

EFEK PEMBERIAN SENYAWA KOLKISIN TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum*)

Azmi Darotulmutmainnah¹

¹ STIKes Muhammadiyah Kuningan

*E-mail : Azmi.dar93@gmail.com

ABSTRAK

Keragaman genetik melalui induksi mutasi dapat dimanfaatkan sebagai salah satu metode dalam program pemuliaan tanaman untuk meningkatkan variasi genetik. Mutasi pada tanaman dapat dilakukan dengan senyawa anti mitosis seperti kolkisin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respon fenotipe tiga varietas tomat akibat pemberian kolkisin dan mengetahui konsentrasi kolkisin yang mampu meningkatkan pertumbuhan ketiga varietas tersebut. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama berupa varietas tomat yang terdiri atas 3 jenis, yaitu varietas Rewako (V1), varietas Tymoti (V2), dan varietas Tropical ruby (V3). Faktor kedua berupa konsentrasi kolkisin dengan 4 taraf, yaitu 0% (K0), 0,2% (K1), 0,3% (K2), dan 0,4% (K3). Parameter penelitian yang diamati adalah presentase perkecambahan, tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kolkisin tidak berpengaruh nyata terhadap presentase perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun. Diameter batang pada 0,3% dan 0,2% kolkisin lebih besar dibandingkan pada perlakuan 0% dan 0,4%.

Kata Kunci : Konsentrasi Kolkisin, Mutasi, Pertumbuhan, Varietas Tomat.

ABSTRACT

Genetic diversity through mutation can be used as a method to improve plant's genetic variation in breeding programs. Mutation in tomato plants can be induced using an anti-mitotic compound such as colchicine. This study was aimed to determine phenotypic responses of three tomato varieties due to administration of colchicine and to obtain the proper concentration of colchicine which increase growth of the three varieties. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with two factors. The first factor was tomato varieties which consist of Rewako (V1), Tymoti (V2), and Tropical ruby (V3). The second factor was colchicine concentrations which consist of 0% (K0), 0.2% (K1), 0.3% (K2), and 0.4% (K3). Parameters observed were germination percentage, plant's height, number of leaves and stem diameter. The results showed that colchicine concentration did not significantly affect the germination percentage, plant's height and number of leaves. Stem diameter at 0.3% and 0.2% colchicine was greater than 0% and 0.4%.

Keywords : Colchicine concentration, Growth, Mutation, Production, Tomato varieties.

PENDAHULUAN

Tomat merupakan salah satu komoditas sayuran termasuk kedalam suku solanaceae berbentuk perdu atau semak yang memiliki nilai gizi tinggi (Cola et al., 2014; Direktorat Jenderal Hortikultura, 2013). Kandungan gizi yang terdapat dalam buah tomat antara lain asam folat,

asam askorbat, asam malat, asam sitrat, bioflavonoid (termasuk likopen, α dan β karoten), solanin, saponin, α -tocopherol protein, lemak, vitamin, mineral, histamine, dan potassium, serta fruktosa dan glukosa yang lebih tinggi daripada sukrosa (Garvey & Hewitt, 1991; Bramley, 2000; Canece-Adam et al., 2004; Cano et al., 2003; Willcox et al., 2003).

Tomat memiliki nilai ekonomi yang tinggi dilihat dari permintaan pasar dalam negeri maupun luar negeri yang selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, namun produksi tanaman tomat Indonesia masih rendah dibandingkan dengan potensi produksinya (Haerul et al., 2015). Indonesia masih kalah bersaing dalam hal produksi tomat dibandingkan negara – negara lain. Indonesia berada di urutan ke-21 sebagai produsen tomat di dunia (Pusat Data dan Sistem Pertanian, 2014). Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2016), produksi buah tomat Indonesia mengalami penurunan pada tahun 2015 dibandingkan pada tahun 2014, yaitu dari 915.987 ton menjadi 887.792 ton. Rendahnya produksi tomat di Indonesia disebabkan oleh keterbatasan varietas unggul yang mampu tumbuh dengan baik serta teknik budidayanya (Qonit et al., 2017). Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi tomat sehingga dapat memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat adalah dengan teknik induksi poliploid. Induksi poliploid merupakan usaha untuk menghasilkan tanaman poliploid, dimana keadaan suatu tanaman yang memiliki lebih dari 2 set kromosom ($2n$).

