

KARAKTER AGRONOMI MORFOLOGI HASIL MUTASI GEN BEBERAPA VARIETAS KEDELAI (*Glycine max* L) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

MORPHOLOGICAL AGRONOMY CHARACTER OF GENE MUTATION OF VARIOUS VARIETIES OF SOYBEAN (*GLYCINE MAX* L) ON DROUGHT STRESS

Aminah¹⁾, Marliana S Palad²⁾

¹⁾Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip
Sumihardjo Km.5 Makassar

²⁾Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto, Jl. Perintis
Kemerdekaan Km.11 Makassar

*Correspondence Author: aminah.muchdar@umi.ac.id

ARTICLE HISTORY : Received [07 June 2022] Revised [22 June 2022] Accepted [12 July 2022]

ABSTRAK

Pada setiap tumbuhan terdapat ciri khusus yang bisa menjadi karakter dalam setiap pertumbuhannya. Begitu juga pada morfologi hasil mutasi gen pada kedelai, terdapat karakter khusus pada setiap musim. Penelitian bertujuan mengetahui tanggap beberapa varietas kedelai hasil mutasi gen terhadap pertumbuhan dan produksi serta toleran terhadap cekaman kekeringan. Penelitian dilaksanakan di Balai Pengembangan Teknologi Pertanian Kabupaten Maros, menggunakan metode rancangan acak kelompok yang terdiri dari tiga perlakuan : M₁ Anjasmoro, M₁ Argomulyo dan M₁ Dena-1. Metode seleksi terhadap cekaman kekeringan dengan cara membiarkan tanaman hasil irradiasi tidak diberikan air sampai memasuki fase generatif pertama (R1) dan tanaman saat itu menunjukkan gejala layu berat, ketika tanaman menunjukkan gejala layu berat, kemudian diberi air kembali untuk mengamati pemulihannya dari cekaman kekeringan. Hasil penelitian didapatkan karakter morfologis tanaman terhadap ketahanan terhadap cekaman kekeringan yang terbaik adalah M₁ Dena-1, namun untuk parameter pertumbuhan dan produksi M₁ Anjasmoro lebih baik dibanding M₁ Argomulyo dan M₁ Dena-1, yaitu didapatkan tinggi tanaman 86,0cm, jumlah daun 21,22 helai, berat kering tanaman 177,54 gram, umur berbunga tercepat 35,50 hari. Demikian halnya dengan produksi, M₁ Anjasmoro memberikan hasil yang terbaik dibanding dua mutan kedelai lainnya yaitu terhadap parameter berat 100 biji (21,50 g), berat biji pertanaman (18,52 g), berat biji perpetak (1,39 kg) dan produksi perhektar (2,38 ton). Adapun untuk umur panen yang tercepat diperoleh pada M₁ Anjasmoro (83,33 hari) dan berbeda nyata dengan dua mutan yang lain.

Kata Kunci : M₁Anjasmoro; M₁ Argomulyo; Cekaman Kekeringan, M₁ Dena-1

ABSTRACT

The research objective is to identify the responsiveness of mutated soybean varieties to the growth and production, which are tolerant to drought stress. The research was held in the experimental garden of the Agricultural Technology Development Center, Maros Regency, using a randomized block design method consist of three treatments: M1 Anjasmoro, M1 Argomulyo and M1 Dena-1. The selection method carried out by leaving the treatment of plants resulting from gamma ray irradiation mutant-1, also the

plants were not given water until entered the first generative phase (R1) and showed symptoms of severe wilting. having shown the symptoms, then the plants were given water again to see their recovery. The results showed the best morphological character against drought stress was M1 Dena-1. However, for the growth and production parameters, M1 Anjasmoro was the best. M1 Anjasmoro plant height 86.00 cm, the number of leaves 21,22 strands, plant dry weight 177.54 grams, the fastest flowering age 35.50 days. M1 Anjasmoro gave the best results for the parameters of 100 seeds weight (21.50 grams), seed weight per plant (18.52 grams), seed weight per plot (1.39 kg) production per hectare (2.38 tons), and the fastest harvesting age was obtained in M1 Anjasmoro (83,33 days).

