

Pembentukan Varietas Kedelai Tahan Cekaman Air Dari Genotipe Hasil Mutasi Gen Generasi Mutan Kedua (M₂) Dengan Potensi Hasil Yang Tinggi

The Formation of Water Stress Resistant Soybean Varieties From Genotypes Resulted From Genetic Mutation Between the Second Generation Mutant With High Result Potentials.

Aminah^{1*}, Fadjry Djufry², Edy¹, Abdullah¹, Nuraeni¹, Sudirman Numba¹, Marliana S Palad³, Amiruddin Syam², Asmiaty Sahur⁴

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia Makassar Sulawesi Selatan

²Badan Standarisasi Instrumen Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia

³Program Studi Agronomy, Fakultas Pertanian, Universitas Cokroaminoto Makassar Sulawesi Selatan

⁴Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar Sulawesi Selatan

*E-mail: aminah.muchdar@umi.ac.id

ABSTRACT

The aim of the study was to obtain second generation mutant lines (M₂) from three genotyped soybean seeds, namely M₂ Anjasmoro, M₂ Argomulyo and M₂ Dena-1 which are tolerant to drought stress, water saturation stress and high yield potential. The research was carried out in the Maros district, South Sulawesi, July-November 2022, arranged in a split plot design. The main plot is the application of water consisting of three levels, namely selection of drought stress (C1), selection of water saturation stress (C2) and selection of optimum conditions (C3). Subplots are three second generation soybean seeds resulting from gene mutations (M₂), namely: M₂ Anjasmoro, M₂ Argomulyo and M₂ Dena-1. The results showed that the best plant agronomic characters for growth and production factors were M₂ Anjasmoro for water saturation stress treatment and M₂ Argomulyo and M₂ Dena-1 for drought stress treatment. The fastest harvesting age was obtained from the combination of drought stress and M₂ Argomulyo, namely 79 days and not significantly different from the combination of drought stress and M₂ Dena-1, namely 79.34 days, but significantly different from the other treatment combinations. The production obtained from the seeds resulting from the second generation of gene mutations has begun to show a difference between those given the mutation treatment and their parents, where the combination of water saturation stress and M₂ Anjasmoro gave the highest production of 3.20 tonnes/ha higher than the production of its parents which only reached 2.03-2.25 tonnes/ha. Generation M₂ Argomulyo seeds were the longest surviving seeds to recovery from drought stress (38 days), in the sense that M₂ Argomulyo seeds were more resistant to drought stress than the other two generations of seeds, namely M₂ Anjasmoro (36 days) and M₂ Dena-1 (37 days). Meanwhile, the resistance to water saturation was shown by M₂ Dena-1 generation seeds, namely 40.67 days, followed by M₂ Argomulyo 29.67 days and M₂ Anjasmoro 27.33 days.

Keywords: Water saturation stress, Drought stress, M₂ Anjasmoro; M₂ Argomulyo; M₂ Dena-1



Lisensi

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

Disubmit : 23 Juli 2023, Diterima: 08 Agustus 2023 ,Disetujui : 23 November 2023;

PENDAHULUAN

Penyediaan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi dan beradaptasi baik pada lahan kering dan lahan sawah merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produksi kedelai dalam negeri, dimana kondisi cuaca dan pada titik tertentu dapat menyebabkan perubahan dan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Zhu, 2016).

Tanaman kedelai (*Glycine max* L) merupakan komoditas terpenting ketiga setelah padi dan jagung. Kebutuhan kedelai dalam negeri terus meningkat sejalan peningkatan jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan berbahan baku kedelai, seperti industri kecap, tahu tempe, susu kedelai, industri kripik tempe (Murtiati, Anwar and Sutrisno, 2016). Rata-rata kebutuhan kedelai di Indonesia pertahun yaitu 2,2 juta ton, namun produksi dalam negeri saat ini hingga tahun 2020 hanya mencapai 616.300 ton meningkat dibanding tahun 2019 yang hanya mencapai 424.190 ton (Badan Pusat Statistik, 2021).

Upaya yang diperlukan untuk meningkatkan produksi kedelai di dalam negeri mengingat kebutuhan kedelai yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk yaitu salah satunya adalah penyediaan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan beradaptasi baik pada lahan kering dan lahan sawah, di samping itu hal lain yang perlu diperhatikan selain menyediakan varietas unggul yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan cekaman jenuh air adalah pengelolaan air tersebut yang sangat ditentukan pula oleh sifat-sifat tanaman terhadap kebutuhan air, karakteristik tanah dalam menyimpan air, cara irigasi serta jumlah air yang diberikan (da Silva *et al.*, 2019).

