

Induksi mutasi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan sodium azida pada tanah salin

*(Induction of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) mutation with sodium azide on saline soil)*

N. Fajriyah, Karno, dan F. Kusmiyati

Program Studi Agroekoteknologi
Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian
Universitas Diponegoro
Nurulfajriyah235@gmail.com

ABSTRACT

Mutation is one of plant breeding ways to expand genetic diversity. The purpose of the research was to evaluate the effect of sodium azide mutagen on soybean variety Dering 1 at saline and non-saline soil. The research was arranged in Factorial Design based on Completely Randomized Design with 2 factors. The first factor was doses of Sodium Azide consisted of 0 mM, 0.05 mM, 0.1 mM, 0.2 mM, dan 0.4 mM, 0.8 mM, 1.6 mM, 3.2 mM, 6.4 mM, 12.8 mM, and 25.6 mM. The second factor was salinity levels consisted of 0 dS/m, 2 dS/m and 5 dS/m. Parameters measured were plant height, number of leaves, number of pods, weight of pod, number of seeds, and weight of seeds per plant on M1 generation. Result showed that lethal dosage (LD) 50 was obtained at 0,663 mM. Sodium azide mutagen caused diversity of plant height, number of leaves at saline and non-saline soil. There was 10 plants and 3 plants that was classified as tolerant and most tolerant at saline soil (2 dS/m) respectively.

Keywords : soybean, sodium azide, saline soil

ABSTRAK

Mutasi adalah salah satu cara pemuliaan tanaman untuk memperluas keragaman genetik. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh mutagen sodium azida terhadap kedelai varietas Dering 1 pada tanah salin dan non-salin. Rancangan percobaan yang digunakan di greenhouse adalah Percobaan Faktorial dengan dasar Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah dosis mutagen kimia Sodium Azide (SA) yang terdiri dari 11 taraf perlakuan yaitu 0 mM, 0,05 mM, 0,1 mM, 0,2 mM, dan 0,4 mM, 0,8 mM, 1,6 mM, 3,2 mM, 6,4 mM, 12,8 mM, 25,6 mM. Faktor kedua adalah tingkat salinitas yaitu 0 dS/m, 2 dS/m dan 5 dS/m. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong, berat polong, jumlah biji, dan berat biji per tanaman pada generasi M1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis letal median (LD50) diperoleh pada 0,663 mM. Mutagen sodium azida menyebabkan keragaman tinggi tanaman, jumlah daun pada tanah salin dan non-salin. Terdapat 10 tanaman dan 3 tanaman yang masing-masing tergolong tahan dan sangat tahan pada tanah salin (2 dS/m).

Kata kunci : kedelai, sodium azida, tanah salin

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L. Merril) merupakan salah satu dari tiga komoditas utama selain padi dan jagung. Tanaman kedelai banyak di budidayakan di Indonesia awalnya terpusat di provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Lampung, Nusa Tenggara Barat, dan Bali. Badan

Pusat Statistik (2015) mencatat produksi kedelai tahun 2014 sebanyak 953,96 ribu ton biji kering, meningkat 173,96 ribu ton (22,30%) dibanding tahun 2013, tetapi belum dapat memenuhi kebutuhan kedelai dalam negeri. Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2015) menyatakan, target swasembada tahun 2017 untuk memenuhi kebutuhan kedelai nasional sebesar 2,2 jt

ton/tahun. Usaha peningkatan produksi dan kebutuhan kedelai saat ini menghadapi kendala berupa penurunan areal tanam dan penyusutan lahan subur akibat alih fungsi lahan ke sektor nonpertanian. Ketergantungan pada kedelai impor sebenarnya dapat diatasi dengan upaya pemanfaatan lahan salin.

Tanah salin merupakan salah satu lahan yang belum banyak dimanfaatkan secara luas untuk kegiatan budidaya tanaman. Hal ini disebabkan adanya efek toksik dan peningkatan tekanan osmotik akar yang mengakibatkan terganggunya pertumbuhan tanaman. Taufiq (2014) menyatakan bahwa pada tingkat salinitas 2,32 – 3,86 dS/m bobot biji kedelai varietas gema mengalami penurunan sebesar 47%. Selain perluasan areal tanam, salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas kedelai yaitu dengan pemuliaan tanaman.

