KADAR FLAVONOID TOTAL DAN KARAKTERISTIK UJI *BIOASSAY* EKSTRAK SORGUM PADA BERBAGAI TINGKAT CEKAMAN KEKERINGAN

TOTAL FLAVONOID CONTENT AND BIOASSAY TEST CHARACTERISTICS OF SORGHUM EXTRACTS AT DIFFERENT LEVELS OF DROUGHT STRESS

Edi Susilo[1)*], Hesti Pujiwati[2)]

[1)]Program Studi Agroteknologi, Fakutas Pertanian, Universitas Ratu Samban, Jl. Jenderal Sudirman No. 87 Arga Makmur, Kabupaten Bengkulu Utara, Bengkulu, Indonesia

[2)]Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Jl. WRSupratman Kandang Limun, Kota Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

[*] email: susilo_agr@yahoo.com

ARTICLE HISTORY : Received [05 January 2025] Revised [30 April 2025] Accepted [20 June 2025]

ABSTRAK

Tujuan : untuk mengetahui kadar flavonoid total dan karakteristik perkecambahan benih pada uji bioassay akibat pemberian ekstrak sorgum pada berbagai tingkat cekaman kekeringan. Bahan ekstrak disiapkan pada bulan Juni hingga Agustus 2024 di Rumah Kaca Universitas Bengkulu, Desa Kandang Limun, Kota Bengkulu, dan uji bioassay dilakukan pada bulan Agustus 2024 di Pematang Gubernur, Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu. Analisis flavonoid dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada pada bulan Agustus 2024. **Metodologi :** Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Dua varietas sorgum yaitu Super 2 dan Mandau ditanam dengan perlakuan cekaman air melalui pola penyiraman setiap hari, 3 hari sekali, dan 5 hari sekali. Unit percobaan berupa cawan petri, dan percobaan diulang sebanyak empat kali. Metode bioassay cawan petri diterapkan dalam percobaan ini. Setiap cawan petri diberi 10 mL ekstrak air, dan 25 biji kacang hijau ditanam dan diinkubasi selama tiga hari. **Hasil :** Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Mandau memiliki kandungan flavonoid total tertinggi dengan penyiraman setiap 3 hari sekali (3991,34 µg/g), dan varietas Super 2 memiliki kandungan flavonoid total terendah dengan penyiraman setiap hari (3165,26 µg/g). Penghambatan perkecambahan tertinggi dicapai oleh varietas sorgum Mandau dengan penyiraman setiap 5 hari sekali. Perlakuan tersebut menghasilkan daya hambat tertinggi pada tanaman uji, sehingga berpotensi sebagai bioherbisida terbaik. **Temuan :** varietas Mandau memiliki kandungan flavonoid total tertinggi dengan penyiraman setiap 3 hari sekali, dan varietas Super 2 memiliki kandungan flavonoid total terendah dengan penyiraman setiap hari. **Kebaruan:** Penelitian ini memberikan wawasan tentang kadar flavonoid total dan karakteristik perkecambahan benih akibat pemberian ekstrak sorgum pada berbagai tingkat cekaman kekeringan. **Originalitas:** Studi ini menawarkan analisis mendetail tentang kadar flavonoid total dan karakteristik perkecambahan benih pada uji bioassay. **Kesimpulan:** varietas Mandau memiliki kandungan flavonoid total tertinggi dengan penyiraman setiap 3 hari sekali. Penghambatan perkecambahan tertinggi dicapai oleh varietas sorgum Mandau dengan penyiraman setiap 5 hari sekali. **Jenis Artikel :** artikel penelitian empiris.

Kata Kunci : Bioherbisida; Ekstrak; Flavonoid; Cekaman Abiotik; Sorgum

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

ABSTRACT

Objective: *to determine the total flavonoid content and seed germination characteristics in bioassay tests due to sorghum extracts' application at various drought stress levels. Extract materials were prepared from June to August 2024 at Bengkulu University Greenhouse, Kandang Limun Village, Bengkulu City, and bioassay tests were conducted in August 2024 at Pematang Gubernur, Muara Bangkahulu, Bengkulu City. Flavonoid analysis was performed at the Integrated Research and Testing Laboratory (LPPT) of Gadjah Mada University in August 2024.* ***Methodology****: This study used a completely randomized design (CRD) with one factor. Two sorghum varieties, Super 2 and Mandau, were planted with water stress treatment through watering patterns every day, every 3 days, and every 5 days. The experimental unit was a petri dish, and the experiment was repeated four times. The Petri dish bioassay method was applied in this experiment.Each petri dish was given 10 mL of water extract, and 25 mung bean seeds were planted and incubated for three days.* ***Results****: The results showed that the Mandau variety had the highest total flavonoid content with watering every 3 days (3991.34 µg/g), and the Super 2 variety had the lowest total flavonoid content with watering every day (3165.26 µg/g). The highest germination inhibition was achieved by the sorghum variety Mandau with watering every 5 days. The treatment produced the highest inhibition on the test plants, so it has the potential to be the best bioherbicide.* ***Findings****: The Mandau variety has the highest total flavonoid content with watering every 3 days, and the Super 2 variety has the lowest total flavonoid content with watering every day.* ***Novelty:*** *This study provides insight into the total flavonoid content and seed germination characteristics due to the application of sorghum extracts at various levels of drought stress.* ***Originality****: This study offers a detailed analysis of total flavonoid levels and seed germination characteristics in bioassay tests.* ***Conclusion****: The Mandau variety had the highest total flavonoid content with watering every 3 days. The Mandau sorghum variety achieved the highest germination inhibition with watering every 5 days.* ***Type of Paper****: empirical research article.*