Salah satu strategi pengembangan kedelai pada lahan yang sering mengalami kondisi defisit air adalah perakitan varietas toleran terhadap cekaman kekeringan, mengingat potensi lahan kering yang berada di Indonesia cukup luas demikian halnya dengan perakitan varietas toleran terhadap cekaman jenuh air, sehingga langkah awal untuk perakitan varietas tersebut adalah peningkatan keragaman genetik tanaman untuk mendapatkan varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Selanjutnya melakukan seleksi karakter morfologi genotipe kedelai secara dini terhadap cekaman kekeringan dan cekaman jenuh air untuk mengetahui toleransinya pada kondisi cekaman kekeringan dan jenuh air (Bänziger *et al.*, 2000).

Peningkatan keragaman genetik dapat dicapai salah satunya melalui perlakuan mutasi (iradiasi). Pemuliaan mutasi sangat bermanfaat untuk perbaikan beberapa sifat tanaman dengan tidak merubah sebagian besar sifat tanaman asli. Pemuliaan mutasi akan lebih cepat jika perubahan karakter genetik yang diinginkan tersebut dikontrol oleh gen sederhana (Shu, Forster and Nakagawa, 2012). Mutasi induksi sementara ini merupakan metode pemuliaan yang paling efektif untuk perbaikan satu atau beberapa sifat yang tidak diinginkan. Sejalan dengan ini perbaikan sifat yang diinginkan melalui metode pemuliaan mutasi akan dapat terkonsentrasi hanya pada satu target (Balimponya *et al.*, 2022).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Riyanto, Susanti and Haryanto, 2023) mendapatkan bahwa komponen hasil dari tanaman padi yang sudah disilangkan dengan generasi kedua pada generasi lanjut masih tetap dikendalikan oleh gen monogenik atau poligenik, dimana variabilitas genetik yang luas ditemukan pada hampir semua parameter produksi yang diamati, antara lain jumlah anakan produktif pertanaman dan jumlah bobot gabah permalai.

Kondisi lahan yang tergenang menyebabkan terjadinya penurunan proses pertukaran gas antara jaringan tanaman dan atmosfer disekitarnya, karena gas (khususnya oksigen) berdifusi 10.000 kali lebih lambat di dalam air dibandingkan dengan di udara. Selain itu kondisi tergenang juga menyebabkan kerusakan tanaman karena hilangnya oksigen dari tanah akibat terjadinya kelebihan air (Taiz and Zeiger, 2010).

Hasil penelitian (Kusparwanti, 2014) mendapatkan bahwa kekurangan air pada stadium vegetatif (7 – 12 hari setelah tanam) tidak menyebabkan kerusakan yang berarti akan tetapi kekurangan air pada fase penyerbukan dan pengisian biji (30-45 dan 55 hari setelah tanam) akan menurunkan hasil.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan antara lain : Benih kedelai generasi kedua hasil mutasi gen (M_2) Anjasmoro, (M_2) Argomulyo dan (M_2) Dena-1, pupuk an-organik (Urea, SP-36 and KCl), pupuk organik, Insektisida Decis dan Marshal, kantong kertas, tali dan lain-lain. Alat yang digunakan meliputi pompa air, selang, pipa paralon, timbangan untuk mengukur bobot kering tanaman, penggaris, oven untuk analisis bahan kering tanaman, jaring pagar, patok bambu dan lain lain.

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian tahun sebelumnya yang menghasilkan generasi M_2 dari beberapa varietas kedelai hasil mutasi gen dari generasi M_1 , yang nantinya akan melihat mekanisme adaptasi turunan M_2 dari beberapa varietas yang telah diiradiasi terhadap cekaman kekeringan dan cekaman jenuh air. kedelai yang diuji adalah benih generasi kedua M_2 dari tiga mutan M_1 kedelai yang telah diirradiasi sinar gamma. Selanjutnya dilakukan Seleksi pada kondisi cekaman kekeringan, seleksi pada cekaman jenuh air dan seleksi pada kondisi pemberian air optimum.

Penelitian menggunakan rancangan petak terpisah (Split Plot Design), dimana Petak Utama (PU) adalah pemberian air, dengan tiga level yaitu C1=cekaman kekeringan, C2=cekaman jenuh air dan C3=pemberian air optimal. Anak Petak (AP) terdiri dari tiga benih hasil mutasi gen generasi kedua (M_2), yaitu M_2 Anjasmoro, M_2 Argomulyo dan M_2 Dena-1,

Metode seleksi pada kondisi cekaman kekeringan, dimana benih kedelai yang diuji adalah benih turunan M_2 Anjasmoro, M_2 Argomulyo dan M_2 Dena-1 ini akan dilakukan seleksi pedigree berdasarkan penampilan morfologi tanaman yang mampu beradaptasi pada lingkungan yang mengalami cekaman kekeringan. Dilakukan dengan membiarkan tanpa diberikan air sampai tanaman memasuki fase generatif (R_1) sampai tanaman menunjukkan kelayuan akibat cekaman kekeringan menunjukkan gejala layu berat. Ketika tanaman menunjukkan gejala mulai memasuki fase kritis (layu berat), tanaman kemudian diberi air kembali untuk mengamati pemulihannya dari cekaman kekeringan.