Peningkatan keragaman genetik tanaman dapat digunakan dalam seleksi untuk mendapatkan genotipe dengan sifat yang diinginkan. Mutasi merupakan kegiatan pemuliaan yang bermanfaat untuk memperluas keragaman genetik suatu tanaman dan dengan seleksi terarah diperoleh mutan yang diharapkan. Mutasi buatan (induksi) dapat dilakukan menggunakan mutagen fisik maupun mutagen kimia. Induksi mutasi dengan bahan kimia dapat dilakukan menggunakan ethyl methanesulfonate (EMS), nitrosometil urea (NMU), nitrosoguanidin (NTG), dan Sodium azide (SA).

Induksi 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. Firdausya (2012) menyatakan bahwa induksi mutasi melalui perendaman dalam EMS 0,77% menghasilkan banyak variasi pada tanaman krisan terutama pada bentuk bunga, dibandingkan dengan induksi melalui iradiasi sinar gamma.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi LD50 tanaman kedelai dengan mutagen sodium azida dan untuk mengkaji

keragaman tanaman kedelai varietas Dering 1 pada kondisi tanah salin berdasarkan karakter agronomi.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2017 sampai Juni 2017 di Greenhouse Fakultas Peternakan dan Pertanian. Pembuatan larutan mutagen dilakukan di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Materi yang akan digunakan dalam penelitian adalah kedelai varietas Dering I, Sodium Azida (SA), Kalium dihidrogen fosfat (KH₂PO₄), Hidrogen klorida (HCl), tanah salin dan aquades. Alat yang akan digunakan dalam penelitian adalah handsprayer, hot plate stirrer, shaker, tray, spatula, pH meter EC meter, botol kaca, timbangan analitik, gelas beker, labu ukur, pipet, erlenmeyer, pot dan alat tulis.

Rancangan percobaan yang digunakan di greenhouse adalah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 2 faktor yaitu dosis mutagen kimia Sodium Azide (SA) dan tingkat salinitas. Dosis mutagen SA terdiri dari 11 taraf perlakuan yaitu 0 mM, 0,05 mM, 0,1 mM, 0,2 mM, dan 0,4 mM, 0,8 mM, 1,6 mM, 3,2 mM, 6,4 mM, 12,8 mM, 25,6 mM. Masing-masing dosis mutagen larutan SA terdapat 100 benih kedelai yang direndam. Benih yang direndam larutan mutagen sodium azida berdasarkan metode Carrol *et al.* (1986), kemudian benih ditanam menggunakan tray yang terdiri dari 100 lubang tanam. Bibit kedelai yang hidup pada fase perkecambah, kemudian di pindah tanam ke dalam polybag yang terdiri dari 3 tingkat salinitas yaitu 0 dS/m, 2 dS/m dan 5 dS/m. Tanah 0 dS/m atau tanah non-salin didapatkan dari tanah tembalang. Tanah salin 2 dS/m dan 5 dS/m didapatkan dari tanah dekat tambak garam yang berada di Rembang, Jawa Tengah. Setiap jumlah bibit yang hidup pada masing-masing dosis mutagen kemudian dibagi 3 tingkat salinitas.