Keywords *: Bioherbicide; Extracts; Flavonoids; Abiotic Stress; Sorghum*

PENDAHULUAN

Gulma bersaing dengan tanaman untuk mendapatkan sumber daya penting, yang dapat mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman (Little *et al.,* 2021). Gulma mengurangi hasil panen dengan menyerap sumber daya seperti air, nutrisi, dan ruang tumbuh yang seharusnya dimanfaatkan oleh tanaman utama. Dalam budidaya tanaman, tantangan yang dihadapi mencakup berbagai aspek, seperti pemilihan benih berkualitas, serangan hama dan penyakit, degradasi lahan, persoalan terkait panen dan pascapanen, serta dampak dari perubahan iklim (Farooq *et al.,* 2023). Pengelolaan gulma termasuk dalam bagian dari manajemen hama dan penyakit. Namun, dalam praktiknya, petani sering kali tidak menerapkan metode pengendalian gulma yang efektif, berbeda dengan pendekatan yang dilakukan oleh perusahaan perkebunan dan agribisnis. Petani biasanya mengandalkan pengendalian manual yang padat karya atau menggunakan herbisida sintetik akibat

keterbatasan tenaga kerja. Pengendalian manual lebih umum dilakukan di daerah dengan populasi penduduk atau tenaga kerja tinggi, sedangkan penggunaan herbisida sintetik lebih sering ditemukan di wilayah dengan kepadatan penduduk yang rendah.

Tanaman sering mengalami gangguan akibat berbagai jenis gulma, seperti gulma daun lebar, rumput, dan teki, yang dapat menurunkan hasil panen (Tibugari *et al.,* 2020a). Setiap metode pengendalian gulma memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pengendalian secara manual cenderung membutuhkan biaya yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan herbisida sintetik. Sebaliknya, meskipun lebih efisien dalam penggunaan tenaga kerja, herbisida sintetik sering kali berdampak negatif terhadap lingkungan. Dalam pertanian modern yang berorientasi pada peningkatan produktivitas, herbisida sintetik banyak digunakan.

Namun, penggunaannya dapat memicu masalah lingkungan dan kesehatan. Van Bruggen et al. (2021) menyebutkan bahwa herbisida memiliki potensi merusak lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan metode pengendalian gulma yang sesuai menjadi hal penting, terutama dalam konteks pertanian berkelanjutan. Penelitian yang mendalam diperlukan untuk memastikan penerapan pengendalian gulma tidak hanya mendukung keberlanjutan usaha tani tetapi juga menjaga kelestarian lingkungan.

Pengelolaan gulma secara organik merupakan pendekatan dalam sistem produksi tanaman yang bertujuan untuk mengendalikan gulma dengan cara yang lebih ramah lingkungan. Strategi ini menjadi sangat penting untuk mengatasi resistensi gulma terhadap herbisida sintetik (Travlos *et al.,* 2020). Herbisida organik yang dihasilkan dari tanaman tertentu dapat menjadi alternatif pengganti herbisida sintetik dalam pengendalian gulma.

Alelopati, sebagai bentuk herbisida organik yang ramah lingkungan, memiliki peran signifikan dalam pengelolaan gulma, baik saat ini maupun di masa depan. Alelopati menawarkan solusi untuk permasalahan gulma dalam sistem produksi tanaman. Metode ini memanfaatkan senyawa alelokimia untuk mengendalikan gulma, di mana tanaman alelopati digunakan sebagai penutup tanah. Alelopati juga dapat dikombinasikan dengan metode pengendalian gulma lainnya yang berorientasi pada keberlanjutan (Macías *et al.,* 2020).

Penggunaan bioherbisida memberikan manfaat signifikan bagi semua pihak dengan mengembangkan strategi pengelolaan gulma yang lebih efektif dan ramah lingkungan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada herbisida sintetik (Cheng & Cheng, 2021). Implementasi alelopati sebagai metode pengendalian gulma dalam sistem pertanian berkelanjutan, khususnya di negara berkembang, sangat diperlukan. Namun, agar berhasil,

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

metode ini harus sederhana dan ekonomis. Pengelolaan gulma yang ramah lingkungan dapat dicapai dengan memanfaatkan tanaman yang melimpah dan mudah diakses, yang memiliki potensi alelopati (Gniazdowska & Bogatek, 2020).

