

IDENTIFIKASI PERUBAHAN FENOTIP PADA EMPAT GALUR INBRED JAGUNG PAKAN (*Zea mays* L.) AKIBAT PERLAKUAN KOLKISIN

IDENTIFICATION OF PHENOTYPIC ALTERATION ON SOME YELLOW CORN INBRED LINES (*Zea mays* L.) AFTER COLCHICINE TREATMENT

Prihanti Panditia Kamukten, Arifin Noor Sugiharto^{*)}, Nur Basuki dan Darmawan Saptadi

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia

^{*)}E-mail: nur_sugiharto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Induksi poliploidi pada tanaman dengan mutagen kimiawi kolkisin memberikan peluang bagi peningkatan produksi jagung pakan yang sampai saat ini masih belum dapat terpenuhi di Indonesia. Perlakuan kolkisin pada tanaman diharapkan dapat meningkatkan dosis gen sehingga tanaman memiliki penampilan yang lebih baik dan produksi yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan fenotip pada empat galur inbred jagung pakan (*Zea mays* L.) akibat perlakuan kolkisin. Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai September 2014 di Laboratorium Sentral Jurusan Budidaya Pertanian FP-UB dan lahan yang bertempat di Desa Ampel Dento, Karangploso, Malang. Penelitian ini menggunakan empat genotip jagung pakan, yaitu SM (G₁), SH (G₂), SJB (G₃) dan SF (G₄). Pada masing-masing genotip diberi dua perlakuan, yaitu kontrol (K₀) dan kolkisin (K₁). K₀ ialah kecambah jagung yang direndam dalam aquades (0 ppm kolkisin) selama 12 jam dan K₁ ialah kecambah jagung yang direndam dalam larutan kolkisin 400 ppm selama 12 jam. Penelitian menggunakan metode *single plant* dan pengamatan dilakukan pada seluruh individu tanaman. Data kualitatif dianalisis menggunakan pendekatan statistika deskriptif, sedangkan data kuantitatif dianalisis menggunakan uji t-Student pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kolkisin dengan konsentrasi 400 ppm dapat menyebabkan perubahan fenotip di sebagian besar karakter tanaman pada keempat genotip. Perubahan fenotip yang muncul bersifat spesifik genotip.

Kata kunci: Kolkisin, Perubahan Fenotip, Karakter Kualitatif, Karakter Kuantitatif, Jagung Pakan.

ABSTRACT

Polyploid induction on plants by chemical mutagenic colchicine provided an opportunity for plant breeder in order to increase the productivity of yellow corn. Polyploid induction treatment by colchicine on plants are expected to increase gene dosage so that they have a better performance and higher productivity. The purpose of this research was to identify phenotypic alteration on some yellow corn inbred lines (*Zea mays* L.) after colchicine treatment. The research was conducted on April until September 2014 at The Central Laboratory of Cultivation Agriculture Department, Agricultural Faculty, Brawijaya University and land area which is located at Ampel Dento Village, Karangploso, Malang. Qualitative data was analyzed using descriptive statistics approach, while quantitative data was analyzed using t-Student test with 95% confidence level. Research was using four genotypes of yellow corn are, SM (G₁), SH (G₂), SJB (G₃) and SF (G₄). Each genotype included two treatments are, control (K₀) and colchicine (K₁). K₀ was corn germs soaked in aquadest (0 ppm of colchicine) within 12 hours and K₁ was corn germs soaked in 400 ppm colchicine solution within 12 hours. This research was using single plant method and observation was due to all individual plant. The result showed that colchicine treatment with 400 ppm concentration leads the phenotypic alteration on four yellow corn inbred lines in almost plant characters. The phenotypic alteration which was appeared, had a genotype-specific characteristic.

