

Perbandingan Sebaran dan Pemusatan Data Karakter Jarak Kepyar (*Ricinus communis* L.) Generasi CT₂ dan CT₁(CT₁)

Comparison of Central Tendency and Spread Data of Castor Bean (*Ricinus communis* L.) Characters Generation CT₂ and CT₁(CT₁)

Regina Sotya Rahagi Praptoko, Budi Waluyo dan Kuswanto*)

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Brawijaya University
Jln. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia

*)Email: kuswantoas@gmail.com

ABSTRAK

Induksi poliploid di dalam metode pemuliaan tanaman merupakan salah satu metode yang banyak dilakukan dalam bidang pertanian. Metode ini digunakan untuk memperoleh genotip baru suatu tanaman melalui penggandaan kromosom yang mampu menghasilkan hasil lebih unggul baik secara fisiologis maupun morfologis. Penggunaan metode ini tidak lagi hanya digunakan pada tanaman pangan namun juga tanaman berpotensi bahan baku industri, salah satunya adalah Jarak kepyar. Jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) adalah tanaman penghasil minyak yang memiliki nilai tinggi dalam bidang industri, farmasi, dan sektor pertanian. Tanaman ini telah cukup lama digunakan secara komersial sebagai sumber energi terbarukan dan telah banyak dibudidayakan. Hal inilah yang melatarbelakangi penelitian ini dilakukan. Tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk mempelajari sebaran dan pemusatan data karakter, mengetahui keragaman tiap karakter, dan membandingkan nilai keragaman karakter antar dan dalam populasi jarak kepyar generasi CT₂ dan CT₁(CT₁). Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2018 – Mei 2019 bertempat di lahan percobaan Jatimulyo, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Metode penelitian ini berupa rancangan non experimental menggunakan penanaman baris tunggal dan analisa dengan uji-t. Bahan percobaan yang diujikan adalah 16 galur jarak kepyar yang terdiri dari dua populasi generasi yaitu CT₂

yang diperoleh dari generasi CT₁ dengan perlakuan kolkisin 500 ppm dan CT₁(CT₁) yang diperoleh dari generasi CT₀(CT₁) dengan perlakuan kolkisin kembali sebanyak 2000 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa generasi CT₂ dan CT₁(CT₁) memiliki nilai keragaman yang berbeda pada setiap variabel. Berdasarkan uji-t diketahui pula bahwa galur C864 merupakan galur yang menunjukkan peningkatan genetik ditunjukkan dengan nilai uji-t signifikan pada hampir seluruh variabel.

Kata kunci: Kolkisin, Jarak Kepyar, Galur, Populasi.

ABSTRACT

Polyploidy induction in plant breeding method has become one of common use method in agriculture. This method was done to obtain a new genotype of plant by doubling a chromosome which can result better perform in physiology or morphology. It doesn't only use in crop plant but also on other potential plant which can become a raw material for industry, and one of those is castor bean (*Ricinus communis* L.). Castor bean is an oilseed plant with high value in industrial, pharmaceutical and agriculture. This plant has been planted for long time and utilized commercially as renewable energy. Therefore this is the background of the research. Goals of this research are to study spread and central tendency data of characters, knowing the diversity, and comparing the diversity value across and

within population generation CT₂ and CT₁(CT₁). This research was conducted on December 2018 until May 2019 located in research field Jatimulyo, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. Method of this research was non-experimental design using single plant and t-test analysis. The material of this research are 16 lines of castor bean which consist of generation CT₂ derived from 500 ppm colchicine treatment of CT₁, and CT₁(CT₁) derived from 2000 ppm secondary colchicine treatment of CT₀(CT₁). The results are showed that generation CT₂ and CT₁(CT₁) have a different value of diversity on each variables. Based on t-test, it also known that C864 line showed the increasement of genetic proofed with the significance result of t-test in almost all variables.

Keywords: Colchicine, Castor Bean, Line, Population.