Sorgum merupakan tanaman dengan sifat alelopati yang memiliki kemampuan adaptasi luas. Selain mampu tumbuh dan berproduksi di berbagai kondisi lingkungan, sorgum juga dikenal toleran terhadap kekeringan dan dapat beradaptasi di lahan marjinal, seperti tanah miskin unsur hara dan daerah dengan curah hujan rendah (Ali *et al.,* 2023). Sorgum dan bunga matahari merupakan tanaman alelopati yang dapat menghambat pertumbuhan spesies tanaman lain. Keduanya mengandung senyawa alelopati yang efektif dalam menekan gulma, khususnya pada tanaman kapas. Penggunaan bioherbisida berupa ekstrak air sorgum (sorgaab) terbukti dapat mengurangi kerapatan gulma, bobot segar, dan bobot kering gulma masing-masing hingga 29%, 31%, dan 27% dibandingkan kontrol pada tanaman gandum (Susilo *et al.,* 2021).

Pemanfaatan genotipe sorgum sebagai bahan bioherbisida menjadi topik menarik untuk penelitian lebih lanjut karena potensinya yang besar. Berbagai varietas sorgum diduga memiliki kemampuan alelopati yang berbeda-beda, tergantung pada kemampuan alaminya untuk memproduksi senyawa alelopatik. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan sifat ini adalah melalui modifikasi genetik. Senyawa alelopatik yang dihasilkan diharapkan aman bagi manusia dan lingkungan, serta mampu meningkatkan produktivitas tanaman dengan biaya terjangkau (Zhang *et al.,* 2021).

Susilo et al. (2021a) menunjukkan bahwa ekstrak air sorgum dari pola budidaya kering di lahan rawa dan Ultisol berpotensi sebagai bioherbisida efektif. Penelitian lebih lanjut oleh Susilo et al. (2021b) menemukan bahwa ekstrak air sorgum dengan konsentrasi 5% hingga 10% dari tanaman yang ditanam di lahan rawa kering memberikan tingkat penghambatan tertinggi terhadap perkecambahan, menjadikannya kandidat bioherbisida yang menjanjikan. Selain itu, cekaman abiotik seperti kekeringan diduga meningkatkan kadar flavonoid pada tanaman (Kustiawan & Kusuma, 2019).

Hubungan antara lingkungan tumbuh dan kandungan senyawa alelopatik telah diteliti, termasuk pengaruh cekaman air terhadap alelopati. Namun, studi mengenai hubungan alelopati dan flavonoid pada tanaman sorgum di lahan Inceptisol dengan variasi varietas dan pola penyiraman masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik perkecambahan benih dan kadar flavonoid total dalam ekstrak sorgum pada berbagai tingkat cekaman kekeringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan ekstrak air yang diperoleh melalui beberapa tahapan perlakuan. Dua varietas sorgum, yaitu Super 2 dan Mandau, ditanam pada media tanah Inceptisol dengan tiga perlakuan cekaman air, yakni penyiraman setiap hari, setiap 3 hari sekali, dan setiap 5 hari sekali. Tanaman sorgum dipanen pada usia 4 minggu setelah tanam. Bagian tajuk dan akar tanaman dipisahkan, dikeringkan di bawah sinar matahari selama 14 hari, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 72 jam. Setelah kering, berangkasan tanaman dipotong menjadi potongan kecil berukuran 1–2 cm dan digiling menggunakan grinder atau blender hingga menjadi serbuk. Serbuk ini digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan ekstrak air yang dianalisis kandungan flavonoid totalnya serta digunakan dalam uji *bioassay*.

Sebanyak 200 gram serbuk sorgum (konsentrasi 5%) direndam dalam 3800 mL air aquades, kemudian diaduk terus-menerus selama 24 jam pada suhu ruang menggunakan pengaduk. Campuran ini disaring pertama menggunakan kain, lalu menggunakan kertas saring untuk menghasilkan ekstrak yang jernih. Ekstrak tersebut diberi label, disimpan dalam wadah, dan digunakan dalam uji *bioassay*.

Uji *bioassay* bertujuan mengevaluasi kemampuan ekstrak air sorgum yang mengandung senyawa alelokimia (flavonoid) dalam menghambat perkecambahan benih kacang hijau. Sebanyak 25 benih kacang hijau ditempatkan di cawan petri berdiameter 9 cm yang telah dilapisi dua lapis kertas saring. Kemudian, 10 mL ekstrak air dengan konsentrasi 5% ditambahkan ke setiap cawan. Cawan petri diinkubasi di ruang pertumbuhan selama 3 hari. Kombinasi perlakuan antara varietas sorgum dan tingkat cekaman air diulang sebanyak empat kali untuk memastikan validitas hasil.