Parameter yang diamati meliputi penentuan nilai LD50 berdasarkan pengamatan daya berkecambah kedelai pada hari ke-7 setelah tanam, kemudian dihitung menggunakan aplikasi Curve Expert 1.4 untuk penentuan nilai LD50. Data karakter agronomi seperti tinggi tanaman dan

Tabel 1. Kriteria tanaman

% kehilangan	Skoring	Kriteria
>50%	0	Sangat rentan
35 – 49,99%	1	Rentan
15 – 34,99%	2	Moderat
5 – 14%	4	Agak tahan
0 – 4,99%	5	Tahan
<0%	6	Sangat tahan

Sumber : Soepandi (1990)

jumlah daun yang diamati pada minggu ke-8 setelah tanam, jumlah polong, berat polong, jumlah biji, dan berat biji kedelai dianalisis secara individu pada setiap masing – masing tanaman dengan cara menghitung persentase kehilangan (Tabel 1) dengan rumus :

$$\%kehilangan = \frac{(a - b)}{a} \times 100$$

Keterangan :

a = rata-rata pengukuran parameter pada dosis 0 mM

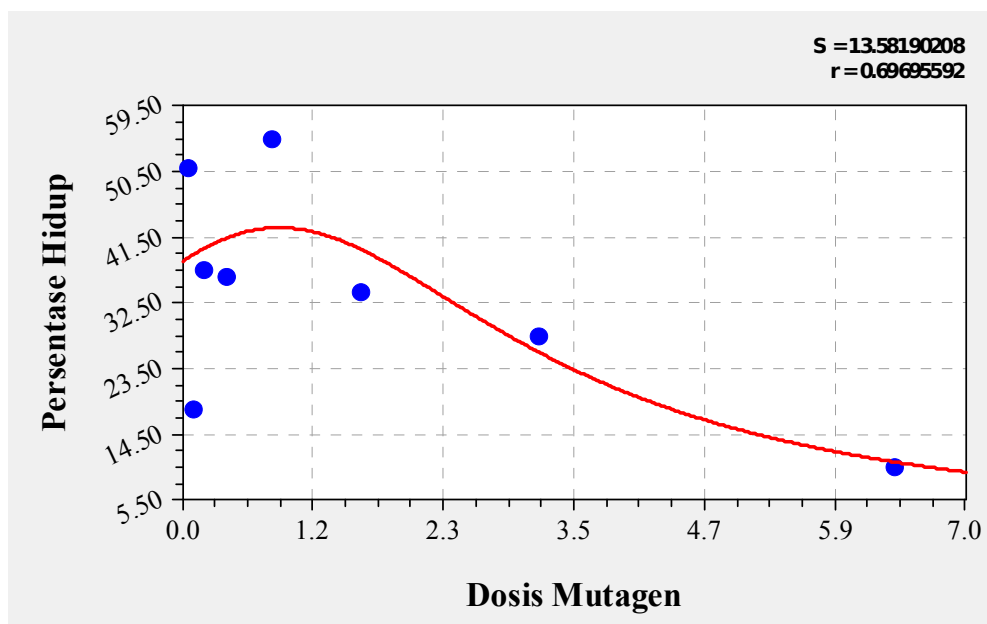
b = hasil pengukuran parameter pada dosis mutagen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dosis Letal Median

Berdasarkan hasil analisis menggunakan curve expert 1.4 didapatkan model kurva yang dapat mewakili adalah model Rational Function (Ilustrasi 1). Angka 50 didapatkan hasil x adalah 0,663, artinya bahwa dosis mutagen yang tepat untuk mendapatkan kematian benih pada taraf 50% adalah dibawah 0,663 mM.

Nilai dosis 0,663 mM atau dibawah dosis tersebut kemungkinan terjadinya mutasi terbanyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Aisyah (2006) yang menyatakan bahwa umumnya mutasi yang diinginkan terletak pada kisaran LD50 atau lebih tepatnya pada dosis sedikit di bawah LD50.



Ilustrasi 1. Kurva Rational Function LD₅₀

Dosis letal median atau Lethal dose 50 adalah dosis yang menunjukkan kematian tanaman sebanyak 50%. Nilai LD50 diperoleh berdasarkan respon kematian tanaman terhadap dosis mutagen sodium azida. Zuyasna *et al.* (2016) menyatakan bahwa mutasi yang diinginkan umumnya berada pada dosis sekitar LD50 atau lebih tepatnya berada sedikit dibawah LD50.