Metode seleksi pada kondisi cekaman jenuh air, air yaitu dengan memberikan air pada tanaman kedelai di atas dari kebutuhan normalnya, dimana benih kedelai yang diuji adalah benih M_2 Anjasmoro, M_2 Argomulyo dan M_2 Dena-1. Generasi M_2 ini akan dilakukan seleksi pedigree berdasarkan penampilan morfologi tanaman yang mampu beradaptasi pada lingkungan jenuh air

Metode seleksi pada kondisi optimum yaitu dengan memberi air sesuai dengan kebutuhan normalnya. Pengamatan meliputi beberapa peubah yaitu : tinggi tanaman, umur berbunga, kehijauan daun, jumlah polong berisi pertanaman, bobot kering akar (gr), bobot kering total tanaman (gr), umur panen (hari), bobot 100 biji, bobot biji pertanaman. bobot biji per petak (kg), produksi per hektar (ton).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakter agronomi tinggi tanaman, kehijauan daun, berat kering akar, umur panen terhadap benih generasi kedua M_2 dari genotip kedelai yang diberi cekaman cekeringan, cekaman jenuh air dan kondisi optimum.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Kehijauan Daun	Berat kering akar (gr)	Umur Panen (hari)
Cekaman kekeringan + M_2 Anjasmoro	73,83 b	36,07 abc	2,17 bc	88,67 b
Cekaman kekeringan + M_2 Argomulyo	70,07 ab	37,97 a	1,18 a	79,00 a
Cekaman kekeringan + M_2 Dena-1	64,30 a	35,93 ac	2,33 c	79,34 a
Cekaman jenuh air + M_2 Anjasmoro	75,07 bc	44,37 e	3,20 d	94,33 e
Cekaman jenuh air + M_2 Argomulyo	85,20 d	40,00 cd	1,70 abc	92,33 c
Cekaman jenuh air + M_2 Dena-1	81,40 cd	39,63 d	1,17 a	90,00 cd
Kondisi optimum + M_2 Anjasmoro	75,87 bc	39,93 cd	2,33 c	89,67 bc

Kondisi optimum + M ₂ Argomulyo	74,63 bc	36,40 ab	1,23 a	92,00 c
Kondisi optimum + M ₂ Dena-1	73,30 b	34,53 a	1,63 ab	90,33 c
Uji Jarak Berganda Duncan				

Tabel 1, karakter agronomi tinggi tanaman memperlihatkan adanya interaksi antara perlakuan cekaman air dan perlakuan generasi M₂ dari tiga varietas yang dicobakan, dimana perlakuan cekaman jenuh air dan generasi M₂ Argomulyo (C2V2) memberikan hasil tertinggi terhadap parameter tinggi tanaman yaitu (85,20 cm) namun tidak berbeda nyata dengan generasi M₂ Dena-1 yaitu (81,40). Hal ini diduga saat fase vegetatif dan generatif jumlah air yang tersedia melimpah sehingga tercukupi air dimana air tersedia cukup jumlahnya saat betul-betul dibutuhkan oleh tanaman. Hasil penelitian (Nugraha, Sumarni and Sulistyono, 2014) mendapatkan bahwa tanaman kedelai yang ditanam di rumah plastik dengan interval pemberian air yang dikurangi jumlahnya menyebabkan menurunnya tinggi tanaman sebesar 9.2%. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Sharifa, 2015) menunjukkan pada kedelai yang diberi cekaman kekeringan dengan mengurangi intensitas pemberian air pada fase generatif juga menyebabkan berkurangnya tinggi tanaman sebesar 18%.

Selain membandingkan antara varietas hasil generasi M₂ dari tiga varietas yang dicobakan juga dibandingkan antara varietas yang menjadi tetuanya. Dimana turunan kedua M₂ memberikan pengaruh terbaik dari tinggi tanaman dibanding tetuanya. Jika dibandingkan tinggi tanaman hasil generasi M₂ terhadap ketiga varietas yang dicobakan, dimana tinggi tanaman untuk varietas Argomulyo adalah sekitar 40 cm (tetua) sedangkan tinggi tanaman yang diperoleh dari turunan kedua M₂ lebih tinggi, hal ini membuktikan bahwa saat benih diiradiasi telah terjadi perubahan materi genetic terhadap benih tersebut dan ini sesuai pendapat (Sakin, 2002), yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan rata-rata tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol setelah adanya irradiasi sinar gamma terhadap turunan generasi kedua M₂. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Hanafiah *Et Al.*, 1970) yang menyatakan bahwa irradiasi sinar gamma pada dosis 100 - 200 gray efektif menyebabkan terjadinya keragaman genetik pada tanaman.

Tabel 1, karakter agronomi kehijauan daun memperlihatkan adanya interaksi antara perlakuan cekaman air dan perlakuan generasi M₂ dari tiga varietas yang dicobakan, dimana perlakuan cekaman jenuh air dengan generasi M₂ Anjasmoro mempunyai kehijauan daun paling tinggi (C2V1) yaitu 44,37 dan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain.

