrol dengan perlakuan sebesar (1 cm), pada hari ke-3 selisih tanaman kontrol dengan perlakuan sebesar (2 cm), pada hari ke-6 selisih tanaman kontrol dengan perlakuan sebesar (7 cm), dan pada hari ke-9 selisih tanaman kontrol dengan perlakuan sebesar (16 cm). Pertumbuhan tanaman menurun seiring dengan menurunnya kadar air tanah (Rini *et al.*, 2020).

Tanaman sorgum perlakuan kontrol menunjukkan tinggi tanaman yang berbeda dengan perlakuan cekaman. Tanaman kontrol selama hari perlakuan dilakukan penyiraman secara rutin dengan kebutuhan air tercukupi sehingga pertumbuhan tanaman sorgum tidak terhambat. Pertumbuhan tanaman tetap terjadi meskipun tanaman diberikan perlakuan cekaman kekeringan, namun memiliki perbedaan pertumbuhan tanaman jika dibandingkan dengan tanaman yang kebutuhan airnya tercukupi (Abu-Ria *et al.*, 2024).



Gambar 6. Pengaruh cekaman kekeringan pada tinggi tanaman sorghum, (n=3) data merupakan rata-rata \pm ST-DEV

KESIMPULAN

Selama periode penelitian, tanaman sorgum mengalami cekaman kekeringan yang menyebabkan perubahan morfologi, seperti menggulungnya daun, warna daun menjadi pucat dan timbulnya klorosis yang ditunjukkan dengan kandungan klorofil sebesar 17,90 µg/ml. Kadar air tanah terendah 7,35% dan kadar air relatif daun terendah 1,22% akan tetapi tinggi tanaman sorgum tetap bertambah karena proses pertumbuhan berlanjut hingga hari terakhir pengamatan. Oleh sebab itu, meskipun menghadapi cekaman kekeringan yang berat, tanaman sorgum tetap dapat bertahan hidup. Hal ini menunjukkan potensi pengembangan tanaman sorgum di lahan yang memiliki ketersediaan air yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Ria, Mohamed E, Eman ME, Wafaa MS, Samy AA & Farag I. 2024. Mitigation of Drought Stress in Maize and Sorghum by Humic Acid: Differential Growth and Physiological Responses. *BMC Plant Biology*. 24(1): 514.
- Aini Q, Jamarun N, Sowmen S & Sriagtula R. 2019. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Berbagai Galur Sorgum Mutan Brown Midrib Sebagai Pakan Ternak. *Pastura*. 8(2): 110.
- Aminifar, Jasem, Mohsen MNik & Alireza S. 2013. Grain Yield Improvement of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under Drought Stress Conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 6(12): 819-824
- Arora NK. 2019. Impact of Climate Change on Agriculture Production and Its Sustainable Solutions. *Environmental Sustainability*. 2(2): 95-96.
- Dewi, Sheli M, Yuyun Y, Warid AQ & Dedi R. 2019. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Hasil Dan Sensitivitas Tiga Genotip Jawawut. *Kultivasi*. 18(3).
- Fard, Somayah K, Ali S & Hamid. 2023. Plant Growth Regulators Affecting Maize Leaf Senescence and Area Index Impact Yield under Drought. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 51:102749.
- Fariñas, María D, Jimenez-Carretero D, Sancho-Knapik D, Peguero-Pina JJ, Gil-Pelegriñ E & Álvarez-Arenas TG. 2019. Instantaneous and Non-Destructive Relative Water Content Estimation from Deep Learning Applied to Resonant Ultrasonic Spectra of Plant Leaves. *Plant Methods*. 15(1): 1-11.
- Ghanbari, Ali A, Mohammad RS, Mahmood T & Rajab C. 2013. Morpho-Physiological Responses of Common Bean Leaf to Water Deficit Stress. *European Journal of Experimental Biology*. 3(1): 487-492.
- Hasanuzzaman M. 2020. Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses.
- Hu, Fang, Yunxiang Z & Jinping G. 2023. Effects of Drought Stress on Photosynthetic Physiological Characteristics, Leaf Microstructure, and Related Gene Expression of Yellow Horn. *Plant Signaling & Behavior*. 18(1): 2215025.
- Hura, Tomasz, Katarzyna H & Agnieszka O. 2022. Drought-Stress Induced Physiological and Molecular Changes in Plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(9).
- Hussein M, Kassab O & Ellil A. 2008. Evaluating Water Stress Influence on Growth and Photosynthetic Pigments of Two Sugar Beet Varieties. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 4(6): 936-941.
- Kamarianakis, Zacharias & Spyros P. 2023. Design and Implementation of a Low-Cost Chlorophyll Content Meter. *Sensors* 23(5).
- Minocha, Rakesh, Gabriela M, Benjamin L & Stephanie L. 2009. Development of a Standardized Methodology for Quantifying Total Chlorophyll and Carotenoids from Foliage of Hardwood and Conifer Tree Species. *Canadian Journal of Forest Research*. 39(4): 849-861.