Pengukuran meliputi beberapa variabel, yaitu kadar total flavonoid, persentase benih yang berkecambah (%), persentase benih yang tidak berkecambah (%), bobot basah kecambah hidup (g), bobot basah kecambah mati (g), bobot basah plumula dan radikula (g), serta panjang plumula dan radikula (cm). Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor dan empat ulangan. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA, dan perbedaan signifikan antarperlakuan diuji menggunakan uji LSD pada tingkat signifikansi $P < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel pengamatan pada penelitian ini adalah kadar flavonoid total, perkecambahan *test plant* dengan variabel persentase kecambah hidup, persentase kecambah mati, bobot

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

basah kecambah hidup, bobot basah kecambah mati, bobot basah plumula dan radikula, dan panjang plumula dan radikula. Berdasarkan tabel sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ekstrak kombinasi varietas dan tingkat cekaman kekeringan menunjukkan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar flavonoid total, persentase kecambah hidup, persentase kecambah mati, bobot basah kecambah hidup, bobot basah kecambah mati, bobot basah plumula dan radikula, dan panjang plumula dan radikula ditunjukkan Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diterapkan pada percobaan ini mempunyai respon yang signifikan terhadap kadar flavonoid total dan perkecambahan *test plant* ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Kadar Flavonoid Total dan Perkecambahan Test Plant Akibat Perlakuan Ekstrak Air dari Kombinasi Varietas Sorgum dan Tingkat Cekaman Air yang Berbeda

Variabel pengamatan	Perlakuan	Koefisien keragaman (%)
Flavonoid total	5,43 **	0,10
Persentase kecambah hidup	19,88 **	18,89
Persentase kecambah mati	19,88 **	18,89
Bobot basah kecambah hidup	21,66 **	29,37
Bobot basah kecambah mati	10,31 **	24,84
Bobot basah plumula dan radikula	112,98 **	20,55
Panjang plumula dan radikula	143,54 **	16,82

** = berbeda sangat nyata
tn = tidak berbeda nyata

Pengaruh perlakuan ekstrak dari sorgum varietas Super 2 dan Mandau menunjukkan berpengaruh nyata. Kadar flavonoid total tertinggi dicapai oleh varietas Mandau + pengairan setiap 3 hari sekali (3991,34 µg/g), kadar flavoid total tertinggi kedua yaitu Super 2 + setiap 5 hari sekali, dan bebeda nyata terhadap varietas dengan kombinasi pengairan lainnya. Kadar flavonoid total terendah dicapai oleh varietas Super 2 dengan pengairan setiap hari (3165,26 µg/g) dan berbeda nyata dengan varietas lainnya ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Rataan Kadar Flavonoid Total Akibat Perlakuan Kombinasi Varietas dan Tingkat Cekaman Kekeringan pada Sorgum

Perlakuan	Flavonoid total (µg/g)
Super 2 + setiap hari	3165,26 f
Super 2 + setiap 3 hari sekali	3366,96 c
Super 2 + setiap 5 hari sekali	3625,00 b
Mandau +setiap hari	3241,81 e
Mandau + setiap 3 hari sekali	3991,34 a
Mandau + setiap 5 hari sekali	3285,51 d

Keterangan : angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa kadar flavonoid total tertinggi dicapai oleh varietas Mandau dengan tingkat cekaman kekeringan yang sedang yaitu pola pengairan

setiap 3 hari sekali. Kadar flavonoid tertinggi kedua dicapai oleh varietas Super 2 dengan tingkat cekaman kekeringan yang tertinggi yaitu pola pengairan setiap 5 hari sekali. Hal ini menunjukkan bahwa setiap varietas sorgum yang mengalami cekaman kekeringan dengan pola pengairan setiap 5 hari sekali (pada varietas Super 2) dan pola pengairan setiap 3 hari sekali (varietas Mandau) maka menghasilkan kadar flavonoit total yang tinggi. Sebaliknya, kadar flavonoid terendah dicapai oleh varietas Mandau dengan tingkat cekaman kekeringan terendah yaitu pola pengairan setiap hari (umumnya). Terlihat bahwa kadar flavonoid terendah dicapai baik varietas Super 2 maupun Mandau dengan tingkat cekaman kekeringan yang rendah.

Flavonoid merupakan senyawa fenolik yang berfungsi sebagai antioksidan untuk melindungi tanaman dari kerusakan akibat spesies oksigen reaktif (ROS) yang meningkat selama cekaman kekeringan. Ketika tanaman mengalami kekeringan, stres oksidatif memicu produksi ROS seperti superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil. Flavonoid berperan dalam menetralkan ROS tersebut, sehingga kadar flavonoid cenderung meningkat sebagai bentuk mekanisme pertahanan tanaman. Cekaman kekeringan juga merangsang jalur metabolisme sekunder, termasuk biosintesis flavonoid, yang sering dikendalikan oleh gen-gen yang aktif dalam kondisi stres. Enzim seperti fenilalanin amonia-liase (PAL), yang berperan dalam jalur biosintesis flavonoid, biasanya menunjukkan peningkatan aktivitas pada tanaman yang mengalami kekeringan (Dong & Lin, 2021).