Tanaman poliploid merupakan tanaman yang memiliki tiga atau lebih set kromosom dalam sel-selnya. Poliploid menghasilkan tanaman dengan ukuran yang lebih besar meliputi akar, batang, daun, bunga, dan buah, ukuran stomata yang lebih besar, produk metabolisme relatif lebih besar, serta lebih resisten terhadap cekaman lingkungan dan hama (Chen et al., 2006; Escandon et al., 2006). Keberhasilan induksi tanaman poliploid telah banyak dilakukan, salah satunya adalah kentang tetraploid ($2n = 4x$), gandum heksaploid ($2n = 6x$), pisang triploid ($2n = 3x$), pisang tetraploid ($2n = 4x$), jambu biji seedless ($2n = 3x$), mangga tetraploid ($2n = 4x$), dan semangka seedless ($2n = 3x$) berukuran lebih besar daripada leluhurnya yang diploid (Sissons & Hare, 2002; Sukanto, 2010; Alam et al., 2011).

Poliploid pada tanaman dapat dilakukan dengan senyawa anti mitosis seperti kolkisin (Chen et al., 2009). Induksi poliploid menggunakan senyawa kimia kolkisin paling banyak digunakan karena mudah larut dalam air dan efektif menginduksi poliploid (Haryanti et al., 2009). Kolkisin merupakan senyawa alkaloid yang diperoleh dari umbi atau biji *Colchicum autumnale*, *Colchicum umbrosum*, umbi dari *Androcymbium gramineum*, dan dapat diperoleh dari beberapa jenis genera tertentu, seperti Merendera dan Gloriosa (Al-doory, 1955; Abidin et al., 2014). Kolkisin mampu menghambat pembentukan benang spindel pada proses pembelahan sel dan diikuti oleh penggandaan jumlah kromosom di dalam sel. Penggandaan kromosom menghasilkan tanaman poliploid (Beck et al., 2003).

Konsentrasi kolkisin berpengaruh terhadap induksi poliploid pada tanaman tomat. Jika konsentrasi larutan kolkisin kurang mencapai keadaan yang tepat, maka poliploidi belum dapat diperoleh (Suryo, 1995; Wiendra, 2011). Keberhasilan induksi poliploid tergantung pada jenis spesies, jenis agen dan konsentrasi senyawa mutagen antimitosis yang digunakan (Aida & Shibata, 2002).

Penelitian yang dilaporkan oleh Beck et al. (2003) menunjukkan bahwa tetraploid berhasil diinduksi dengan menerapkan 0,01% kolkisin pada biji terkelupas *Acacia mearnsii* dengan lama perendaman selama 6 jam. Rodrigues et al. (2011) melaporkan bahwa tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) diploid efektif diinduksi pada konsentrasi kolkisin 0,25% selama 24 jam. Sedangkan Caperta et al. (2006) melaporkan bahwa penggunaan kolkisin pada *Secale cereal* L. dengan konsentrasi 0,5% menyebabkan mikrotubula, komponen penyusun benang spindel, terbentuk kembali sehingga poliploid tidak dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga benih varietas tomat, yaitu (Rewako, Tymoti, dan Tropical Ruby), larutan kolkisin, aquades, pupuk kandang, fungisida, peptisida, tanah, gliserin, hidroksiquinolin, asam asetat, HCl, aceto orcein, cat kuku, dan bahan pendukung lainnya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikroskop, cawan petri, pipet tetes, gelas ukur, preparat, kertas saring, kapas, timbangan, polybag, alat penyiram, penggaris, gunting, alat tulis, kamera, dan alat pendukung lainnya.