Keywords : M₁ Anjasmoro; M₁ Argomulyo; Drought Stress, M₁ Dena-1

PENDAHULUAN

Rata-rata kebutuhan kedelai di Indonesia pertahun yaitu sekitar 2,2 juta ton. sementara produksi nasional hanya sebesar 704.220 kg, ironisnya pemenuhan kebutuhan kedelai sebanyak 67,99% harus diimpor dari luar negeri (BPS, 2020). Hal ini terjadi karena produksi dalam negeri tidak mampu mencukupi permintaan masyarakat akan biji kedelai (Riniarsi 2016). Menurut Marwoto dkk (2012) kedelai memegang peranan penting sebagai bahan makanan utama di samping beras dan jagung, karena merupakan salah satu sumber gizi yang tinggi yaitu protein nabati.

Upaya yang diperlukan untuk meningkatkan produksi kedelai di dalam negeri salah satunya adalah penyediaan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan beradaptasi baik (sesuai) di lahan sawah dan di lahan kering. Tanaman kedelai sebagai organisme yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau faktor abiotik, dimana faktor ini tidak menentu,

dan pada titik tertentu dapat menyebabkan stres dan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Zhu, 2016). Beberapa contoh cekaman abiotik umum di bidang pertanian adalah kekeringan, suhu tinggi; suhu rendah; defisit nutrisi; dan kelebihan garam atau logam beracun, seperti aluminium, kadmium, dan besi. Diantara cekaman abiotik ini, kekeringan dianggap sebagai cekaman abiotik yang paling penting mengingat cakupannya di seluruh dunia dan berdampak pada hasil dan produktivitas tanaman (Martínez-Fernández et al., 2016). Peningkatan produksi kedelai nasional bisa di tingkatkan melalui perluasan areal tanam dan peningkatan produksi per satuan luas. Untuk daerah optimal perluasan areal tanam terkendala dengan persaingan dengan komoditi lain seperti padi, sehingga petani lebih tertarik untuk menanam padi. Sedang untuk daerah suboptimal diperlukan input teknologi dan modal yang lebih besar,

sehingga juga merupakan kendala dalam penerapannya (Lisa Mawarni, 2011).

Di Indonesia memiliki lahan kering seluas 53.963.705 ha, atau 28.67% dari seluruh luasan negeri ini. Menurut Hidayat dan Mulyani (2002), dewasa ini terdapat ±13 juta ha lahan yang dimanfaatkan untuk pengembangan kedelai, baik lahan sawah maupun lahan kering. Di Sumatera, luas lahan kering sekitar 5 juta ha dan lahan terlantar sekitar 2,5 juta ha, dan di Sumatera Barat sendiri potensi lahan kering untuk pengembangan tanaman pangan (termasuk kedelai) cukup luas, sekitar 590.450 ha yang didominasi oleh tanah masam (Atman dan Hosen, 2008).

Kedelai tergolong pada tanaman yang tidak tahan kekeringan dalam siklus hidupnya. Tanaman kedelai yang ketersediaan air pada fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak terpenuhi akan menyebabkan tanaman mengalami cekaman. Cekaman air merupakan kondisi yang mengganggu keseimbangan pertumbuhan tanaman. Cekaman air terjadi ketika tanaman tidak mampu menyerap air untuk menggantikan kehilangan akibat transpirasi sehingga terjadi kelayuan, gangguan pertumbuhan bahkan kematian. Cekaman air yang menyebabkan kekeringan secara nyata dapat menurunkan jumlah polong hingga

pada akhirnya dapat menurunkan hasil biji kering (Aminah, 2020).

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, sehingga langkah awal untuk perakitan varietas tersebut adalah peningkatan keragaman genetik tanaman untuk mendapatkan varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Selanjutnya melakukan seleksi karakter morfofisiologis genotipe kedelai secara dini terhadap cekaman kekeringan untuk mengetahui toleransinya pada kondisi cekaman kekeringan. Salah satu upaya meningkatkan produktivitas kedelai dilakukan dengan memperbaiki karakter morfologi dan agronomi dan menghasilkan varietas kedelai baru yang adaptif dan berdaya hasil tinggi terhadap areal tanam dan iklim tropis di Indonesia.