Keywords: Colchicine, Phenotypic Alteration, Qualitative Characters, Quantitative Characters, Yellow Corn.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri pakan di Indonesia terus mendorong peningkatan kebutuhan akan komoditas jagung pakan. Jagung pakan menjadi bahan pakan sumber energi yang paling banyak digunakan dalam ransum unggas yaitu sekitar 51% dari ransum. Di Indonesia, total kebutuhan jagung pada tahun 2012 mencapai 20,39 juta ton, sementara total produksi sebesar 19,38 juta ton dan impor jagung pada tahun 2012 sebesar 1,89 juta ton (Direktorat Pangan dan Pertanian, 2013). Dalam periode 2005 – 2020, kebutuhan jagung untuk industri pakan diperkirakan mencapai 51,5% dari total kebutuhan jagung pakan nasional (Sariubang dan Herniwati, 2011). Hal tersebut menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara kebutuhan dan produktivitas jagung nasional sehingga pemerintah masih mengimpor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

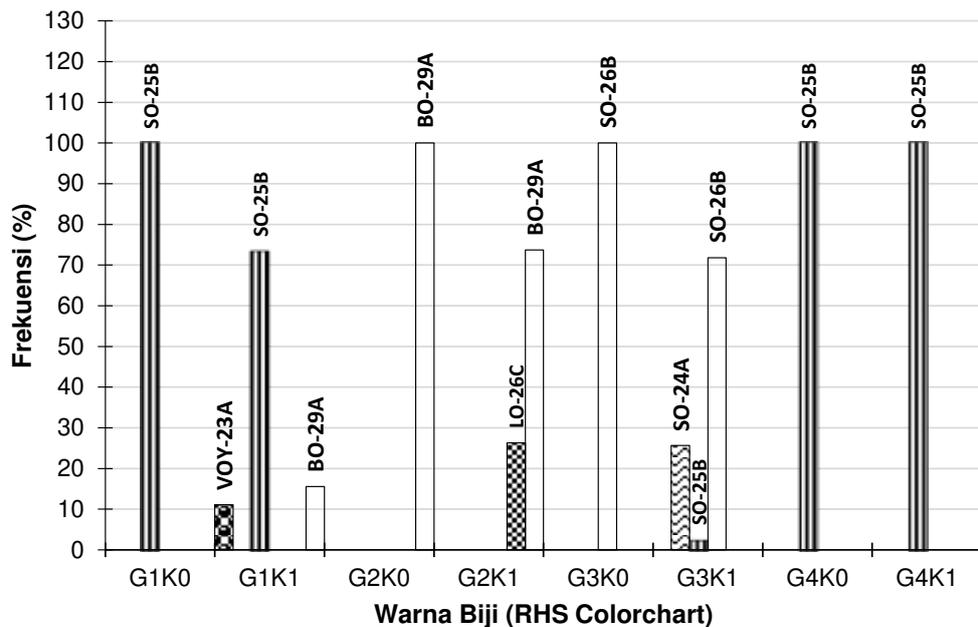
Peluang bagi pemulia tanaman untuk dapat mengembangkan komoditas jagung pakan yang memiliki produksi tinggi. Pengembangan tanaman varietas unggul melalui program pemuliaan konvensional memerlukan banyak waktu dalam prosesnya, sehingga pemuliaan non-konvensional menjadi alternatif karena lebih efisien waktu. Salah satu program pemuliaan tanaman non-konvensional yang telah banyak digunakan ialah pembentukan tanaman poliploidi menggunakan bahan kimia kolkisin. Menurut Kadi (2007), manipulasi poliploidi dilakukan untuk mendapatkan jenis organisme yang mempunyai lebih dari dua set kromosom ($2n$) untuk memperbaiki mutu dari organisme sebelumnya. Mutasi buatan dengan bahan kimia telah dibuktikan menjadi hal penting dalam peningkatan sifat pada tanaman budidaya. Keberhasilan penggunaan mutagen kimiawi dalam meningkatkan sifat tanaman telah banyak dilaporkan pada beberapa spesies (Nura *et al.*, 2013).