Kehijauan daun berkorelasi dengan kandungan kadar klorofil daun, semakin hijau suatu daun maka kadar klorofilnya semakin banyak dan kemampuan untuk berfotosintesis akan semakin tinggi, juga dapat menjadi alat yang sensitif untuk mengidentifikasi variasi genotip dalam memperkirakan tingkat fotosintesis dan dapat berfungsi sebagai kriteria seleksi dalam program pemuliaan tanaman (Iglesias and Garrote, 2015). Kadar klorofil merupakan unsur penentu kemampuan fotosintesis tanaman yang sebagian besar terdapat pada daun. Klorofil daun berhubungan erat dengan kehijauan daun. Klorofil merupakan pigmen yang memiliki fungsi dalam proses fotosintesis tanaman. Semakin tinggi kadar klorofil daun maka kemampuan dalam berfotosintesis akan semakin tinggi. (Taiz and Zeiger, 2010) mengatakan bahwa pada proses fotosintesis, klorofil tanaman merupakan molekul kompleks yang berperan menangkap energi cahaya matahari yang merupakan proses transfer energi dan elektron.

Tabel 1 karakter agronomi berat kering akar memperlihatkan adanya interaksi yang berbeda nyata antara perlakuan cekaman air dan perlakuan generasi M₂ dari tiga varietas yang dicobakan, dimana perlakuan jenuh air dan perlakuan generasi M₂ memperlihatkan berat kering akar yang lebih berat dibanding kombinasi perlakuan yang lainnya, hal di atas sejalan dengan pernyataan (Fried, Narayanan and Fallen, 2018) yang menyatakan bahwa karakter morfologi akar yang potensial untuk menunjukkan resistensi tanaman terhadap kekurangan air lebih besarnya berat kering akar pada genotip tanaman yang lebih tahan kering, dan penambahan volume. Peran sistem perakaran dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan unsur hara sudah dikenal baik pada tanaman legum, termasuk kedelai (Ao *et al.*, 2010). Produktivitas setiap tanaman di

lingkungan yang optimal dan suboptimal sering dikendalikan oleh distribusi dan arsitektur sistem perakaran (Bengough *et al.*, 2011).

Sistem perakaran mampu meningkatkan penyerapan sumber daya dan menembus tanah padat (hardpan) penting untuk meningkatkan produktivitas kedelai di lingkungan yang optimal dan sub-optimal (Fried, Narayanan and Fallen, 2018). Variabilitas genetik yang diidentifikasi dalam penelitian ini untuk sifat akar dan penetrasi sangat penting untuk program perbaikan kedelai dalam memilih genotipe dengan karakteristik akar yang lebih baik untuk meningkatkan hasil di lingkungan stres atau optimal. Pada kondisi lingkungan yang tidak mendukung seperti terjadinya genangan, tanaman dapat mengalami cekaman dan terhambat pertumbuhannya. Cekaman genangan merupakan penyebab hipoksia (Kekurangan oksigen) atau anoksia (Keadaan lingkungan tanpa oksigen) tanaman (Smith *et al.*, 2009). Genangan yang terjadi menyebabkan kondisi perakaran tanaman menjadi anaerob (Hodson and Bryant, 2012).

Perlakuan pemberian air dan M₂ dari beberapa varietas serta interaksinya berpengaruh terhadap umur panen (Tabel 1), dimana kombinasi perlakuan cekaman kekeringan dan generasi M₂ Argomulyo (C1V2) paling cepat dalam hal umur panen yaitu 79 hari dan tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan cekaman kekeringan dan generasi M₂ Dena-1 (C1V3) yaitu 79,34 hari, namun berbeda nyata dengan semua kombinasi perlakuan yang lain, hal ini berarti bahwa cekaman kekeringan berpengaruh terhadap parameter yang lain terutama kecepatan umur berbunga sehingga berdampak pada cepatnya pula umur panen, artinya disini pada generasi M₂ sudah mulai terjadi perubahan karakter genetik yang diharapkan dibanding varietas tetuanya (tanpa perlakuan mutase) yaitu 82,5-92,5 hari. Hal ini menandakan bahwa generasi M₂ Argomulyo sudah dikategorikan berumur genjah, karena kriteria berumur genjah < 80 hari dan berumur sedang 80 -85 hari, sehingga sudah mulai terjadi perubahan karakter genetik yang diharapkan dibanding varietas tetuanya (tanpa perlakuan mutasi).