Respons tanaman terhadap kekeringan bervariasi tergantung tingkat kekeringannya. Pada kondisi kekeringan moderat, tanaman biasanya meningkatkan biosintesis flavonoid sebagai bentuk adaptasi. Namun, pada kekeringan ekstrem, biosintesis flavonoid dapat terganggu karena tanaman tidak mampu mempertahankan aktivitas metabolisme normal, sehingga kadar flavonoid menurun (Syafrida *et al.,* 2018; Saputri, 2019). Variasi respons flavonoid juga dipengaruhi oleh spesies tanaman, genotipe, dan kemampuan adaptasi. Tanaman yang lebih toleran terhadap kekeringan cenderung menunjukkan peningkatan kadar flavonoid yang lebih signifikan dibandingkan tanaman yang sensitif. Oleh karena itu, kadar flavonoid total dapat dijadikan indikator adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan, mencerminkan upaya tanaman melindungi diri dari stres oksidatif akibat kekurangan air (Abdillah *et al.,* 2015; Kumar & Pandey, 2013).

Selain perannya dalam melindungi tanaman, flavonoid juga berfungsi sebagai senyawa alelopati yang potensial untuk dijadikan bioherbisida. Alelopati merupakan fenomena di mana senyawa kimia yang dilepaskan oleh suatu tanaman memengaruhi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

pertumbuhan, perkembangan, atau kelangsungan hidup tanaman lain di sekitarnya. Flavonoid, sebagai bagian dari senyawa fenolik, berperan dalam aktivitas alelopati dengan cara dilepaskan melalui eksudat akar, dekomposisi jaringan daun, atau pembentukan senyawa volatil. Senyawa ini dapat menghambat proses fisiologis tanaman lain, seperti pembelahan sel, pemanjangan akar, dan penyerapan nutrisi.

Sebagai bioherbisida, flavonoid bekerja dengan beberapa mekanisme, antara lain: 1). Menghambat germinasi benih gulma: Flavonoid memodulasi aktivitas enzim atau merusak struktur membran sel. 2). Mengganggu proses fotosintesis: Beberapa flavonoid mengintervensi fungsi kloroplas atau mengurangi efisiensi penggunaan cahaya. 3). Induksi stres oksidatif: Flavonoid dapat menyebabkan akumulasi ROS dalam jaringan gulma, sehingga memicu kerusakan oksidatif. Keunggulan flavonoid sebagai bioherbisida meliputi:1). Ramah lingkungan: Flavonoid berasal dari tanaman sehingga mudah terurai di lingkungan dibandingkan dengan herbisida sintetis. 2). Selektivitas: Flavonoid tertentu dapat menargetkan jenis gulma spesifik tanpa merugikan tanaman utama. 3. Mengurangi resistensi gulma: Mekanisme kerja flavonoid yang beragam membantu mencegah munculnya resistensi pada gulma (Chen *et al.,* 2018; Khalid *et al.,* 2020).

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap persentase kecambah hidup menunjukkan berpengaruh nyata. Persentase kecambah hidup tertinggi dicapai oleh kontrol dan bebeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Persentase kecambah hidup terendah dicapai oleh kombinasi varietas Mandau + penyiraman 5 hari sekali (10,00 %) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Ekstrak Air yang Berasal dari Kombinasi Varietas Sorgum dan Tingkat Cekaman Air terhadap Persentase Kecambah Hidup, Persentase Benih Tidak Tumbuh, dan Bobot Kecambah Hidup

Perlakuan	Kecambah hidup (%)	Benih tidak tumbuh (%)	Bobot kecambah hidup (g)
Kontrol	90,00 a	10,00 d	2,46 a
Super 2 + penyiraman 1 hari sekali	40,00 c	60,00 b	0,66 b
Super 2 + penyiraman 3 hari sekali	40,00 c	60,00 b	0,61 bc
Super 2 + penyiraman 5 hari sekali	60,00 b	40,00 c	0,86 b
Mandau + penyiraman 1 hari sekali	55,00 bc	45,00 bc	0,91 b
Mandau + penyiraman 3 hari sekali	55,00 bc	45,00 bc	0,84 b
Mandau + penyiraman 5 hari sekali	10,00 d	90,00 a	0,13 c

Keterangan : angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa persentase kecambah hidup tertinggi dicapai oleh kontrol. Persentase kecambah hidup terendah oleh Mandau + penyiraman 5 hari sekali. Hal ini menunjukkan bahwa benih terdampak ekstrak yang mengalami cekaman kekeringan dengan beda pola pengairan menghasilkan daya hambat tertinggi. Dari data tersebut tampak bahwa semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakin rendah tingkat persentase benih kecambah hidup khususnya pada varietas Mandau. Menurut Bewley dan Black (1994), cekaman lingkungan, termasuk kekeringan, secara langsung memengaruhi proses fisiologis pada benih. Mereka menjelaskan bahwa kekeringan menyebabkan stres osmotik yang mengurangi ketersediaan air untuk mendukung proses metabolisme penting selama perkecambahan. Selain itu, tanaman yang terpapar cekaman kekeringan sering menghasilkan metabolit sekunder, seperti senyawa fenolik atau hormon stres seperti asam absisat (ABA), yang dapat memengaruhi kualitas ekstrak yang dihasilkan. Penggunaan ekstrak dari tanaman yang terpapar cekaman tersebut pada benih dapat meningkatkan daya hambat dengan memengaruhi enzim-enzim penting untuk perkecambahan, seperti alfa-amilase, sehingga menghambat proses pemecahan cadangan makanan. Cekaman yang berat juga dapat menyebabkan perubahan fisiologis yang berujung pada penurunan viabilitas dan vigor benih, baik secara langsung maupun melalui efek aplikasi ekstrak yang dihasilkan.