Kolkisin ialah salah satu bahan kimia yang dapat menyebabkan mutasi dan meningkatkan variasi pada sifat tanaman. Kolkisin dapat menyebabkan perubahan pada beberapa karakter (fenotip) tanaman, misalnya ukuran organ yang lebih besar sehingga produksinya dapat meningkat. Kolkisin dapat menyebabkan terjadinya poliploidi pada tanaman karena menghambat pembentukan benang-benang spindle sehingga kromosom gagal berpisah dan menimbulkan penambahan jumlah kromosom di dalam sel (Suryo, 2007). Upaya pembentukan poliploidi pada tanaman jagung telah banyak diteliti dan mengalami perkembangan. Menurut Chaikam dan Mahuku (2012), penggandaan kromosom menggunakan kolkisin dapat dilakukan dengan memotong ujung akar dan koleoptil pada kecambah jagung kemudian direndam dalam larutan kolkisin 0,04% selama 12 jam. Perlakuan tersebut menghasilkan persentase tanaman berkecambah 85 – 90% dan sebesar 40 – 80% tanaman dapat bertahan selama di lahan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Sentral dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian, FP-UB, serta di lahan pertanian yang berlokasi di Desa Ampel Dento, Karangploso, Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai September 2014. Bahan yang digunakan ialah empat galur inbred jagung pakan yaitu, SM (G1), SH (G2), SJB (G3) dan SF (G4), serta bubuk kolkisin, aquades (H_2O), DMSO (Dimetil sulfoksida, $(CH_3)_2SO$), kertas merang, mulsa plastik hitam-perak dan *polybag*. Aplikasi pupuk menggunakan pupuk kandang, KNO_3 (46% K_2O), pupuk dasar NPK (15-15-15), Urea (45% N) dan SP-36 (36% P_2O_5). Pengendalian hama dan penyakit menggunakan fungisida dan insektisida.

Perkecambahan benih jagung menggunakan metode Uji Kertas Digulung Didirikan dalam plastik (UKDdp) selama ± 3 hari pada suhu ruang ($25 - 28^\circ C$). Masing-masing genotip diberi 2 macam perlakuan, yaitu kontrol (K_0) dan kolkisin (K_1). K_0 ialah kecambah jagung yang direndam dalam aquades selama 12 jam K_1 ialah kecambah



Gambar 1 Grafik Warna Biji

Keterangan: VOY= Vivid Orangish Yellow, SO= Strong Orange, LO= Light Orange, BO= Brilliant Orange

jagung yang direndam dalam larutan kolkisin 400 ppm selama 12 jam. Sebelum perendaman, dilakukan pemotongan ujung tunas hingga meninggalkan ± 1 cm dan pada ujung akar sampai meninggalkan ± 2 cm bagiannya. Kemudian kecambah direndam dalam larutan selama 12 jam sesuai dengan perlakuan. Persemaian menggunakan media pasir yang diwadahi *polybag*. Setelah tujuh hari, dilakukan *transplanting* ke lahan atau bedengan. Penelitian menggunakan metode *single plant* dan pengambilan data dilakukan pada seluruh individu tanaman yang ada di lahan. Data kualitatif dianalisis menggunakan pendekatan statistika deskriptif, sedangkan data kuantitatif dianalisis menggunakan uji t-Student pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Kualitatif

Hasil menunjukkan bahwa induksi kolkisin 400 ppm menimbulkan peningkatan variasi warna biji pada G_1 , G_2 dan G_3 , sedangkan G_4 tidak (Gambar 1). Pada G_1 , perlakuan kolkisin memunculkan warna biji Strong Orange-25B, Brilliant Orange-29A dan Vivid Orangish Yellow-23A, dimana

kontrolnya berwarna Strong Orange-25B. Pada G_2 yang diinduksi kolkisin, muncul warna biji Brilliant Orange-29A dan Light Orange-26C, sedangkan kontrolnya berwarna Brilliant Orange-29A. Pada G_3 yang diinduksi kolkisin, muncul warna biji Strong Orange-26B, Light Orange-25B dan Strong Orange-26B, dimana kontrolnya berwarna Strong orange-26B. Pada G_4 , jagung yang diinduksi kolkisin dan kontrol memunculkan warna yang sama, yaitu Strong Orange-25B. Perubahan warna yang terjadi memiliki rentang dari kuning sampai oranye. Hal tersebut diduga terjadi karena adanya ketidakaturan dalam proses pembelahan sel, sehingga muncul berbagai kombinasi sifat dan menampakkan fenotip yang beragam pada genotip jagung yang diberi perlakuan kolkisin. diketahui pula bahwa kolkisin dapat meningkatkan ploidi tanaman sehingga terjadi peningkatan dosis gen. penelitian sebelumnya pada jagung menunjukkan bahwa peningkatan dosis gen melalui seri poliploidi dapat meningkatkan ekspresi dari sebagian besar gen secara proporsional (Guo *et al.*, 1996). Buckner *et al.* (1990) dalam Morohashi *et al.* (2012), menambahkan bahwa karotenoid, senyawa indol atau turunannya,

dapat memberikan warna kuning maupun oranye pada biji jagung.