- Mulyani, Anny, Budi M, Baba B, Dyah RP & Husnain. 2023. Potential Land Reserves for Agriculture in Indonesia: Suitability and Legal Aspect Supporting Food Sufficiency. *Land*. 12(5): 970.
- Murdaningsih, Murdaningsih & Adrianus FGU. 2021. Kajian Agronomi Potensi Pengembangan Tanaman Sorgum Varietas Numbu di Kabupaten Ende. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 17(1):23-27.
- Murningsih T, Kusumadewi SY, Charles YB & Adwita IGB. 2015. Respon Tanaman Jagung Varietas Lokal NTT Umur Sangat Genjah (Pena Tunu' Ana') Terhadap Cekaman Kekeringan. *Berita Biologi*. 1(14): 49-55.
- Nageswara RRC, Talwar HS & Wright GC. 2001. Rapid Assessment of Specific Leaf Area and Leaf Nitrogen in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Using a Chlorophyll Meter. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 186(3): 175-182.
- Puértolas, Jaime & Ian CD. 2022. Evaluating Soil Evaporation and Transpiration Responses to Alternate Partial Rootzone Drying to Minimize Water Losses. *Plant and Soil*. 480(1-2): 473-489.
- Rini, Dwi S, Budiarjo B, Indra G, Radi HA & Rina M. 2020. Mekanisme Respon Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan. *Berita Biologi*. 19(3B): 373-384
- Ross ME, Michele SS, John GD & Andrea JCS. 2017. A Comparison of Methods for the Non-Destructive Fresh Weight Determination of Filamentous Algae for Growth Rate Analysis and Dry Weight Estimation. *Journal of Applied Phycology*. 29(6): 2925-2936
- Sahara D, Joko T, Raden HP, Anggi SR, Forita DAr, Sugeng W, Arlyna BP, Heni P, Andi YF, Sutardi, M, Agus S, Afrizal M, Tota S, Cahyati S, Teguh P, Komalawati, Munir EWi, Chanifah & Endah N. 2023. Sorghum Contribution to Increased Income and Welfare of Dryland Farmer Households in Wonogiri, Indonesia. *Agriculture (Switzerland)*. 13(8): 1-17.
- Seleiman, Mahmoud F, Al-Suhaibani N, Ali N, Mohammad A, Majed A, Yahya R, Turgay D, Hafiz HA & Martin LB. 2021. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants*. 10(2): 1–25.
- Surya, Ida S & Suwetha IGN. 2021. Edukasi Bencana Kekeringan dan Kesiapsiagaan Warga Masyarakat Dalam Menanggulangi Bencana Kekeringan di Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pemerintahan dan Keamanan Publik (JP Dan KP)*. 3(1): 28-44.
- Suryanti, Sri, Didik I, Putu S & Jaka W. 2015. Kebutuhan Air Efisiensi Penggunaan Air dan Ketahanan. *Agritech*. 35(1): 114-120.
- Takahashi, Fuminori, Takashi K, Kaoru U, Kazuko Y & Kazuo S. 2020. Drought Stress Responses and Resistance in Plants: From Cellular Responses to Long-Distance Intercellular Communication. *Frontiers in Plant Science*. 11: 1-14.
- Thamrin H. 2020. Pengukuran Tinggi dan Diameter Tanaman Meranti Merah (*Shorea pauciflora* C.F. Gaertn) di Kebun Raya Unmul Samarinda (Krus). *Jurnal Agriment*. 5(1):62-65.
- Turner, NC. 2018. Turgor Maintenance by Osmotic Adjustment: 40 Years of Progress. *Journal of Experimental Botany*. 69(13): 3223-3233.
- Wang, Xiaolin, Jiakun Y, Xiong Z, Suiqi Z & Yinglong C. 2020. Organic Manure Input Improves Soil Water and Nutrients Use for Sustainable Maize (*Zea mays*. L) Productivity on the Loess Plateau. *PLoS ONE*. 15(8 August).
- Xie, Tingting, Peixi S, Lishan S & Jianbin M. 2012.. Yield, Quality and Irrigation Water Use Efficiency of Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (Linn.) Moench] under Different Land Types in Arid Regions. *Australian Journal of Crop Science*. 6(1): 10-16.
- Zhang, Xiangbo, Lei L, Jinsheng L, Haiming Z & Weibin S. 2018. Effects of Drought Stress and Water Recovery on Physiological Responses and Gene Expression in Maize Seedlings. *BMC Plant Biology*. 18(1): 1-16.

Zhang, Xifeng, Shuiming L, Jiaqi L & Xiaowei C. 2022. Evolution of Research on Global Soil Water Content in the Past 30 Years Based on ITGinsight Bibliometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(23).