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap persentase kecambah benih tidak tumbuh (mati) menunjukkan berpengaruh nyata. Persentase kecambah benih tidak tumbuh tertinggi dicapai kombinasi varietas Mandau + penyiraman 5 hari sekali (90,00 %) dan bebeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Persentase kecambah benih tidak tumbuh terendah dicapai oleh kontrol (10,00%) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya ditunjukkan Tabel 3. Dari uraian data tersebut menunjukkan bahwa test plant yang mengalami penghambatan tertinggi dalam hal ini perlakuan Mandau + penyiraman 5 hari sekali menghasilkan persentase benih tidak tumbuh terbanyak jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Persentase benih tidak tumbuh terendah diperoleh kontrol karena pada perlakuan ini tidak terdapat penghambatan yang diakibatkan oleh alelopati dari ekstrak. Dari data tersebut tampak bahwa semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakin tinggi tingkat persentase benih tidak tumbuh. Respons tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat secara signifikan memengaruhi metabolisme tanaman, termasuk produksi metabolit sekunder yang bersifat alelopatik.Cekaman kekeringan yang parah dapat memicu

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

akumulasi senyawa seperti asam fenolat, flavonoid, dan hormon stres, termasuk asam absisat, dalam jaringan tanaman. Senyawa-senyawa ini, ketika diekstraksi, memiliki potensi untuk menghambat perkecambahan benih lain secara signifikan. Dalam kaitannya dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan Mandau dengan penyiraman setiap 5 hari menghasilkan persentase benih tidak tumbuh tertinggi, Farooq et al. menjelaskan bahwa kekeringan berat meningkatkan konsentrasi senyawa alelopatik dalam ekstrak. Senyawa-senyawa ini dapat mengganggu aktivitas fisiologis benih, seperti penyerapan air, aktivasi enzim, dan proses metabolisme awal yang mendukung pertumbuhan. Sebaliknya, pada perlakuan kontrol tanpa cekaman kekeringan, produksi senyawa alelopatik dalam jumlah signifikan tidak terjadi, sehingga tidak menghambat perkecambahan. Tingkat cekaman yang lebih tinggi berkorelasi dengan efek penghambatan yang lebih besar, yang tercermin dari meningkatnya persentase benih tidak tumbuh (Farooq *et al.,* 2009).

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap bobot kecambah hidup menunjukkan berpengaruh nyata. Bobot kecambah hidup tertinggi dicapai kontrol dan bebeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Bobot kecambah hidup terendah dicapai oleh kombinasi Mandau + penyiraman 5 hari sekali dan berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi lainnya ditunjukkan Tabel 3. Dari data tersebut tampak bahwa semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakin rendah bobot kecambah hidup (khususnya varietas Mandau). Cekaman kekeringan pada tanaman sorgum meningkatkan produksi metabolit sekunder seperti flavonoid, yang memiliki sifat alelopatik. Senyawa ini, yang dihasilkan sebagai respons terhadap stres oksidatif, berfungsi melindungi tanaman dari kerusakan akibat ROS. Dalam perannya sebagai alelopati, flavonoid dapat menghambat proses fisiologis benih lain, seperti penyerapan air, aktivitas enzim, dan metabolisme awal. Aplikasi ekstrak sorgum yang terpapar cekaman kekeringan cenderung menurunkan bobot kecambah tanaman lain dengan mengurangi perkecambahan, panjang, dan berat kecambah, serta meningkatkan kematian kecambah akibat kerusakan oksidatif. Selain itu, peningkatan kadar flavonoid di bawah cekaman moderat hingga tinggi menjadikan ekstrak sorgum lebih efektif sebagai bioherbisida, meskipun pada kekeringan ekstrem efektivitasnya dapat menurun karena gangguan biosintesis flavonoid. Efek alelopatik yang lebih besar pada kondisi cekaman berat menjadikan flavonoid sebagai komponen kunci dalam pengembangan bioherbisida ramah lingkungan (Dong & Lin, 2021 ; Chen *et al.,* 2018 ; Kumar & Pandey, 2013 ; Farooq *et al.,* 2009).