Mutasi merupakan kegiatan pemuliaan yang bermanfaat untuk memperluas keragaman genetik suatu tanaman dan dengan seleksi terarah diperoleh mutan yang diharapkan. Mutasi dapat dilakukan pada tanaman dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap organ reproduksi tanaman seperti biji, stek

batang, serbuk sari, akar rhizome dan kultur jaringan. Hasil penelitian Yunita (2015) mutan somaklon pada padi umur 14 hari pada media kultur yang bersifat toleran terhadap NaCl menunjukkan kandungan prolin yang lebih tinggi, kandungan K, Mg, dan Ca pada daun yang cenderung tetap pada kedelai. Dari hasil penelitian tersebut, belum dijelaskan secara detail tentang karakteristiknya, sehingga penelitian ini fokus membahas dari segi karakteristik morfologinya. Begitu juga dengan Fajriyah, dkk (2019) menyatakan bahwa mutasi beberapa kedelai melalui perendaman dalam EMS 0,77% menghasilkan banyak variasi pada tanaman krisan terutama pada bentuk bunga, dibandingkan dengan iradiasi sinar gamma. Penelitian bertujuan mengetahui tanggap beberapa varietas kedelai hasil mutasi gen terhadap pertumbuhan dan produksi serta toleran terhadap cekaman kekeringan

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Laboratorium Ilmu Tanah Kantor Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BPTP) kabupaten Maros, mulai bulan Juni – Oktober 2021. Bahan yang digunakan adalah benih kedelai hasil iradiasi sinar gamma (mutan 1) dari tiga

varietas kedelai yaitu M₁ Anjasmoro, Argomulyo dan Dena-1. Pengamatan karakter morfologi dilaksanakan secara bertahap. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dan diulang sebanyak tiga kali. Data di analisis statistik dan jika terdapat pengaruh yang nyata dilanjutkan dengan uji beda jujur (BNJ) pada taraf uji 0,05. Ketika tanaman menunjukkan gejala mulai memasuki fase kritis (layu berat), tanaman kemudian diberi air kembali untuk mengamati pemulihannya dari cekaman kekeringan. Adapun parameter pengamatannya meliputi, pengamatan faktor pertumbuhan antara lain : tinggi tanaman, jumlah daun, umur berbunga, berat kering tanaman, berat kering akar, panjang akar dan pengamatan faktor produksi yaitu bobot 100 biji, bobot biji per tanaman, bobot biji perpetak, produksi perhektar dan umur panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Pengamatan terhadap karakter morfologi tinggi tanaman, jumlah daun, umur berbunga, berat kering tanaman dan panjang akar disajikan pada Tabel 1. Sedangkan hasil pengamatan terhadap karakter morfologi berat 100 biji, berat biji pertanaman, berat biji perpetak, produksi perhektar dan umur panen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengaruh iradiasi terhadap karakter morfologi tinggi tanaman, jumlah daun, umur berbunga, berat kering tanaman, panjang akar terhadap turunan M₁ dari tiga varietas kedelai yang diberi cekaman cekeringan

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Umur berbunga (hari)	Berat kering tanaman (gram)	Panjang akar (cm)
M ₁ Anjasmoro.	86,00 a	21,22 a	35,50 c	177,54 a	18,68 b
M ₁ Argomulyo.	73,11 c	17,00 c	39,00 b	107,37 b	15,42 c
M ₁ Dena-1.	76,67 b	20,00 b	41,00 a	128,50 b	21,03 a
NP BNJ 0,05.	3,37	0,99	0,31	2,14	0,61.

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf Uji BNJ 5%

Tabel 2. Pengaruh iradiasi terhadap karakter morfologi bobot 100 biji, bobot biji pertanaman, bobot biji perpetak, produksi perhektar, umur panen terhadap turunan M₁ dari tiga varietas kedelai yang diberi cekaman cekeringan