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Percobaan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama (V), yaitu 3 varietas tomat yang terdiri dari Rewako, Tymoti, dan Tropical Ruby. Faktor kedua (K), yaitu konsentrasi kolkisin yang terdiri dari 0%, 0,2%, 0,3%, 0,4% (Tabel 3.1.). Masing-masing perlakuan akan dilakukan 8 kali ulangan sehingga diperoleh 96 unit percobaan. Parameter penelitian yang diamati adalah presentase perkecambahan, tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang.

Prosedur Penelitian

Persiapan Media Persemaian

Media persemaian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupapasir halus yang dimasukkan ke dalam pot dari bahan gelas plastik.

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupacampuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1 : 1. Mediatanam ditimbang dengan berat pada masing-masing *polybag* 5 kg. *Polybag* diberi label sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan.

Persiapan Benih Tomat

Benih yang digunakan direndam dalam fungisida tiflo 80 WP selama 5 menit. Setelah itu dicuci hingga bersih dengan air mengalir, kemudian dikering anginkan. Pemberian fungisida dilakukan agar benih terbebas dari jamur yang dapat mengganggu pertumbuhan.

Pemberian Kolkisin Pada Tomat

Benih tomat yang sudah dicuci bersih dengan air mengalir direndam dalam larutan kolkisin 0,2%, 0,3%, dan 0,4% dengan lamaperendaman 24 jam. Sedangkan pada konsentrasi 0% hanya direndam dalam aquades. Perendaman dilakukan di dalam cawan petri yang didalamnya telah dilapisi oleh kertas saring kemudian dimasukkan larutan kolkisin. Tujuan dari pemberian kertas saring adalah agar benih tidak mengambang pada permukaan larutan saja dan seluruh permukaan benih dapat terkena larutan kolkisin. Hal tersebut dapat membantu keberhasilan penggandaan kromosom. Setelah perendaman dalam larutan kolkisin, benih dibilas dengan air mengalir kemudian direndam kembali dalam aquades selama 15 menit sebanyak 3 kali perendaman, kemudian dikering anginkan di atas tisu.

Persemaian dan Penanaman

Setelah benih dikering anginkan, kemudian benih dipindahkan ke pot dari gelas plastik yang sudah diisi pasir halus dan diberi label. Penggunaan pasir halus dapat memudahkan saat memindahkan tanaman dari pot persemaian ke *polybag* sehingga akarnya tidak rusak. Setelah itu, bibit tomat yang sudah berumur 25 hari setelah semai dipindahkan pada media tanam

dengan perbandingan tanah dan pupuk kandang 1 : 1, setiap *polybag* diberi label. Menurut Gehel (2012) benih tomat dapat dipindahkan ke dalam *polybag* pada usia 25 – 30 HSS.

Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman, pengendalian gulma, pemupukan, pemasangan ajir atau tongkat penyangga, dan pergantian tanaman mati dengan yang baru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan varietas dan konsentrasi kolkisin secara tunggal maupun interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap presentase perkecambahan tiga varietas tomat pada umur ke-25 Hari Setelah Semai (HSS) (Tabel 1).

Tabel 1. Presentase Perkecambahan tiga varietas tomat pada berbagai konsentrasi kolkisin pada umur 25 HSS

Perlakuan	Parameter
	Presentase Perkecambahan
Varietas	
V1 = Rewako	91a
V2 = Tymoti	91a
V3 = T. Ruby	93a
Konsentrasi Kolkisin	
K0 = Kontrol	90a
K1 = 0,2%	92a
K2 = 0,3%	93a
K3 = 0,4%	90a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan pada taraf $P < 0,05$.

Tabel 1 menunjukkan bahwa presentase perkecambahan pada semua perlakuan berkisar antara 90 – 93% yang menunjukkan bahwa benih dari tiga varietas tomat dapat tumbuh dengan baik. Sebagaimana disebutkan oleh Rukmana & Yuniarsih (2001) bahwa benih dikatakan memiliki daya kecambah yang baik apabila presentase perkecambahannya lebih dari 80%. Perlakuan kolkisin pada konsentrasi 0,2% – 0,4% dengan lama perendaman 24 jam menghasilkan nilai presentase perkecambahan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi kolkisin pada semua taraf konsentrasi pada tiga varietas tomat tidak menghambat perkecambahan, dimana kolkisin tidak menyebabkan kerusakan sel atau jaringan pada kecambah tomat. Hal ini dimungkinkan karena substansi kolkisin yang berbentuk cair dapat berdifusi dengan cepat ke dalam jaringan tumbuhan dan diedarkan melalui jaringan pengangkut kemudian disebarluaskan ke berbagai bagian tumbuhan. Melalui proses ini kolkisin akan mempengaruhi pembelahan sel, khususnya mitosis dengan cara menghentikan masa dormansi benih tanaman sehingga benih dapat berkecambah (Brewbaker, 1984; Suryo 1995).