Pertumbuhan tanaman kedelai

Berdasarkan data pengamatan yang didapat, hasil rerata tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman kedelai generasi M1 pada tanah non-salin dan salinitas 2 dS/m (Tabel 2) menunjukkan tinggi tanaman dan jumlah daun memiliki tinggi dan jumlah yang berbeda-beda pada setiap tingkat dosis mutagen sodium azida dan kondisi tanah. Hasil rerata tinggi tanaman pada tanah non-salin memiliki tinggi yang bervariasi antar dosis mutagen. Dosis mutagen 0,05 mM, 0,2 mM, dan 0,8 mM memiliki hasil rerata yang lebih tinggi dibanding dosis 0 mM, sedangkan tinggi tanaman dosis 6,4 lebih rendah dibanding dosis mutagen lain. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat

keragaman atau variasi dari setiap dosis mutagen yang berbeda-beda. Menurut Al-Qurainy (2009) perlakuan sodium azide pada konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 mM terhadap tanaman *Eruca sativa* memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibanding kontrol.

Hasil rerata tinggi tanaman pada tanah salin 2 dS/m memiliki tinggi tanaman yang berbeda-beda antar dosis mutagen. Dosis 0,8 mM memiliki hasil rerata yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 0 mM dan tinggi tanaman dosis 3,2 mM lebih rendah dibanding dosis 0 mM. Hal ini menunjukkan bahwa dosis 0,8 mM di tanah salin 2 dS/m dapat meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan dengan dosis 0 mM. Kristiono *et al.* (2013) menyatakan bahwa peningkatan salinitas pada tanaman kedelai menurunkan tinggi tanaman, total biomasa dan hasil, daun cepat mengalami kerontokan dini (senescence).

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah daun yang didapat pada kondisi tanah non-salin, menunjukkan bahwa pengaruh dosis mutagen sodium azida terhadap jumlah daun memberikan hasil yang berbeda-beda. Jumlah daun terbanyak

Tabel 2. Data Pertumbuhan Tanaman Kedelai 8 Minggu Setelah Tanam

Dosis mutagen (mM)	Tanah non-salin		Tanah salin 2 dS/m	
	Tinggi tanaman -----cm-----	Jumlah daun	Tinggi tanaman -----cm-----	Jumlah daun
0	40,32 ± 10,870 (n=13)	6,3 ± 2,890	44,0 ± 6,868 (n= 6)	7,0 ± 4,679
0,05	43,65 ± 11,246 (n=15)	6,3 ± 2,797	36,4 ± 3,206 (n= 8)	3,4 ± 1,111
0,1	33,63 ± 9,222 (n= 4)	4,8 ± 1,090	31,8 ± 13,418 (n= 3)	9,7 ± 0,471
0,2	40,85 ± 11,773 (n=10)	7,7 ± 3,848	37,4 ± 5,350 (n= 6)	4,8 ± 2,000
0,4	32,14 ± 2,735 (n= 7)	6,7 ± 0,881	33,8 ± 5,591 (n= 5)	5,6 ± 2,332
0,8	43,15 ± 14,782 (n=17)	5,9 ± 2,928	51,5 ± 5,085 (n= 9)	4,3 ± 0,943
1,6	33,33 ± 10,174 (n=12)	7,1 ± 1,706	31,1 ± 3,105 (n= 5)	4,4 ± 1,497
3,2	37,94 ± 13,714 (n= 9)	5,7 ± 3,162	22,3 ± 5,019 (n= 4)	3,8 ± 1,299
6,4	32,50 ± 1,780 (n= 3)	5,5 ± 0,943	-	-

Keterangan : ± = nilai standar deviasi
 n = banyaknya tanaman

terdapat pada dosis 0,2 mM dan 3,2 mM. Hal ini menunjukkan bahwa pada dosis tersebut dapat meningkatkan jumlah daun tanaman kedelai. Hasil penelitian Saraswati *et al.* (2012) menunjukkan bahwa perlakuan sodium azida pada konsentrasi 2 mM dan 5 mM menghasilkan tanaman cabai rawit dengan jumlah daun lebih banyak dibandingkan dengan kontrol dan konsentrasi lainnya.