Karakter Kuantitatif

Hasil uji t menunjukkan bahwa pada G_1 terjadi penurunan rerata pada karakter tinggi tanaman, kerapatan stomata, panjang dan bobot 100 butir. Terjadi peningkatan rerata pada lebar stomata (Tabel 1). Pada G_2 , induksi kolkisin menimbulkan penurunan rerata pada tinggi tanaman, kerapatan stomata, lebar daun, panjang tongkol dan bobot 100 butir (Tabel 2). Pada G_3 , induksi kolkisin menurunkan rerata pada tinggi tanaman, kerapatan stomata, panjang daun, panjang tongkol dan diameter tongkol.

Tabel 1 Rerata Karakter Tanaman pada G_1

Karakter	G_1K_0	G_1K_1
Tinggi tanaman (cm)	163.05	140.09**
Lingkar batang (cm)	7.92	7.86 ^{tn}
Panjang stomata (μm)	89.28	89.40 ^{tn}
Lebar stomata (μm)	43.65	46.57*
Kerapatan stomata (stomata/ $\mu\text{m}^2 \times 10^{-5}$)	2.91	2.48**
Panjang daun (cm)	89.13	86.20**
Lebar daun (cm)	6.78	6.83 ^{tn}
Panjang tongkol (cm)	12.62	11.82**
Diameter tongkol (cm)	4.11	3.69**
Bobot 100 butir (g)	26.31	22.26**

Keterangan: (**) = sangat nyata, (*) = nyata, (tn) = tidak nyata.

Tabel 2 Rerata Karakter Tanaman pada G_2

Karakter	G_2K_0	G_2K_1
Tinggi tanaman (cm)	119.21	65.32**
Lingkar batang (cm)	6.18	5.83 ^{tn}
Panjang stomata (μm)	94.89	94.48 ^{tn}
Lebar stomata (μm)	55.38	55.79 ^{tn}
Kerapatan stomata (stomata/ $\mu\text{m}^2 \times 10^{-5}$)	3.27	2.79**
Panjang daun (cm)	75.45	70.65 ^{tn}
Lebar daun (cm)	7.58	6.94**
Panjang tongkol (cm)	14.11	12.76*
Diameter tongkol (cm)	3.77	3.77 ^{tn}
Bobot 100 butir (g)	25.63	23.20*

Keterangan: (**) = sangat nyata, (*) = nyata, (tn) = tidak nyata.

Selain itu, terjadi peningkatan rerata pada lingkar batang, panjang stomata, lebar stomata dan bobot 100 butir (Tabel 3). Pada G_4 , terjadi penurunan rerata induksi kolkisin pada tinggi tanaman, lingkar batang, kerapatan stomata, lebar daun, panjang tongkol, diameter tongkol dan bobot 100 butir. Selain itu, terjadi peningkatan rerata pada panjang stomata (Tabel 4).

Keempat genotip yang diberi induksi kolkisin memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah dibanding kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Vanous (2011) bahwa jagung yang direndam dengan larutan kolkisin memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah daripada jagung yang direndam dengan air.

Tabel 3 Rerata Karakter Tanaman pada G_3

Karakter	G_3K_0	G_3K_1
Tinggi tanaman (cm)	178.08	165.68**
Lingkar batang (cm)	7.05	7.47**
Panjang stomata (μm)	97.19	117.28**
Lebar stomata (μm)	55.42	61.93**
Kerapatan stomata (stomata/ $\mu\text{m}^2 \times 10^{-5}$)	2.64	2.15**
Panjang daun (cm)	88.99	85.52**
Lebar daun (cm)	8.12	8.25 ^{tn}
Panjang tongkol (cm)	15.64	13.17**
Diameter tongkol (cm)	3.75	3.31**
Bobot 100 butir (g)	23.70	25.26**

Keterangan: (**) = sangat nyata, (*) = nyata, (tn) = tidak nyata.