Tabel 2. Karakter agronomi umur berbunga, berat kering tanaman, jumlah polong isi terhadap benih generasi kedua M₂ dari genotip kedelai yang diberi cekaman kekeringan, cekaman jenuh air dan kondisi optimum

Perlakuan	Umur Berbunga (Hari)	Berat Kering Tanaman (gr)	Jumlah Polong Berisi
Pemberian Air			
C1 Kekeringan	33,11 b	44,28 a	37,43 a
C2 Jenuh air	36,22 a	56,26 b	51,96 b
C3 Optimum	35,33 a	47,47 a	47,98 b
Mutan 2			
M2 Anjasmoro	33,33 b	59,54 b	65,36 c
M2 Argomulyo	34,67 b	46,68 a	44,62 b
M2 Dena 1	36,67 a	46,31a	38,43 a
Uji Jarak Berganda Duncan			

Tabel 2 karakter agronomi umur berbunga memperlihatkan bahwa perlakuan faktor tunggal pemberian air dan generasi M₂ berbeda nyata namun interaksi antara kedua perlakuan tidak berbeda nyata. dimana pemberian cekaman air (C1) memberikan pengaruh tercepat dalam hal umur berbunga yaitu 33,11 hari sedangkan yang terlama adalah perlakuan cekaman jenuh air (C2) namun tidak berbeda nyata dengan pemberian air secara normal (C3). Hal ini memang secara fisiologis tanaman yang tercekam kekeringan biasanya lebih cepat mengeluarkan bunga. Sedangkan untuk perlakuan factor tunggal generasi M₂ perlakuan M₂ Anjasmoro yang lebih cepat dalam hal berbunga yaitu 33,33 hari lebih cepat dari tetuanya yaitu 35,7-39,4 hari dan disusul M₂ Argomulyo 34,67 hari (tetuanya 35 hari) dan M₂ Dena-1 36,67 hari (tetuanya 33 hari)

Walaupun kedelai sebagai tanaman palawija yang tidak banyak membutuhkan air namun pada saat stadia vegetatif, berbunga dan pengisian polong ketersediaan air sangat diperlukan karena bila mengalami cekaman air saat tersebut produktivitas kedelai dapat menurun hingga 40-65% (Engels *et al.*, 2017).

Tabel 2 karakter agronomi berat kering tanaman memperlihatkan bahwa perlakuan faktor tunggal pemberian air dan generasi M₂ berbeda nyata namun interaksi antara kedua perlakuan tidak berbeda nyata. Perlakuan jenuh air cenderung lebih berat dalam hal berat kering total tanaman yaitu 56,26 gram dibanding perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian air optimal. Sedangkan perlakuan terhadap turunan M₂ dari tiga varietas yang dicobakan memperlihatkan bahwa turunan M₁ Anjasmoro memberikan berat kering total tanaman tertinggi (59,54 gram) dibanding dua turunan M₂ yang lainnya yaitu M₂ Argomulyo (46,68 gram) dan M₂ Dena 1 (46,31 gram). Tabel 2, karakter agronomi jumlah polong berisi tidak memperlihatkan adanya interaksi namun faktor tunggal dari kedua perlakuan tersebut memberikan pengaruh yang nyata, dimana perlakuan jenuh air (C2) memberikan jumlah polong yang terbanyak yaitu 51,96 dan berbeda nyata dengan perlakuan air lainnya, sedangkan untuk perlakuan benih generasi kedua M₂ jumlah polong terbanyak adalah M₂Anjasmoro yaitu 65,36 polong dan berbeda dengan M₂Argomulyo (44,56) dan M₂ Dena-1(38,43).

Hasil penelitian (Widyawan *et al.*, 2020), pada tanaman padi, menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman kekeringan selama tahap pembungaan dan pertumbuhan vegetatif memiliki hasil dan berat kering total tanaman yang jauh lebih rendah dibanding cekaman jenuh air. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Anda *et al.*, 2021) yang mendapatkan bahwa kedelai yang mengalami cekaman kekeringan selama pembungaan menghasilkan biji dan bahan kering total di atas tanah yang lebih rendah, akibat penurunan transmisi PAR, luas permukaan asimilasi yang lebih rendah, dan penurunan efisiensi penggunaan radiasi, dibandingkan dengan kedelai tanpa cekaman air.

Tabel 3. Karakter agronomi bobot 100 biji, bobot biji pertanaman, bobot biji perpetak dan produksi perhektar terhadap benih generasi kedua M₂ genotip kedelai yang diberi cekaman kekeringan, cekaman jenuh air dan kondisi optimum

Perlakuan	Bobot 100 biji (gram)	Bobot biji/tan (gram)	Bobot biji/ Petak (kg)	Produksi/ hektar (ton)
Cekaman kekeringan + Anjasmoro	17,20 c	22,67 d	1,70 d	2,88 d
Cekaman kekeringan + Argomulyo	11,10 ab	13,33 a	0,99 a	1,65 a
Cekaman kekeringan + Dena-1	8,67 a	14,33 a	1,07 a	1,78 a
Cekaman jenuh air + Anjasmoro	18,33 c	25,54 e	1,92 e	3,20 e
Cekaman jenuh air + Argomulyo	11,30 ab	23,20 d	1,74 d	2,90 d
Cekaman jenuh air + Dena-1	13,33 b	19,53 d	1,46 d	2,43 d
Kondisi optimum + Anjasmoro.	10,00 ab	23,53 d	1,76 d	2,93 d
Kondisi optimum + Argomulyo	11,30 ab	16,10 c	1,21 c	2,02 c
Kondisi optimum + Dena-1	12,77 b	15,67 bc	1,18 bc	1,97 bc