Sinaga et al (2014) dalam penelitiannya melaporkan bahwa pemberian kolkisin pada biji kacang hijau pada konsentrasi 0,04 % - 0,16 % dengan lama waktu perendaman 10 jam memberikan presentase berkecambah yang tidak berbeda nyata dengan kontrol, yaitu 92 – 100 %. Presentase perkecambahannya yang tidak berbeda nyata menunjukkan bahwa sel tanaman masih mampu bertahan hidup dari efek negatif akibat pemberian kolkisin (Omidbaigi et al., 2010). Pada dasarnya kolkisin merupakan senyawa alkanoid yang bersifat toksik, jika konsentrasi kolkisin yang diberikan terlalu tinggi atau waktu perlakuan terlalu lama, kolkisin dapat menyebabkan kerusakan bahkan kematian pada tanaman itu sendiri (Suryo, 1995; Nagahatenna & Paeris, 2009). Eigsti & Dustin (1957) menjelaskan bahwa setiap spesies

memiliki kepekaan yang berbeda terhadap konsentrasi kolkisin dan lama perlakuan yang diberikan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan varietas dan konsentrasi kolkisin secara tunggal berpengaruh nyata terhadap diameter batang, namun konsentrasi kolkisin secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Selain itu, perlakuan varietas secara tunggal berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Sedangkan interaksi antara keduanya tidak memberikan pengaruh nyata pada semua parameter karakter morfologi (Tabel 2.).

Tabel 2. Nilai tengah tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang tiga varietas tomat pada berbagai konsentrasi kolkisin

Perlakuan	Parameter		
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (daun)	Diameter Batang (mm)
Varietas			
V1 = Rewako	119,34b	118,53a	8,80b
V2 = Tymoti	102,83a	118,91a	9,02b
V3 = T. Ruby	150,90c	135,53b	7,19a
Konsentrasi Kolkisin			
K0 = Kontrol	122,21	116,04	8,08a
K1 = 0,2%	129,67	131,17	8,66b
K2 = 0,3%	127,06	130,96	8,80b
K3 = 0,4%	118,48	119,13	7,82a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan pada taraf $p < 0,05$.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa varietas Tropical ruby memiliki tinggi tanaman tertinggi diikuti oleh varietas Rewako dan varietas Tymoti. Selain itu, varietas Tropical ruby juga memiliki jumlah daun paling banyak dan diameter paling kecil yang berbeda nyata dengan dua varietas lainnya. Perbedaan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang antar varietas diduga disebabkan oleh sifat genetik yang dimiliki oleh ketiga varietas tomat. Gabesius et al. (2012) menyatakan bahwa perbedaan susunan genetik merupakan salah satu faktor penyebab keragaman penampilan suatu tanaman, dimana gen dari masing – masing varietas diekspresikan dalam karakter yang berbeda pula.

Khan et al. (2017) dalam penelitiannya melaporkan bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman pada varietas jagung yang berbeda, hal tersebut disebabkan oleh perbedaan genotip yang dapat mempengaruhi sifat morfologi suatu tanaman. Tanaman tomat varietas Roma V. F memiliki jumlah daun lebih banyak daripada varietas Tropimech (Olayinka et al., 2017). Selanjutnya, terdapat perbedaan diameter batang pada tiga varietas jagung, dimana varietas Jago F1 memiliki diameter batang lebih besar dibandingkan dua varietas lainnya (Syafuruddin et al., 2012).