Jumlah daun pada tanah salin 2 dS/m mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah non-salin. Jumlah daun pada perlakuan mutagen di tanah salin mengalami kerontokan. Hal ini disebabkan karena unsur garam yang terdapat dalam tanah salin, sehingga mengakibatkan daun rontok. Hal ini sesuai dengan Kristono *et al.* (2013) bahwa peningkatan salinitas pada tanaman kedelai menurunkan tinggi tanaman, total biomasa dan hasil, daun cepat mengalami kerontokan dini (senescence). Sari *et al.* (2012) menyatakan bahwa perlakuan sodium azida cenderung menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman seperti penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, panjang dan lebar daun pada beberapa konsentrasi sodium azida.

Hasil Skoring Berdasarkan Karakter Agronomi pada Tanah Salin 2 dS/m

Berdasarkan hasil pengamatan pada karakter agronomi meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong, berat polong, jumlah biji/tanaman,

dan berat biji/tanaman, didapatkan data skoring dari masing-masing tanaman yang diberi perlakuan mutagen sodium azida pada kondisi tanah salin 2 dS/m (Tabel 3).

Hasil skoring berdasarkan karakter agronomi pada tanah salin 2 dS/m tersebut terdiri dari 5 tanaman dengan kriteria sangat rentan, 10 tanaman dengan kriteria rentan, 8 tanaman dengan kriteria moderat, 5 tanaman dengan kriteria agak tahan, 10 tanaman dengan kriteria tahan, dan 3 tanaman dengan kriteria sangat tahan. Tanaman dengan kriteria agak tahan, tahan dan sangat tahan pada kondisi salinitas 2 dS/m, akan dilanjutkan pada generasi M2. Adanya mutasi atau terjadinya tanaman yang mutan dapat diketahui pada generasi M2 dan seterusnya. Srivastava *et al.* (2011) dalam Kumar dan Dwivedi (2013) menyatakan bahwa strategi utama pemuliaan mutasi adalah untuk meningkatkan varietas tanaman yang disesuaikan dengan baik, dengan mengubah satu atau dua ciri utama yang membatasi produktivitas atau meningkatkan kualitas tanaman.

Perlakuan dosis mutagen yang tepat diperoleh tanaman yang mempunyai sifat-sifat seperti hasil tinggi, umur genjah, tahan terhadap penyakit tetapi kenyataan yang ditimbulkan tidak semuanya memenuhi harapan. Semakin tinggi dosis, maka akan semakin banyak terjadi mutasi dan banyak pula kerusakan. Hasil penelitian Adamu dan Aliyu (2007), bahwa konsentrasi 4

Tabel 3. Jumlah tanaman hasil skoring berdasarkan karakter agronomi pada tanah salin 2 dS/m

Dosis mutagen (mM)	Skor					
	0	1	2	4	5	6
0,05	1	5	2	-	-	1
0,1	-	-	-	2	1	-
0,2	-	-	3	1	1	1
0,4	-	-	1	-	3	1
0,8	-	4	1	2	2	-
1,6	2	1	-	-	2	-
3,2	2	-	1	-	1	-

Keterangan : 0= sangat rentan 4= agak tahan
 1= rentan 5= tahan
 2= moderat 6= sangat tahan