Tabel 4 Rerata Karakter Tanaman pada G_4

Karakter	G_4K_0	G_4K_1
Tinggi tanaman (cm)	151.08	132.84**
Lingkar batang (cm)	7.85	7.09**
Panjang stomata (μm)	101.00	110.03**
Lebar stomata (μm)	56.49	55.61 ^{tn}
Kerapatan stomata (stomata/ $\mu\text{m}^2 \times 10^{-5}$)	3.02	2.25**
Panjang daun (cm)	82.01	81.84 ^{tn}
Lebar daun (cm)	6.61	6.26**
Panjang tongkol (cm)	14.04	12.82**
Diameter tongkol (cm)	4.44	4.13**
Bobot 100 butir (g)	29.89	27.88**

Keterangan: (**) = sangat nyata, (*) = nyata, (tn) = tidak nyata.

Selain itu, perlakuan perendaman larutan kolkisin pada tanaman naman *Amaranthus* sp. dilaporkan menyebabkan pertumbuhan yang lebih pendek dibandingkan kontrol (Pandey dan Milan, 2008). Penurunan tinggi tanaman pada jagung akan memberikan keuntungan dalam budidaya karena akan me-ngurangi resiko tanaman yang rebah. Tanaman jagung yang lebih rendah dapat mem-permudah saat proses pemanenan hasil.

Induksi kolkisin meningkatkan panjang stomata pada G_3 dan G_4 serta lebar stomata pada G_1 dan G_3 . Peningkatan ukuran stomata diduga terjadi akibat mutagen kolkisin yang menyebabkan penambahan pada ukuran ataupun jumlah sel, hal ini sesuai dengan pendapat Suryo (2007) bahwa beberapa ciri tanaman poliploidi ialah memiliki ukuran sel yang lebih besar, inti sel besar dan ukuran stomata yang lebih besar. Beberapa karakteristik fenotip telah digunakan sebagai pengukuran level ploidi secara tidak langsung. Poliploidi seringkali memiliki ukuran polen, stomata dan biji yang lebih besar tapi perkembangannya lebih lambat (Dewitte *et al.*, 2011).

Peningkatan dimensi dan area dapat disebabkan karena sel dengan penambahan kromosom mengalami pertumbuhan yang lebih besar dan menghasilkan lebih banyak protein seiring dengan bertambahnya jumlah gen. Peningkatan ukuran tersebut ditampakkan melalui peningkatan sifat tanaman dan organ-organnya (Rauf *et al.*, 2006). Sedangkan penurunan kerapatan stomata yang terjadi pada keempat genotip disebabkan berkurangnya jumlah stomata. Pengamatan stomata melalui mikroskop menunjukkan bahwa jagung yang diberi induksi kolkisin me-miliki jumlah stomata yang lebih sedikit dibandingkan kontrol, dalam satu luasan bidang pandang. Penurunan kerapatan stomata berbanding lurus dengan penurunan jumlah stomata per bidang pandang, sehingga semakin sedikit jumlah stomata dalam suatu bidang pandang, maka kerapatannya makin kecil atau menjadi lebih renggang dan sebaliknya. Pada karakter pasca panen, panjang tongkol keempat genotip jagung yang diinduksi kolkisin menjadi lebih pendek. Penurunan panjang tongkol diduga terjadi karena me-