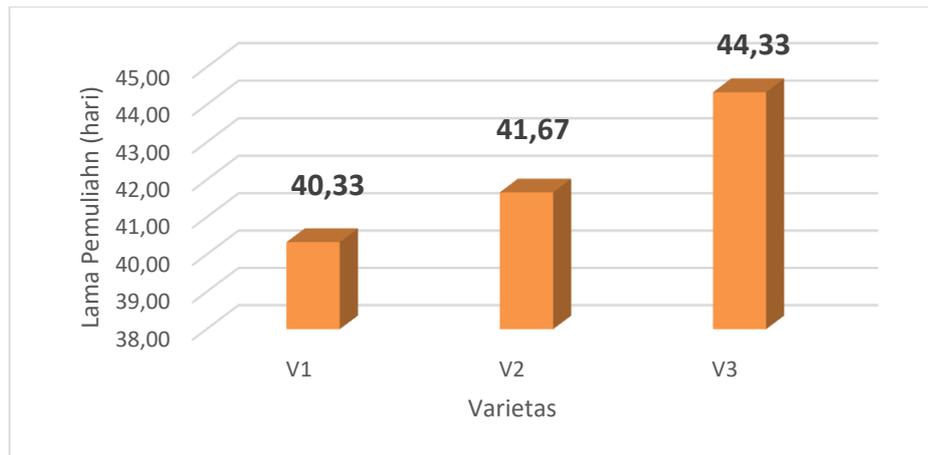
Perlakuan.	Berat 100 biji (gr)	Berat biji /tanaman (helai)	Berat biji/petak (kg)	Produksi/ hektar (ton)	Umur panen (hari)
M ₁ Anjasmoro.	21,50 a	18,52 a	1,39 a	2,38 a	83,33 c
M ₁ Argomulyo.	19,64 b	12,35 c	0,93 c	1,54 c	88,00 b
M ₁ Dena-1.	18,38 c	14,36 b	1,08 b	1,79 b	89,67 a
NP BNJ 0,05.	0,96	0,71	0,05	0,09	1,14.

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf Uji BNJ 5%

Hasil Pengamatan terhadap Cekaman Kekeringan

Hasil pengamatan terhadap waktu pemulihan dari cekaman kekeringan terhadap turunan/generasi M₁ dari tiga varietas kedelai yang diberi cekaman kekeringan, disajikan pada Gambar 1. Analisa sidik ragam menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga turunan/generasi M₁ terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari kondisi kekeringan, namun dari Gambar 1 terlihat bahwa meskipun tidak ada perbedaan

nyata antara turunan/ generasi M₁ terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pulih namun generasi M₁ dari varietas Dena-1 menunjukkan ketahanan lebih lama terhadap cekaman kekeringan yaitu sekitar 44 hari, sedangkan M₁ Anjasmoro sebagai varietas yang memang kurang tahan terhadap cekaman kekeringan butuh waktu yang lebih cepat untuk pulih dari kekeringan yaitu sekitar 40 hari dan M₁ Argomulyo butuh waktu 42 hari untuk pemulihan dari cekaman kekeringan.



Gambar 1. Waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari cekaman kekeringan

Pembahasan

Hasil Uji lanjut BNJ pada Tabel 1 dan 2, menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan terhadap tiga turunan/generasi M_1 varietas kedelai yaitu M_1 Anjasmoro, M_1 Argomulyo, M_1 Dena-1 menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap semua parameter pertumbuhan dan produksi. Untuk parameter tinggi tanaman, dan jumlah daun dimana M_1 Anjasmoro memperlihatkan pertumbuhan terbaik terhadap tinggi tanaman yaitu 86,0 cm dan 21,22 untuk jumlah daun. Hal ini sejalan dengan pendapat (Sitompul, 1996) bahwa pertumbuhan tanaman yang dicirikan oleh tinggi tanaman dan penambahan jumlah daun merupakan manifestasi dari banyak proses mulai dari penyediaan karbohidrat oleh organ fotosintesis, penyediaan air dan unsur hara oleh akar sampai pada sintesa bahan baru tanaman, dimana semua proses berhubungan satu sama lain di bawah

kendali program genetik dan pengaruh lingkungan. Pertumbuhan berfungsi sebagai proses yang mengolah masukan substrat tersebut menghasilkan produk pertumbuhan. Pertumbuhan merupakan hasil dari integrasi berbagai reaksi biokimia peristiwa biofisik dan proses fisiologis yang berinteraksi dalam tubuh tanaman bersama dengan faktor luar.