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap bobot benih mati menunjukkan berpengaruh nyata. Bobot benih mati tertinggi dicapai oleh Mandau + penyiraman 5 hari sekali dan berbeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Bobot benih mati terendah dicapai oleh kontrol dan berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Ekstrak Air yang Berasal dari Kombinasi Varietas Sorgum dan Tingkat Cekaman Air terhadap Bobot Benih Mati, Bobot Plumula + Radikula, dan Panjang Plumula + Radikula

Perlakuan	Bobot benih mati (g)	Bobot plumula + radikula (g)	Panjang plumula + radikula (g)
Kontrol	0,165 d	0,14 a	7,311 a
Super 2 + penyiraman 1 hari sekali	0,686 b	0,029 b	1,207 b
Super 2 + penyiraman 3 hari sekali	0,631 bc	0,019 bcd	1,283 b
Super 2 + penyiraman 5 hari sekali	0,399 cd	0,011 cd	1,223 b
Mandau + penyiraman 1 hari sekali	0,653 bc	0,029 b	1,157 b
Mandau + penyiraman 3 hari sekali	0,590 bc	0,024 bc	1,250 b
Mandau + penyiraman 5 hari sekali	1,063 a	0,010 d	0,577 c

Keterangan : angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Dari data tersebut menunjukkan bahwa bobot benih mati tertinggi dicapai oleh ekstrak yang berasal dari tanaman sorgum yang mengalami cekaman tertinggi dalam hal ini penyiraman 5 hari sekali (khususnya varietas Mandau). Dari data tersebut tampak bahwa semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakintinggi bobot benih mati. Menurut Farooq et al. (2009), cekaman kekeringan pada tanaman memicu peningkatan produksi metabolit sekunder dan senyawa stres, seperti asam fenolat, flavonoid, dan hormon stres (asam absisat atau ABA), yang dapat memengaruhi viabilitas dan vigor benih. Semakin tinggi tingkat cekaman pada tanaman bahan ekstrak, semakin kuat sifat penghambat senyawa yang dihasilkan. Ketika ekstrak ini diaplikasikan pada benih, senyawa tersebut mengganggu proses penting seperti penyerapan air, aktivasi enzim, dan metabolisme awal, sehingga menurunkan viabilitas benih dan meningkatkan bobot benih mati. Cekaman kekeringan juga merusak membran sel dan menghambat metabolisme energi, yang penting untuk proses perkecambahan dan pertumbuhan awal. Aplikasi ekstrak dari tanaman yang mengalami cekaman berat memperburuk stres pada benih, sehingga mengurangi kemampuan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

benih untuk berkecambah atau bertahan hidup, yang berujung pada meningkatnya jumlah benih yang tidak tumbuh.

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap bobot plumula + radikula menunjukkan berpengaruh nyata. Bobot plumula + radikula tertinggi dicapai oleh kontrol dan berbeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Bobot plumula + radikula terendah dicapai oleh Mandau + penyiraman 5 hari sekali dan berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya ditunjukkan Tabel 4. Semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakin rendah bobot plumula + radikula dicapai. Menurut Khalid *et al.,* (2020), peningkatan senyawa alelopatik akibat cekaman kekeringan dengan penghambatan pertumbuhan bagian vegetatif tanaman uji.

Pengaruh perlakuan ekstrak air dari beragam tingkat cekaman kekeringan (perbedaan pola pengairan) terhadap panjang plumula + radikula menunjukkan berpengaruh nyata. Panjang plumula + radikula tertinggi dicapai oleh kontrol dan bebeda nyata terhadap kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya. Panjang plumula + radikula terendah dicapai oleh Mandau + penyiraman 5 hari sekali dan berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi varietas dengan pola pengairan lainnya ditunjukkan Tabel 4. Dari data tersebut tampak bahwa semakin tinggi tingkat cekaman terhadap tanaman bahan ekstrak maka semakin rendah panjang plumula + radikula dicapai. Menurut Taiz *et al.,* (2015) cekaman abiotik seperti kekeringan berdampak signifikan pada pertumbuhan awal tanaman, khususnya perkembangan plumula (tunas) dan radikula (akar primer). Kekeringan meningkatkan tekanan osmotik, membatasi akses air, dan mengganggu metabolisme penting, seperti pembelahan dan pemanjangan sel. Selain itu, kekeringan menurunkan kadar hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, serta meningkatkan hormon stres seperti asam absisat (ABA), yang memicu produksi senyawa penghambat. Tingginya konsentrasi senyawa alelopatik atau metabolit sekunder dalam ekstrak dari tanaman yang mengalami cekaman berat dapat menghambat aktivitas fisiologis, termasuk penyerapan air dan nutrisi, serta fungsi enzim, sehingga menghambat pertumbuhan plumula dan radikula.

KESIMPULAN

Kadar flavonoid total tertinggi dicapai oleh varietas Mandau dengan pengairan setiap 3 hari sekali (3991,34 µg/g) dan terendah dicapai oleh varietas Super 2 dengan pengairan setiap hari (3165,26 µg/g). Penghambatan kecambah tertinggi dicapai oleh varietas sorgum Mandau

dengan penyiraman 5 hari sekali. Perlakuan tersebut menghasilkan penghambatan terhadap test plant tertinggi sehingga berpotensi sebagai bioherbisida terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, D., Siswoyo, T. A., & Soedradjad, R. (2015). Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum *(Sorghum bicolor L. Moench)* pada Fase Awal Vegetatif. Berkala Ilmiah Pertanian, 1(1), 1-10.