Uji Jarak Berganda Duncan

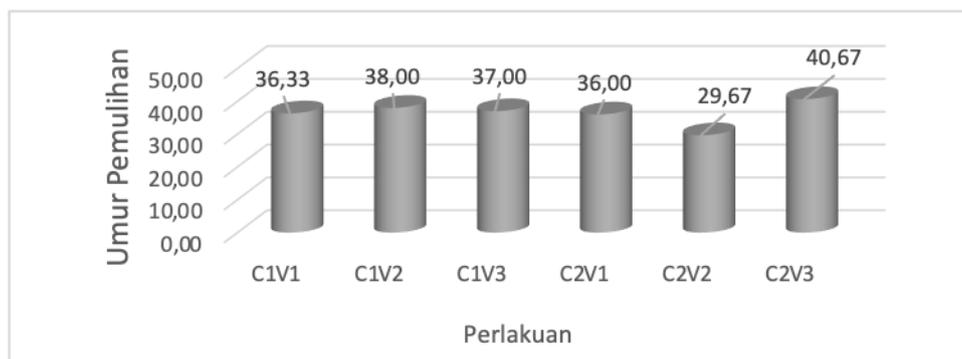
Sedangkan untuk karakter faktor produksi yaitu bobot 100 biji, bobot biji pertanaman, bobot biji perpetak dan produksi perhektar hampir semua terjadi interaksi antar perlakuan, dimana kombinasi perlakuan terbaik adalah perlakuan jenuh air dan perlakuan generasi M₂ Anjasmoro (C2V1) yaitu 25,54 gram (bobot biji/tanaman); 1,92 kg/petak (bobot biji perpetak) dan 3,2 ton/hektar, sedangkan kombinasi perlakuan yang paling rendah adalah kombinasi perlakuan cekaman kekeringan dan perlakuan benih generasi M₂ Argomulyo (C1V2) yaitu 13,33 gram (bobot biji/tanaman), 0,99 kg/petak (bobot biji perpetak) dan 1,65 ton/hektar (Tabel 3).

Hal ini sejalan dengan penelitian (Sumarno, 2011) yang dilakukan di Bogor dan Jawa Timur, menunjukkan cara tanam kedelai pada tanah jenuh air, memberikan hasil 1,4-2,2 t/ha untuk wilayah di Bogor sedangkan di Malang dan Banyuwangi hanya mampu menghasilkan 1,1 t/ha. Namun tanam dengan pengairan normal memberikan hasil lebih tinggi, berkisar antara 1,4-1,6 t/ha. Baik di Bogor maupun di Malang dan Banyuwangi, cara tanam tanah jenuh air ternyata tidak secara konsisten memberikan hasil yang tinggi.

Hasil penelitian (Sacita, June and Impron, 2018) menunjukkan bahwa, pemberian cekaman kekeringan sangat berpengaruh nyata menghambat pertumbuhan dan menurunkan produksi hingga 70 %. dimana pemberian cekaman kekeringan menyebabkan tanaman melakukan mekanisme adaptasi yaitu dengan mengurangi jumlah daun, penyempitan daun, mengurangi bukaan stomata, degradasi klorofil daun, dan melakukan respon gerak dengan melipat daun. Mekanisme adaptasi tanaman mempengaruhi nilai efisiensi penggunaan air dan efisiensi penggunaan radiasi. Upaya peningkatan produksi komoditas kacang-kacangan memerlukan penyediaan varietas unggul berdaya hasil tinggi baik secara kuantitas maupun kualitas, serta mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Hutagaol 2010).

Hasil penelitian (Aminah *et al.*, 2013) mendapatkan kedelai yang diberikan cekaman air 150 mm/musim (dibawah kebutuhan normal) memperlihatkan perbedaan yang sangat nyata dengan kedelai yang mendapat air 300 mm/musim (kebutuhan normal), yaitu terjadi penurunan yang sangat nyata baik terhadap komponen pertumbuhan tanaman maupun terhadap komponen produksi. Penelitian lain yang dilakukan Aminah *et al.* (2020) mendapatkan dengan mempertahankan permukaan air setinggi 5 cm dapat meningkatkan berat biji kedelai sebesar 19,23%. Peningkatan komponen jumlah polong dan jumlah biji pertanaman sebesar 31,1% dan 37,5% dibanding kapasitas lapang.