Tinggi tanaman dan jumlah daun yang diperoleh lebih tinggi daripada varietas tetuanya (data deskripsi varietas), hal ini membuktikan bahwa saat benih diiradiasi telah terjadi perubahan materi genetik terhadap benih tersebut. Berdasarkan SK Mentan (deskripsi varietas) bahwa varietas Anjasmoro menghasilkan tinggi tanaman 64-68 cm, varietas Argomulyo menghasilkan tinggi tanaman 40 cm, dan varietas Dena-1 menghasilkan tinggi tanaman 59,0 cm, dan ini sesuai dengan hasil penelitian Sakin (2002), yang menyatakan bahwa terjadi

peningkatan rata-rata tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol setelah adanya irradiasi sinar gamma. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Hanafiah, dkk (2011) yang menyatakan bahwa irradiasi sinar gamma pada dosis 100 - 200 gy efektif menyebabkan terjadinya keragaman genetik pada tanaman.

Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan berbeda nyata terhadap umur berbunga. Rataan umur berbunga tercepat terdapat pada M₁ Anjasmoro yaitu 35,50. Hampir sama dengan tetuanya yaitu berdasarkan SK Mentan (deskripsi varietas) bahwa varietas Anjasmoro menghasilkan umur berbunga 35,7-39,4 hari, varietas Argomulyo menghasilkan umur berbunga 35 hari, dan varietas Dena-1 menghasilkan umur berbunga 33 hari. Arwin (2012) menunjukkan cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap kecepatan umur berbunga, dimana dengan stress air maka akan memicu keluarnya bunga lebih cepat, namun tidak menjamin produksi lebih besar dengan cepatnya berbunga.

Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan berbeda nyata terhadap panjang akar. M₁ Dena-1 memperlihatkan pertumbuhan akar yang lebih panjang yaitu 21,03 cm dan berbeda nyata dengan perlakuan lain, mengingat M₁ Dena-1 ini merupakan varietas yang paling

tahan terhadap kekeringan sehingga pertumbuhan akar lebih panjang dan hal ini dinyatakan oleh Salisbury dkk, (1992) bahwa tanaman yang tercekam kekurangan air akan memiliki kemampuan untuk melakukan intersepsi akar yaitu kemampuan akar untuk mengembangkan diri ke wilayah yang lebih jauh dari pangkal akar untuk mendapatkan air atau sumber hara yang lain. Peran sistem perakaran dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan unsur hara sudah dikenal baik pada tanaman legum, termasuk kedelai (AoJ *et al* 2010 dan Liang Q, *et al.* 2010). Produktivitas setiap tanaman di lingkungan yang optimal dan suboptimal sering dikendalikan oleh distribusi dan arsitektur sistem akar (Bengough *et al*, 2011).

Demikian halnya dengan komponen produksi M₁ Anjasmoro memberikan hasil yang terbaik dibanding dua mutan kedelai yang lain yaitu terhadap parameter berat 100 biji (21,50 gram), berat biji pertanaman (18,52 gram), berat biji perpetak (1,39 kg) dan produksi perhektar (2,38 ton). Adapun untuk umur panen yang tercepat diperoleh pada M₁ Anjasmoro (83,33 hari) dan berbeda nyata dengan dua mutan yang lain yaitu M₁ Argomulyo (89,67 hari) dan M₁ Dena-1 (88,00 hari)

Hasil penelitian Sacita, dkk (2020) menunjukkan bahwa, pemberian cekaman air terhadap tanaman 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.

Untuk meningkatkan produksi kedelai di lahan kering yang didominasi tanah ultisol, dicari alternatif dengan menanam varietas unggul berdaya hasil tinggi dan mampu beradaptasi terhadap agroekosistem setempat, termasuk kedelai hasil pemuliaan mutasi. 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).

KESIMPULAN

Karakter morfologis tanaman terhadap parameter pertumbuhan dan

produksi yang terbaik adalah M₁ Dena-1 untuk perlakuan cekaman kekeringan, namun untuk parameter pertumbuhan dan produksi M₁ Anjasmoro masih lebih baik dibanding Argomulyo dan Dena-1, yaitu untuk tinggi tanaman 86,0 cm, jumlah daun, 21,22 helai, berat kering tanaman dan 177,54 gram, umur berbunga tercepat yaitu 35,50 hari. Adapun untuk umur panen yang tercepat diperoleh pada M₁ Anjasmoro (83,33 hari) dan berbeda nyata dengan dua mutan yang lain. Demikian halnya dengan komponen produksi M₁ Anjasmoro memberikan hasil yang terbaik dibanding dua mutan kedelai yang lain yaitu pada parameter berat 100 biji (21,50 gram), berat biji pertanaman (18,52 gram), berat biji perpetak (1,39 kg) dan produksi perhektar (2,38 ton).