ningkatnya *unfilling-tip* sehingga area tongkol yang terisi oleh biji jagung menjadi berkurang karena *unfilling-tip* ialah tongkol yang tidak berisi biji jagung. Selain akibat mutasi, peningkatan *unfilling-tip* juga dapat terjadi karena kemunduran waktu masaknya bunga betina yang terlalu lama dari munculnya bunga jantan, sehingga terjadi inkompatibilitas bunga jantan dan betina saat penyerbukan. Hal tersebut ditandai dengan polen dari bunga jantan yang sudah habis dan mengering saat penyerbukan akibat lambatnya kemunculan rambut tongkol. Hal tersebut menyebabkan pembuahan menjadi tidak sempurna bahkan gagal. Pada beberapa kasus, efek kolkisin memberikan efek yang justru menurunkan karakter tanaman. Karakter diameter tongkol menurun pada G_1 , G_3 dan G_4 . Kemudian bobot 100 butir menurun di ketiga genotip kecuali pada G_3 meningkat. Menurut Kadi (2007), tanaman poliploid umumnya memiliki bagian vegetatif yang lebih besar sehingga lebih vigor dibanding diploidnya. Namun efek tersebut tidak universal, karena ada beberapa poliploid yang mirip atau lebih lemah dibandingkan tetua diploidnya. Gnanamurthy *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa mutagen kimia menyebabkan penurunan pada karakter morfologi jagung seperti tinggi tanaman, jumlah daun, bobot 100 butir, panjang tongkol, panjang klobot dan jumlah tongkol per tanaman. Setiap tanaman biasanya memiliki ambang batas maksimum untuk tingkat ploidinya, apabila melebihi batas tersebut biasanya tanaman tidak normal, lemah atau tidak dapat hidup (Kadi, 2007). Selain faktor mutasi, penurunan sifat pada karakter pasca panen juga dapat disebabkan oleh penurunan pada karakter vegetatif tanaman yang dapat mengganggu proses pembentukan asimilat. Menurut Sitompul dan Guritno (1995), penghambatan pada awal fase pertumbuhan menyebabkan penurunan produksi biomassa yang nyata. Induksi kolkisin dengan konsentrasi 400 ppm dapat menyebabkan kemunduran pada umur *tasseling* 50% dan *silking* 50% di G_1 , G_2 , G_3 dan G_4 (Tabel 5). Induksi kolkisin diduga menyebabkan pertumbuhan pada jagung menjadi lebih lambat akibat adanya proses mutasi sehingga peralihan dari fase vegetatif tanaman ke generatif juga menjadi lebih lama.

Tabel 5 Data Umur *Tasseling* 50% dan *Silking* 50%

Perlakuan	<i>Tasseling</i> (hst)	<i>Silking</i> (hst)
G ₁ K ₀	61	63
G ₁ K ₁	67	69
G ₂ K ₀	62	65
G ₂ K ₁	66	69
G ₃ K ₀	66	70
G ₃ K ₁	68	72
G ₄ K ₀	62	66
G ₄ K ₁	69	73

Menurut Dewitte *et al.* (2011), tanaman poliploid memiliki ciri waktu berbunga yang lebih lambat dan bervariasi.

Secara keseluruhan, terlihat adanya respon yang beragam dari keempat genotip terhadap pemberian induksi kolkisin. Dalam prosesnya, mutasi terjadi hanya pada sebagian individu saja, sehingga memunculkan keragaman dalam setiap penampilan sifat tanaman. Selain itu, setiap genotip memiliki kepekaan yang berbeda-beda pula dalam merespon perlakuan kolkisin. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Riddle *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa terdapat respon yang spesifik genotip terhadap perubahan dosis gen yang menunjukkan munculnya variasi genetik dalam merespon perubahan ploidi diantara karakter tanaman seluruh galur inbred jagung. Pemberian kolkisin pada tanaman akan menimbulkan perubahan yang sangat bervariasi karena efek kolkisin yang diberikan pada masing-masing individu tanaman tidak mempengaruhi semua sel, akan tetapi hanya sebagian saja. Hal ini sesuai dengan pendapat Rahayu *et al.* (2014) bahwa adanya pengaruh yang berbeda pada sel-sel tanaman disebabkan karena kolkisin hanya efektif pada sel yang sedang aktif membelah.

KESIMPULAN

Induksi kolkisin dengan konsentrasi 400 ppm menyebabkan terjadi perubahan fenotip pada empat galur inbred jagung pakan di sebagian besar karakter tanaman. Efek kolkisin pada perubahan fenotip bersifat spesifik genotip. Pada G₁, perlakuan kolkisin menyebabkan penurunan tinggi tana-