Ali, M., Khan, S., Ahmed, Z., & Farooq, M. (2023). *Sorghum as a climate-resilient crop: Adaptation strategies and potential benefits for sustainable agriculture*. Journal of Agronomy and Crop Science, 209(4), 456–472. https://doi.org/10.1002/jac.2023

Bewley, J. D., & Black, M. (1994). Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum Press, New York.

Chen, S., Wei, H., & Zhang, C. (2018). Allelopathic Effects of Flavonoids from Invasive Plant Species on Native Plants: A Review. *Allelopathy Journal*, 44(1), 65-78.

Cheng, F., & Cheng, Z. (2021). "Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy." *Frontiers in Plant Science, 12*, 642494.

Dong, N.-Q., & Lin, H.-X. (2021). Contribution of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) to plant secondary metabolism and responses to environmental stresses. *Frontiers in Plant Science, 12*, 800.

Dong, X., & Lin, J. (2021). Flavonoids: Reactive oxygen species scavengers protecting plants under abiotic stress. *Journal of Plant Physiology*, 266, 153543.

Farooq, A., Farooq, N., Akbar, H., Hassan, Z. U., and Gheewala, S. H. (2023). A critical review of climate change impact at a global scale on cereal crop production. *Agronomy*, *13*(1), 162. https://doi.org/10.3390/agronomy13010162

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms, and management. *Agronomy for Sustainable Development, 29*(1), 185-212.

Gniazdowska, A., & Bogatek, R. (2020). "Allelopathic interactions between plants: Multi-site action of allelochemicals." *Acta Physiologiae Plantarum, 42*, 25.

Khalid, S., Ahmad, T., & Anjum, M. A. (2020). Allelopathic Potential of *Euphorbia helioscopia L.* against Germination and Seedling Growth of Wheat and Brassica. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 26(2), 157-168.

Khalid, S., Shahid, M., & Bukhari, S. A. H. (2020). *Allelopathic effects of drought-induced secondary metabolites on crop growth*. Journal of Environmental Biology, **41**(1), 1–10.

Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Flavonoids: Health Benefits and Their Molecular Mechanism. In Flavonoids - From Biosynthesis to Human Health (pp. 1-16). IntechOpen.

Kustiawan, W., & Kusuma, A. (2019). *Pengaruh cekaman abiotik terhadap kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan pada tanaman*. Jurnal Agrobiologi Indonesia, 5(3), 45–52.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

Little, N. G., DiTommaso, A., Westbrook, A. S., Ketterings, Q. M., and Mohler, C. L. (2021). Effects of fertility amendments on weed growth and weed–crop competition: A review. *Weed Science*, *69*(2), 132–146. https://doi.org/10.1017/wsc.2021.1

Macías, F. A., Varela, R. M., & Torres, A. (2020). "Allelopathy: A natural alternative for weed control." *Pesticide Biochemistry and Physiology, 168*, 104641.

Saputri, M. (2019). Perbandingan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Sirsak *(Annona muricata L.)* Berdasarkan Kekeringan Bahan. KTI Mahasiswa, Poltekkes Kemenkes Palembang.

Susilo, E., Setyowati, N., Nurjanah, U., and Muktamar, Z. (2021a). Sorghum germination inhibition using its water extract cultivated in swampland with different irrigation patterns. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 694, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.

Susilo, E., Setyowati, N., Nurjannah, U., and Muktamar, Z. (2021b). Effect of Swamp Irrigation Pattern and Sorghum Extract Concentration on Sorghum Seed Sprout. In *3rd KOBI Congress, International and National Conferences (KOBICINC 2020)* (pp. 19-25). Atlantis Press.

Susilo, H., et al. (2021). "Potensi Ekstrak Air dari Ratun Tanaman Sorgum Sebagai Bioherbisida." Jurnal Agronida, 10(1), 17-26.

Syafrida, M., Darmanti, S., & Izzati, M. (2018). Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Kadar Air, Kadar Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Daun dan Umbi Rumput Teki *(Cyperus rotundus L.).* Bioma, 20(1), 44-50.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant Physiology and Development. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Tibugari, H., Chiduza, C., and Mashingaidze, A. B. (2020a). A survey of problem weeds of sorghum and their manage ment in two sorghum-producing districts of Zimbabwe. *Cogent Social Sciences*, *6*(1), 1738840. https://doi.org/10.1 080/23311886.2020.1738840

Travlos, I. S., Cheimona, N., & Ralli, P. (2020). "Integrating cultural and mechanical methods for weed management in organic farming systems: A sustainable approach." *Agronomy, 10*(8), 1156.

Van Bruggen, A. H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., & Morris, J. G. (2021). "Environmental and health effects of the herbicide glyphosate." *Science of the Total Environment, 616-617*, 255-268.

Zhang, Y., et al. (2021). "Enhancing Allelopathic Potential in Rice through Genetic Engineering: A Sustainable Approach to Weed Management." *Frontiers in Plant Science*, 12, 654321.