Pengaruh kolkisin terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun tidak berbeda nyata pada semua konsentrasi yang diberikan. Hal tersebut diduga disebabkan oleh pemberian kolkisin belum mampu mempengaruhi semua sel tanaman tetapi hanya sebagian sel saja. Avery et al. (1947) mengungkapkan bahwa penggunaan kolkisin yang tepat dapat mengakibatkan variasi karakter morfologi. Selanjutnya Barnabas et al. (1999) menjelaskan bahwa perlakuan kolkisin yang diberikan tidak tepat sehingga tidak memperlihatkan adanya perubahan pada karakter morfologi, hal ini dikarenakan aktivitas kolkisin hanya mempengaruhi sebagian sel, sehingga mutasi tidak terjadi diseluruh bagian tanaman.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sutrisno & Kuswantoro (2013) menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan tinggi tanaman dan jumlah daun kedelai pada semua perlakuan kolkisin hingga konsentrasi 1% dengan waktu perendaman 24 jam. Pada dasarnya setiap tanaman memiliki ambang batas konsentrasi kolkisin yang berbeda, sehingga apabila konsentrasi kolkisin yang diberikan pada biji tidak tepat maka tanaman mutan belum dapat diperoleh (Anggraito, 2004).

Berdasarkan pengamatan diameter batang, terdapat dua perlakuan yang menghasilkan nilai diameter batang paling besar, yaitu konsentrasi 0,3% dan 0,2% yang berbeda nyata dengan perlakuan 0,4% dan kontrol. Hasil studi Kamweanet al. (2017) menunjukkan bahwa konsentrasi kolkisin 0,2% mampu meningkatkan diameter batang rumput gajah varietas Tifton hingga 14,13 mm jika dibandingkan dengan tanaman kontrol dengan diameter batang sebesar 11,58 mm. Pembesaran diameter batang diduga merupakan dampak dari pembesaran sel akibat pemberian kolkisin (Suryo, 1995).

Kolkisin sebagai zat mutagenik berfungsi menghambat pembentukan benang *spindle* sehingga dinding pemisah tidak terbentuk dan kromosom gagal memisah (Beck et al., 2003). Benang *spindle* tersusun atas mikrotubula dublet yang terdiri dari mikrotubula singlet. Mikrotubula singlet tersusun atas protofilamen. Protofilamen merupakan polimer dari dimer protein tubulin α dan β . Kolkisin akan berikatan dengan dimer α dan β yang akan mencegah tersusunya protofilament menjadi mikrotubula sehingga menyebabkan perubahan jumlah kromosom dalam sel. Apabila terjadi perubahan jumlah kromosom, maka ukuran sel akan membesar diikuti dengan meningkatkannya ukuran jaringan sehingga ukuran organpun dapat membesar (Albert et al., 1991; Burns, 1992). Wiendra et al. (2011) menambahkan bahwa pembesaran sel pada batang mengakibatkan membesarnya berkas pengangkut xylem dan floem. Hal ini sesuai dengan pernyataan Griebach (1990) bahwa berkas pengangkut akan membesar akibat membesarnya sel tanaman dan berpengaruh pada pengangkutan hasil asimilasi yang lebih banyak, sehingga batang tanaman menjadi lebih besar.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kolkisin mempengaruhi pertumbuhan ketiga varietas tomat. Aplikasi kolkisin pada konsentrasi 0,2% dan 0,3% dapat menghasilkan diameter batang yang lebih besar. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengukur zat-zat yang terkandung pada tanaman tomat kontrol dan tanaman tomat yang diberi perlakuan kolkisin.

REFERENSI

- Abidin, L., Khurana, D., & Mujeeb, M. 2014. Effect of process parameters on the extraction of colchicine from *Colchicum autumnale* L seeds. *BMR Biotechnology*, 1(1): 1-5
- Aida, R. & Shibata M. 2002. High Frequency of Polyploidization in Regenerated Plant of *Kalanchoe blossfeldiana* Cultivar 'Tetra Vulcan'. *Plant Biotechnology*, 19(5): 329- 334.
- Alam, M, M., Karim, M. R., Aziz, M. A., Hossain, M. M., Ahmed. B. & Mandai, A.. 2011. Induction and Evaluation of Polyploidy in Some Local Potato Varieties of Bangladesh. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 1: 16 – 21.
- Albert, B, Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. and Watson, D. J, 1991. *Molecular Biology of the Cell*. 2nd ed. Longman, London.
- Al-doory, Y. 1955. The induction of polyploidy insugarcane and tomato by the use of colchicine

and the study of its influence on the growth and development of the root system of tomato. *LSU Historical Dissertations and Theses*. 8135.