Penelitian lain yang dilakukan (Aminah *et al.*, 2021) mendapatkan hasil dari teknik pengairan metode genangan/jenuh air dengan waktu pemberian air saat umur 15 hari dan saat berbunga penuh berpotensi meningkatkan hasil terbukti dengan meningkatnya hasil semua komponen produksi yaitu jumlah polong 164,95, berat biji pertanaman 37,11 gram dan produksi yaitu 4,16 ton/hektar



Gambar 1. Waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari cekaman kekeringan dan cekaman jenuh air

Hasil pengamatan terhadap waktu pemulihan dari cekaman kekeringan dan cekaman jenuh air terhadap benih generasi mutan kedua M^2 dari tiga genotip kedelai yang diberi cekaman cekeringan, disajikan pada Gambar 1. Analisa sidik ragam menunjukkan tidak ada pengaruh yang nyata antara ketiga generasi M_2 terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari kondisi kekeringan. Namun dari Gambar 1 terlihat bahwa meskipun tidak ada perbedaan nyata antara generasi M_2 terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari cekaman kekeringann, namun generasi M_2 Argomulyo menunjukkan ketahanan lebih lama terhadap cekaman kekeringan yaitu sekitar 38 hari, sedangkan varietas Anjasmoro sebagai varietas yang memang kurang tahan terhadap cekaman kekeringa butuh waktu yang lebih cepat untuk pulih

dari kekeringan yaitu sekitar 36,33 hari dan M₂ Dena-1 butuh waktu 37,00 hari untuk pemulihan dari cekaman kekeringan.

Sedangkan hasil pengamatan terhadap waktu pemulihan dari cekaman jenuh air terhadap benih generasi mutan dua M₂ dari tiga genotype kedelai yang diberi cekaman jenuh air, disajikan pada Gambar 1. Analisa sidik ragam menunjukkan tidak ada pengaruh yang nyata antara ketiga generasi M₂ terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari kondisi tergenang/jenuh air. Namun dari Gambar 1 terlihat bahwa meskipun tidak ada perbedaan nyata antara generasi M₂ terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari cekaman jenuh air namun generasi M₂ dari varietas Dena-1 menunjukkan ketahanan lebih lama terhadap cekaman jenuh air yaitu sekitar 40,67 hari, disusul generasi M₂ Anjasmoro 36,00 hari dan M₂ Argomulyo sekitar 29,67 hari dan M₂ Anjasmoro sekitar 27,33 hari Sama halnya dengan waktu pemulihan terhadap cekaman kekeringan, dimana M₂ Anjasmoro merupakan varietas yang rentan terhadap kekeringan dan juga sangat rentan terhadap genangan.

KESIMPULAN

Karakter agronomi tanaman terhadap faktor pertumbuhan dan produksi yang terbaik adalah generasi M₂ Anjasmoro untuk perlakuan cekaman jenuh air dan generasi M₂ Argomulyo dan M₂ Dena-1 untuk perlakuan cekaman kekeringan.

Umur panen yang tercepat diperoleh dari kombinasi cekaman kekeringan dan generasi M₂ Argomulyo (C1V2) yaitu 79 hari dan tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan cekaman kekeringan dan generasi M₂ Dena-1 (C1V3) yaitu 79,34 hari, namun berbeda nyata dengan semua kombinasi perlakuan yang lain

Produksi yang didapatkan dari hasil mutasi gen sudah mulai terlihat perbedaannya antara yang di beri perlakuan mutasi dengan tetuanya, dimana kombinasi perlakuan cekaman jenuh air dan generasi M₂ Anjasmoro (C2V1) memberikan produksi yang tertinggi yaitu 3,20 ton/ha lebih tinggi dari produksi tetuanya yang hanya mencapai 2,03-2,25 ton/ha.

Benih generasi M₂ Argomulyo merupakan benih yang paling lama bertahan terhadap pemulihan dari cekaman kekeringan (38 hari), dalam artian bahwa benih M₂ Argomulyo lebih tahan lama terhadap cekaman kekeringan dibanding dua benih generasi yang lain yaitu M₂ Anjasmoro (36 hari) dan M₂ Dena-1(37 hari). Sedangkan untuk ketahanan terhadap jenuh air diperlihatkan oleh benih generasi M₂ Dena-1 yaitu 40,67 hari, disusul M₂ Argomulyo 29,67 hari dan M₂ Anjasmoro 27,33 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia atas bantuan dana penelitian dalam bentuk kegiatan Kerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia, dengan Nomor Kontrak 1084.9/PL.040/H.1/06/2022K

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, A. *et al.* (2013) 'Increasing Soybean (*Glycine Max L*) Drought Resistance With Osmolit Sorbitol', *Modern Applied Science*, 7(9). Available at: <https://doi.org/10.5539/mas.v7n9p78>.
- Aminah, A. *et al.* (2021) 'Effectiveness of Irrigation Methods and Time of Providing Water in Maintaining Soil Classification for Increasing Soybean Production', *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 43(3). Available at: <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2975>.
- Anda, A. *et al.* (2021) 'Water stress modifies canopy light environment and qualitative and quantitative yield components in two soybean varieties', *Irrigation Science*, 39(5), pp. 549–566. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00728-0>.