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 Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Universitas Muslim Indonesia (Nomor Kontrak : 531/PL.040/H.1/03/2021.K)

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, A., Abdullah, A., Nuraeni, N., Palad, M. S., & Rosada, I. (2020). Effectiveness of water management towards soil moisture preservation on soybeans. *International Journal of Agronomy*, 2020, 8653472. <https://doi.org/10.1155/2020/8653472>
- Ao J, Fu J, Tian J, Yan X, Liao H. Genetic variability for root morph-architecture traits and root growth dynamics as related to phosphorus efficiency in soybean. *Funct Plant Biol*. 2010; 37: 304–312.
- Arwin, Mulyana H, Tarmizi, Masrizal, Faozi K, Adie MMA. 2012. Galur mutan harapan kedelai super genjah Q-298 dan 4-Psj. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 8(2): 107-116
- Atman dan N. Hosen. 2008. Dukungan Teknologi dan Kebijakan Dalam Pengembangan Kedelai di Sumbar. *Peneliti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat*. *Jurnal Ilmiah Tambua*, Vol. VII.
- Bengough AG, McKenzie BM, Hallet PD, Valentine TA. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *J Exp Bot*. 2011; 62: 59–68. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq350> PMID: 21118824
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2021. Produksi Tanaman Pangan di Indonesia. Diakses Mei 2021.
- Fajriyah, N., Karno, K., & Kusmiyati, F. (2019). Induksi mutasi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan sodium azida pada tanah salin. *Journal of Agro Complex*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.14710/joac.3.1.1-8>
- Hanafiah S, Trikoesoemaningtyas, Sudirman Y, and Desta W. 2011. Induced mutation by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean (*Glycine max*) variety. *Bioscience Journal* 2(3): 121-125.
- Hutagaol, R. L. 2010. Uji Keragaman karakter Vegetatif dan Generatif Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L.) dengan Sistem Baris. Skripsi (Tidak Dipublikasikan). Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan
- Liang Q, Cheng X, Mei M, Yan X, Liao H. QTL analysis of root traits as related to phosphorus efficiency in soybean. *Ann Bot*. 2010; 106: 223–34. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq097> PMID: 20472699
- Lisa Mawarni, 2011. *Kajian Awal Varietas Kedelai Tahan Naungan untuk Tanaman Sela Pada Perkebunan Kelapa Sawit*, *Jurnal Ilmu Pertanian Kultivar*. Vol. 5 No.2. 2011.
- Martínez-Fernández J, González-Zamora A, Sánchez N, Gumuzzio A, Herrero-Jiménez CM (2016). Satellite soil moisture for agricultural drought monitoring: Assessment of the SMOS derived soil water deficit index. *Remote Sens. Environ*. 177: 277–286.
- Marwoto, Tufik dan Suyamto, *Potensi Pengembangan Tanaman Kedelai Di Perkebunan Kelapa Sawit*, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia*, Vol. 31. No.4. 2012.
- Hidayat, Mulyani, 2002. Lahan Kering untuk Pertanian. Dalam *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering, Menuju Pertanian Produktif dan Ramah*

- Lingkungan. Hal 1-34. Pusat Penelitian
- Riniarsi D. 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Kedelai*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- Sakin, M.A. 2002. The Use of Induced Micro-Mutation for Quantitative Characters after EMS and Gamma Ray Treatments in Durum Wheat Breeding. *Pakistan Journal of Applied Sciences* 2(12): 1102-1107.
- Salisbury, F. B., dan C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishig Co. New York.
- Sitompul, S.M. 1996. *Rekayasa Paket Teknologi Kacang – Kacangan pada Lahan Kering : Daya Toleransi Jenis Kacang – Kacangan pada Kondisi Kekurangan Air*. *Jurnal Agrivita* vol. 19, No.13 90 – 95 p. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Yunita, R. 2009. Pemanfaatn variasi somaklonal dan seleksi in vitro dalam perakitan tanaman toleran cekaman abiotik. *J. Litbang Pertanian* 28(4): 142148.
- Zhu JK 2016. *Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants*. *Cell*. 167(2): 313–324