- Anggraito, Y. U. 2004. Identifikasi berat, diameter, dan tebal daging buah melon (*Cucumis melo* L.) kultivar action 434 tetraploid akibat perlakuan kolkisin. *Berala. Peneitian Hayati*, 10: 37-42.
- Avery, G. S. jr. and Johnson, E. B. 1947. Horticulture. Mc Graw-Hill Book, New York.
- Barnabas, B., Obert, B. and Kovacs, G. 1999. Colchicine, an efficient genome-doubling agent for maize (*Zea mays* L.) microspores cultured in anthero. *Plant Cell Report*, 18: 858-862.
- Beck, S. L., R. W. Dunlop dan A. Fossey. 2003. Evaluation of Induced Polyploidy in *Acacia mearnsii* Through Stomatal Counts and Guard Cell Measurements. *South African Journal of Botany*, 69(4): 563-567.
- Bramley, P.M. 2000. Is Lycopene Beneficial to Human Health. *Phytochemistry*, 54 :233–236.
- Brewbaker, J. L. 1984. Genetika Pertanian. Seri Lembaga Genetika Modern. Penerbit Gede Jaya. Jakarta.
- Burns, R. G. 1992. Analysis of the colchicine binding site of β -tubulin. *Federation of European Biochemistry Societies*, 297 (3): 205-208.
- Canene-Adams K., Clinton, S. K., King, J. L., Lindshield, B. L., Wharton C., Jeffery, E. & Erdman, J. W. Jr. 2004. The Growth of The Dunning R-3327-H Transplantable Prostate Adenocarcinoma in Rats Fed Diets Containing Tomato, Broccoli, Lycopene, or Receiving Finasteride Treatment. *FASEB J*. 18: A886 (591.4).
- Chen L, Y. Wang, & M. Zhao. 2006. In vitro induction and characterization of tetraploid *Lychnis senno* Siebold et Zucc. *Horticultural Science*, 41(3): 759–761
- Chen, W. H., C. Y. Tang, and Y. L. Kao. 2009. Ploidy Doubling by *In Vitro* Culture of Excised Protocorms or Protocorm-like Bodies in *Phalaenopsis* Species. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 98: 229-238.
- Caperta, A. D., Delgado, M., Ressurreicao, F., Meister A., Jones, R. N., Viegas, W. & Houben, A. 2006. Colchicine-induced polyploidization depends on tubulin polymerization in C-metaphase cells. *Protoplasma*. 227:147-153.
- Cola, G. P. A. et al. 2014. *In Vitro* Polyploidization in *Solanum lycopersicum* Mill. 'Santa Cruz Kada Gigante'. *Cytologia*, 79(3): 351-358.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2013. Statistik Produksi Hortikultura Tahun 2012. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Kementrian Perta.
- Eigsti, O.J. and Dustin, P. 1957. Colchicine in Agriculture, Medicine, Biology and Chemistry. The Iowa State College Press. Ameslowa
- Escandon, A.S., J.C. Hagiwara, L.M. Alderete. 2006. A New of *Bacopa monnieri* Obtain by *in vitro* Polyploidization. *Electronic Journal of Biotechnology*, 9: 181-186.
- Gabesius, Y.P., Siregar, L. A. M. and Husni, Y. 2012. Respon pertumbuhan dan produksi beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap pemberian pupuk bokashi. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(1).