mM natrium azida sangat efektif dalam menginduksi mutasi berkaitan dengan persentase perkecambahan, panjang akar, tinggi bibit, kelangsungan hidup bibit, jumlah cabang per tanaman, dan hasil per tanaman pada tomat.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah nilai LD50 kedelai varietas Dering 1 yaitu 0,663 mM. Pengaruh mutagen sodium azida menyebabkan keragaman tinggi tanaman, jumlah daun pada tanah salin dan non-salin. Terdapat 10 tanaman dengan kriteria tahan dan 3 tanaman dengan kriteria sangat tahan pada kondisi salinitas 2 dS/m.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2007. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing. USA, UK, Australia. Halaman 569.
- Aisyah, S.I., H. Aswidinnoor, dan A. Saefuddin. 2009. Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma. *J. Agronomi Indonesia*. 37 (1): 62-70.
- Adamu, A. K. and H. Aliyu. 2007. Morphological effects of sodium azide on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Science World*. 1 (2):9-12.
- Alka, S. and K. Khan. 2011. Induced Variation in Quantitative Traits Due to Chemical Mutagen (Hydrazine Hydrate) Treatment in Lentil (*Lens culinaris* Medik). Aligarh Muslim University.
- Al-Qurainy, F. 2009. Effects of sodium azide on growth and yield traits of *Eruca sativa* (L.). *J. Science World App*. 7 (1):220-226.
- Amirjani, M.R. 2010. Effect of Salinity Stress on Growth Mineral Composition, Proline Content, Antioxidant Enzymes of Soybean. *Am. J. of Plant Physiol* 5 (1):350-360.
- Dhakshanamoorthy, D., R. Selvaraj. and A. Chidambaram. 2010. Physical and Chemical Mutagenesis in *Jatropha curcas* L. to Induce Variability in Seed Germination, Growth and Yield Traits. *J. Biology. Plant Biology*. 55 (2):13-125.
- Djufray, F., Sudarsono, dan M. S. Lestari. 2011. Tingkat toleransi beberapa galur harapan padi pada kondisi salinitas di lahan rawa pasang surut. *J. Agrivigor* 10 (2): 196 – 207.
- Fachrudin, L. 2000. *Budidaya Kacang-kacangan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Firdausya, A.F. 2012. Analisis Pertumbuhan, Morfologi, dan Kualitas Tanaman Hias Krisan (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) Hasil Induksi Mutasi. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Indrayanti, R., N. A. Mattjik, A. Setiawan, dan Sudarsono. Radiosensitivitas pisang cv. Ampyang dan potensi penggunaan iradiasi gamma untuk induksi varian. *J. Agronomi Indonesia*. 39 (2) : 112 – 118.
- Karyanti, A. Purwito, dan A. Husni. 2015. Radiosensitivitas dan seleksi mutan putatif jeruk keprok Garut (*Citrus reticulata* L.) berdasarkan penanda morfologi. *J. Agronomi Indonesia*. 43 (2) : 126 – 132.
- Khan, S., F. Al-Qurainy. and F. Anwar. 2009. Sodium azide a chemical mutagen for enhancement of agronomic traits of crop plants. *Environ. We Int. J. Science. Tech*. 4 (1):1-2.
- Krisnawati, A., dan M.M. Adie. 2009. Kendali genetik dan karakter penentuan toleransi kedelai terhadap salinitas. *Iptek Tanaman Pangan*. 4 (2): 222-235.
- Kristiono, A., R.D. purwaningrahayu, dan A. Taufiq. 2013. Respon Tanaman Kedelai, Kacang Tanah, dan Kacang Hijau Terhadap Cekaman Salinitas. *Buletin Palwija*. 26 (1):45 – 60.
- Kumar, G and Dwivedi, K. 2013. Sodium azide induced complementary effect chromosomal