man, kerapatan stomata, panjang daun, panjang tongkol, diameter tongkol, bobot 100 butir dan kemunduran waktu *tasseling* dan *silking*, serta terjadi peningkatan lebar stomata dan variasi warna biji. Pada G₂, perlakuan kolkisin menurunkan tinggi tanaman, kerapatan stomata, lebar daun, panjang tongkol, bobot 100 butir dan kemunduran waktu *tasseling* dan *silking*, namun meningkatkan variasi warna biji. Pada G₃, perlakuan kolkisin menimbulkan penurunan tinggi tanaman, kerapatan stomata, panjang daun, panjang tongkol, diameter tongkol dan kemunduran waktu *tasseling* dan *silking*, serta menimbulkan peningkatan pada lingkaran batang, panjang dan lebar stomata, bobot 100 butir dan variasi warna biji. Pada G₄, perlakuan kolkisin menyebabkan penurunan pada tinggi tanaman, lingkaran batang, kerapatan stomata, lebar daun, panjang tongkol, diameter tongkol, bobot 100 butir dan kemunduran waktu *tasseling* dan *silking*, namun menyebabkan peningkatan pada panjang stomata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc., Ph.D. yang telah memberikan materi penelitian, dana, sarana dan prasarana serta pengawasan dan saran, sehingga proses penelitian dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaikam, V. and G. Mahuku. 2012.** Chromosome Doubling of Maternal Haploids. *Doubled Haploid Technology in Maize Breeding: Theory and Practice*. P. 14 – 29.
- Direktorat Pangan dan Pertanian. 2013.** Studi Pendahuluan: Rencana Pembangunan jangka Menengah Nasional (RPJMN) Bidang Pangan dan Pertanian 2015 – 2019. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. Jakarta.
- Dewitte, A., K. van Laere dan J. van Huylenbroeck. 2011.** Use of 2n Gametes in Plant Breeding. *Plant Breeding*. P. 59 – 86.

- Gnanamurthy, S., D. Dhanavel, M. Grija, P. Pavadai dan T. Bharathi. 2012.** Effect of Chemical Mutagenesis on Quantitative Traits of Maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Research in Botany* 2 (4): 34 – 36.
- Guo, M., D. Davis dan A. Birchler. 1996.** Dosage Effects on Gene Expression in a maize Ploidy Series. *Genetics* 142: 1349 – 1355.
- Kadi, A. 2007.** Manipulasi Poliploid untuk Memperoleh Jenis Baru yang Unggul. *Oseana* 32 (4): 1 – 11.
- Morohashi, K., Mr. I. Casas, M. L. F. Ferreira, M. K. Mejia-Guerra, L. Pourcel, A. Yilmaz, A. Feller, B. Carnalho, J. Emiliani, E. Rodriguez, S. Pellegrinet, M. McMullen, P. Casati dan E. Grotewold. 2012.** A Genome Regulatory Framework Identifies Maize *Pericarp Color1* Controlled Genes. *The Plant Cell* 24: 2745 – 2764.
- Nura, S., A. K. Adamu, S. Mu'Azu, D. B. Dangora dan L. D. Fagwalawa. 2013.** Morphological Characterization of Colchicine-induced Mutants in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Biological Sciences* 13 (4): 277 – 282.
- Pandey dan R. Milan. 2008.** Chromosome Behaviour and Fertility in Induced Polyploids of Grain Amaranths. *Caryologia* 61 (3): 199 – 205.
- Rahayu, Y. S., I. K. Prasetyo dan A. U. Riada. 2014.** Pengaruh Penggunaan Kolkisin terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Sedap malam (*Polygonum tuberosum* L.) di Dataran Medium. *Agromix* 5 (1): 44 – 56.
- Rauf, S., I. A. Khan dan F. A. Khan. 2006.** Colchicine-Induced Tetraploidy and Changes in Allele Frequencies in Colchicine-Treated Populations of Diploids Assessed with RAPD Markers in *Gossypium arboreum* L. *Turk Journal Biology* 30: 93 – 100.
- Riddle, N. C., A. Kato dan A. Birchler. 2006.** Genetic Variation for The Response to Ploidy Change in *Zea mays* L. *Theor Appl Genet* 114: 101 – 111.
- Sariubang, M. dan Herniwati. 2011.** Sistem Pertanaman dan Produksi Biomas Jagung sebagai Pakan Ternak. *Seminar Nasional Serealia*. P. 237 – 244.
- Sitompul, S. M. dan B. Guritno. 1995.** Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suryo. 2007.** Sitogenetika. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rahayu, Y. S., I. K. Prasetyo dan A. U. Riada. 2014.** Pengaruh Penggunaan Kolkisin terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Sedap malam (*Polygonum tuberosum* L.) di Dataran Medium. *Agromix* 5 (1): 44 – 56.
- Vanous, A. E. 2011.** Optimization of Doubled Haploid Production in Maize (*Zea mays* L.) Tesis. Iowa State University. Iowa. (Available on <http://li.dr.iastate.edu/etd>).