- Ao, J. *et al.* (2010) 'Genetic variability for root morph-architecture traits and root growth dynamics as related to phosphorus efficiency in soybean', *Functional Plant Biology*, 37(4), p. 304. Available at: <https://doi.org/10.1071/FP09215>.
- Badan Pusat Statistik (2021) *Produksi Tanaman Pangan di Indonesia*, Badan Pusat Statistik. Available at: <https://www.bps.go.id/> (Accessed: 20 February 2010).
- Balimponya, E.G. *et al.* (2022) 'Seed management using NGS technology to rapidly eliminate a deleterious allele from rice breeder seeds', *Breeding Science*, 72(5), p. 22058. Available at: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22058>.
- Bänziger, M. *et al.* (2000) 'Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice', *Mexico, D.F.: CIMMYT*, p. 68.
- Bengough, A.G. *et al.* (2011) 'Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits', *Journal of Experimental Botany*, 62(1), pp. 59–68. Available at: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq350>.
- Engels, C. *et al.* (2017) 'Drought Effects on Soybean Cultivation - A Review', *Annual Research & Review in Biology*, 16(1), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/35232>.
- Fried, H.G., Narayanan, S. and Fallen, B. (2018) 'Characterization of a soybean (*Glycine max* L. Merr.) germplasm collection for root traits', *PLOS ONE*. Edited by R. Aroca, 13(7), p. e0200463. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200463>.
- Hanafiah, D.S., Yahya, S. and Wirnas, D. (1970) 'Induced mutations by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean (*Glycine max*) variety', *Nusantara Bioscience*, 2(3). Available at: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n020303>.
- Hodson, M.. and Bryant, J.. (2012) *Functional Biology Of Plants*. New York: Wiley-Blackwell.
- Iglesias, A. and Garrote, L. (2015) 'Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe', *Agricultural Water Management*, 155, pp. 113–124. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>.
- Kusparwanti, T.. (2014) *Saat Pemberian Air pada tanaman Kedelai*. Jember.
- Murtiati, S., Anwar, H. and Sutrisno, I. (2016) 'Introduksi Varietas Kedelai Mendukung Program Peningkatan Produksi Menuju Swasembada Kedelai di Jawa Tengah', in *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Jawa Tengah, pp. 243–247.
- Nugraha, Y.S., Sumarni, T. and Sulistyono, R. (2014) 'The influence of interval time and the level provision of water to the growth and yield of soybean (*Glycine max* (L) Merrill .)', *Produksi Tanaman*, 2(7), pp. 552–559.
- Riyanto, A., Susanti, D. and Haryanto, T.A.D. (2023) 'PARAMETER GENETIK DAN ANALISIS HUBUNGAN ANTAR SIFAT PADA GENERASI F2 PADI HASIL PERSILANGAN INPARI 31 X BASMATI DELTA 9', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(1), pp. 94–109. Available at: <https://doi.org/10.25181/jppt.v23i1.2433>.
- Sacita, A.S., June, T. and Impron, I. (2018) 'Soybean Adaptation to Water Stress on Vegetative and Generative Phases', *Agrotech Journal*, 3(2), pp. 42–52. Available at: <https://doi.org/10.31327/atj.v3i2.843>.

- Sakin, A.M. (2002) 'The use of Induced Micro-Mutations for Quantitative Characters after EMS and Gamma Ray Treatment in Durum Wheat Breeding', *Journal of Applied Sciences*, 2(12), pp. 1102–1107. Available at: <https://doi.org/10.3923/jas.2002.1102.1107>.
- Sharifa, A.M. (2015) 'Effect of paclobutrazol on growth an physiological attributes of soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions', *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 2(7), pp. 81–93.
- Shu, Q., Forster, B.P. and Nakagawa, H. (2012) *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Rome: Joint FAO/IAEA Programme.
- da Silva, E.H.F.M. *et al.* (2019) 'Soybean irrigation requirements and canopy-atmosphere coupling in Southern Brazil', *Agricultural Water Management*, 218, pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.003>.
- Smith, A.M. *et al.* (2009) *Plant Biology*. Garland Science. Available at: <https://doi.org/10.1201/9780203852576>.
- Sumarno (2011) 'Perkembangan Teknologi Budidaya Kedelai di Lahan Sawah', *Iptek Tanaman Pangan*, 6(2).
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. fifths. Sunderland: Sinauer Associates.
- Widyawan, M.H. *et al.* (2020) 'Genetic Diversity Among Indonesian Rice (*Oryza Sativa* L.) Genotypes For Drought Tolerance SABRAO', *Journal of Breeding and Genetics*, 52(3), pp. 202–2015.
- Zhu, J.-K. (2016) 'Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants', *Cell*, 167(2), pp. 313–324. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>.