- stickiness in *Brassica campestris* L. Jordan J. of Biological Sciences. 6 (2): 85-90.
- Lamond, R.E and D.A Withney. 1992. Manajement of Saline and Sodic Soils. Cooperative Extention Service. Kansas State University 4-6.
- Mandasari, A. A., S. P. A. Wahyuningsih, dan W. Darmanto. 2015. Uji toksisitas akut polisakarida krestin dari ekstrak *Coriolus versicolor* dengan parameter kerusakan hepatosit, enzim SGPT dan SGOT pada mencit. *J. Sain Veteriner*. 33 (1) : 69 – 74.
- Mindari, W., Maroeto, dan Syekhfani. 2009. Amiliorasi Air Salin Menggunakan Pupuk Organik Untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Kedelai dan Jagung dalam Rotasi. Penelitian Hibah Bersaing DP2M Dikti TA. 2009. 37 hlm.
- Olsen, O., X. Wang. and D.V. Wettstein. 1993. Sodium azide mutagenesis: preferential generation of at-gc transitions in the barley *ant8* gene. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 90 (1):8043-8047.
- Pitojo, S. 2003. Benih Kedelai. Kanisius. Yogyakarta.
- Potdukhe, N.R. 2004. Effect of Physical and chemical mutagens in M1 generation in red gram (*Cajanus cajan*) *Nat. J. Pl.Improve.* 6 (2): 108-111.
- Purwati, R. D., Sudjindro, E. Kartini, dan Sudarsono. 2008. Keragaman Genetika Varian yang diinduksi dengan Ethylmethane Sulphonate (EMS). *J. Littri* 14 (1): 16-24.
- Qosim, W. A., N. Istifadah, I. Djatnika, dan Yunitasari. 2012. Pengaruh mutagen etil metan sulfonat terhadap kapasitas regenerasi tunas hibrida *Phalaenopsis* in vitro. *J. Hortikultura*. 22 (4) : 360 – 365.
- Rohmah, A.N. 2014. Respon Pertumbuhan, Hasil dan Kandungan Karbohidrat Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Akibat Mutasi dengan Menggunakan Sodium Azide (SA). [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Jember. Jember.
- Saraswati, I.G.A.E., M. Pharmawati, dan I.K. Junitha. 2012. Karakter morfologi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) yang dipengaruhi sodium azida pada fase generatif generasi M1. *J. Biologi* 16 (1): 23-26.
- Sari, N.K.Y., M. Pharmawati, dan I.K. Junitha. 2012. Pengaruh mutagen kimia sodium azida terhadap morfologi tanaman cabai besar (*Capsicum annum* L.). *J. Metamorfosa*. 1 (1): 25-28.
- Soepandi, D. 1990. Studies On Plant Responses To Salt Stress. [Disertasi]. Okayama University. Japan.
- Srivastava, P., S. Marker, P. Pandey, and Z.D.K. Tiwari. 2011. Mutagenic effect of sodium azida on the growth and yield characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Asian J. Plant Sciences*. 10 (3): 190-201
- Suhartina. 2013. Dering 1, Varietas Kedelai Toleran Kekeringan Pada Fase Reproduksi. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). Malang, Jawa Timur.
- Sunarto. 2004. The Tolerance of Soybean on Saline Soil. *Buletin Agronomi*. 29 (1):27 – 30.
- Suranto, H. 2013. Peran Iptek Nuklir dalam Pemuliaan Tanaman untuk Mendukung Industri Pertanian. Prosidlng Pertemuan dan Presentasillmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nukllr P3TM-BATAN Yogyakarta, 8 Juli 2003. 308-316.
- Tatipata, A. 2008. “Pengaruh kadar air awal , kemasan dan lama simpan terhadap protein membran dalam mitokondria benih kedelai”. *16 (36):* 8–16.
- Taufiq, A. 2014. Toleransi Kacang Tanah, Kacang Hijau, dan Kedelai Terhadap Salinitas. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang, Jawa Timur

- Wang, C.T., Y. Y. Tang, X. Z. Wang, S. W. Zhang, G. J. Li, J. C. Zhang, and S. L. Yu. 2011. Sodium Azide Mutagenesis Resulted in a Peanut Plant with Elevated Oleate Content *Electronic J. Biotech.* 14 (2).
- Yumiati, I. 2016. Pertumbuhan Vegetatif dan Determinasi Kandungan Hormon Pada Padi Hitam (*Oryza sativa* L. 'Cempo Ireng') Hasil Perlakuan Sodium Azida (NaN_3). [Skripsi]. Fakultas Biologi. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Zuyasna, Effendi, Chairunnas, dan Arwin. 2016. Efektivitas polietilen glikol sebagai bahan penyeleksi kedelai kipas merah bireunyang diradiasi sinar gamma untuk toleransi terhadap cekaman kekeringan. *J. Floratek.* 11 (1) : 66 - 74.