- Garvey, T. and J. Hewitt. 1991. Starch, Vitamin and Minerals Accumulation in Two Accessions of Cheesmanni. *Journal of The American Society for Horticultural Science* 46: 381-396.
- Griesbach, R. J. 1990. Genetic engineering of hemerocallis. *Daylily Journal*. 45(3): 278-281.
- Haerul, Muammar, Junyah L. I. 2015. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L) Terhadap POC (Pupuk Organik Cair). *Jurnal Agrotan* 1(2): 69-80.
- Haryanti, S., R.B. Hastuti, N. Setiari, A. Banowo. 2009. Pengaruh Kolkisin Terhadap Pertumbuhan, Ukuran Sel Metafase dan Kandungan Protein Biji Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Jurnal Penelitian Sains Teknologi*, 10: 112-120.
- Khan, B., Nawab, N. N., Qamar, M., Abbas, M., Haroon, M., Intikhab, A., Ahmed, H., Ahmed, I., Khan, K. and Afreeen, M. 2017. Genetic variability in different maize (*Zea mays* L.) genotypes for comparative yield performance under local conditions of Rawalakot, Azad Jammu and Kahmir. *International Journal of Bioscience*, 11(3): 102-107.
- Kamwean, P., Chaisan, T., Thobunluepop, P., Phuminchai, C. and Bredemeier, M. 2017. Changing of morphological characteristic and biomass properties in *Pennisetum purpureum* by colchicines treatment. *Journal of Agronomy*, 16(1): 23-31.
- Nagahatenna, D. S. K. and Peiris, S. E. 2009. Modification of plant architecture of *Hemidesmus indicus* (L.) R. Br. (*Iramusu*) by in vitro colchicine treatment. *Tropical Agricultural Research*, 20: 234 – 242
- Olayinka, B. U., Esan, O. O. Anwo, L. O. and Etejere, E. O. 2017. Comparative growth analysis and fruit quality of two varieties of tomato under hand weeding and pendimethalin herbicide. *The Journal of Agricultural Sciences*, 12(3): 149 – 161.
- Omidbaigi, R., Mirzaee, M., Hassani, M. E. and Moghadam, M. S. 2010. Induction and identification of polyploidy in basil (*Ocimum basilicum* L.) medicinal plant by colchicines treatment. *International Journal of Plant Production*, 4(2): 87-98.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. Outlook Komoditi Tomat. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Online <http://pusdatin.setjen.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/tomat2014.pdf>. Diakses pada 26 September 2017.
- Rodrigues, F.A., J. D. R. Soares., R. R. dos Santos., M. Pasquel., & S. d O. e Silva. 2011. Colchicine and amiprofos-methyl (APM) in Polyploidy Induction in Banana Plant. *African Journal Biotechnology*, 10(62): 13476-13481.
- Rukmana, R. and Yuniarsih. 2001. Usaha tani sorghum. Kasinius: Yogyakarta.
- Sinaga, E. J., Bayu, E. S. and Hasyim, H. 2014. Pengaruh konsentrasi kolkisin terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3): 1238-1244.
- Sissons, M.J., & Hare, R. A. 2002. Tetraploid Wheat – A Resource for Genetic Improvement of Durum Wheat Quality. *Cereal Chemistry*. 79: 78-84.
- Sukanto, L. Agus., Fajarudin A., Albertus H. W. 2010. Pengaruh Oryzalin Terhadap Tingkat Ploidii Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L.). *Bul. Littro*, 21(2): 93-102.
- Suryo. 1995. Sitogenetika. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Sutrisno and Kuswanto. 2013. Respon pertumbuhan kecambah beberapa varietas kedelai terhadap pengupasan kulit ari benih dan konsentrasi kolkisin. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Syafruddin., Suwarti, and Azral, M. 2012. Penyaringan cepat dan toleransi tanaman jagung terhadap intensitas cahaya rendah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(1).
- Wiendra, Ni M. S., Made Pharmawati, & Ni Putu A.A. 2011. Pemberian Kolkisin Dengan Lama Perendaman Berbeda Pada Induksi Poliploidi Tanaman Pacar Air (*Impatiens balsamina* L.). *Jurnal Biologi*. 15(1): .9-14.
- Willcox, J.K., Catignani, G.L., Lazarus, S., 2003. Tomatoes and Cardiovascular Health. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 43: 1–18.