PENDAHULUAN

Pemuliaan tanaman merupakan sebuah usaha yang dilakukan dengan sengaja oleh manusia kepada alam sehubungan dengan pewarisan pada tanaman, yang dilakukan untuk memperoleh sebuah keuntungan (Acquaah, 2007). Terdapat berbagai macam metode yang digunakan dalam pemuliaan tanaman, salah satunya adalah dengan melakukan poliploid. Menurut Tambong *et al.* (1998) manipulasi ploidi memiliki fungsi untuk memfasilitasi produksi kultivar unggul sehingga hal ini menjadi fokus tersendiri pada upaya pemuliaan di masa-masa kini. Poliploid adalah tanaman yang memiliki genom berlipat ganda. Penggunaan bahan kimia kolkisin sebagai penghambat benang spindle pada fase mitosis dapat digunakan untuk menginduksi poliploid dan telah berhasil dilakukan untuk menginduksi penggandaan kromosom pada sel meristematik pada berbagai tanaman (Mensah *et al.*, 2007). Diketahui bahwa terdapat efek kolkisin terhadap beberapa karakter tanaman seperti perbedaan morfologi daun pada tanaman zonal geranium diploid dan tetraploid (Jadrna,

Placova dan Kobza, 2010), peningkatan rata-rata berat buah, ukuran lingkaran buah, dan kandungan gula dalam buah pada tanaman semangka hibrida poliploid (Sumarji dan Suparno, 2017) dan juga pada peningkatan jumlah polong dan biji pada kacang panjang (Essel, 2015). Hal ini bisa jadi dipengaruhi oleh kemampuan kolkisin untuk mengubah frekuensi dari allele (Rauf, Khan dan Khan, 2006). Inilah yang mempengaruhi terdapatnya keragaman akibat efek pemberian kolkisin sehingga identifikasi dan konfirmasi tanaman dengan ploidi yang stabil adalah hal yang penting.

Jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) adalah tanaman penghasil minyak yang memiliki nilai tinggi dalam bidang industri, farmasi, dan sektor pertanian. Tanaman ini telah cukup lama digunakan secara komersial sebagai sumber energi terbarukan yang sangat besar untuk industri kimia (Ogunniyi, 2006); (Mutlu dan Mejer, 2010). Tanaman ini memiliki kromosom berjumlah $2n=2x=20$ (Rukam, *et al.*, 2014) dan diyakini berasal dari Selatan Mediterranean Basin, Afrika Utara dan India namun telah menyebar ke seluruh daerah tropis (Tomar *et al.* 2014). Pentingnya peran yang dimiliki oleh tanaman jarak kepyar inilah yang melatarbelakangi penelitian ini dilakukan. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan untuk mengamati keragaman dan tingkat keseragaman benih jarak kepyar hasil pemberian kolkisin yang telah ditanam di musim sebelumnya melalui pendekatan statistik deskriptif dengan membandingkan nilai rerata dua populasi CT₂ dan CT₁(CT₁). Selanjutnya akan diamati persebaran dan pemusatan data dari setiap karakter yang dimiliki untuk mengetahui keragaman komposisi genetik kedua populasi tersebut.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan non experimental dengan penanaman baris tunggal. Bahan yang digunakan adalah benih dari 16 galur jarak kepyar generasi CT₂ dan CT₁(CT₁). 8 galur generasi CT₂ diperoleh dari tanaman generasi pertama (CT₀) hasil perlakuan kolkisin 500 ppm dan

8 galur generasi CT₁(CT₁) diperoleh dari tanaman generasi pertama (CT₀) yang mendapat perlakuan kolkisin kedua sebesar 2000 ppm sehingga menjadi CT₀(CT₁). Galur tersebut diantaranya adalah ASB 60, C856 DM, ASB 81, TD, C864, Jayas, C1012, dan C856. Setiap galur ditanam sebanyak 20 benih sehingga terdapat 320 tanaman di lapang. Bahan lain yang digunakan selama penelitian ini adalah, polybag, air, pupuk Urea, SP-36, KCl, pupuk KNO₃, fungisida Daconil 75 WP dan Folicur (Tebukunazol 25 WP), insektisida AMMATE 150 EC dan amplop coklat. Alat yang digunakan adalah tray, gembor, cetok, papan nama galur dan *knapsack sprayer*. Variabel yang diamati terdiri dari dua kedua sebesar 2000 ppm sehingga menjadi generasi CT₀(CT₁). Galur tersebut diantaranya adalah ASB 60, C856 DM, ASB 81, TD, C864, Jayas, C1012, dan C856. Setiap galur ditanam sebanyak 20 tanaman sehingga terdapat 320 tanaman di lapang. Bahan lain yang digunakan selama penelitian ini adalah, polybag persemaian, air, pupuk Urea, SP-36, KCl, pupuk KNO₃, fungisida Daconil 75 WP dan Folicur (Tebukunazol 25 WP), insektisida AMMATE 150 EC dan amplop coklat. Alat yang digunakan adalah tray, gembor, cetok, papan nama galur dan *knapsack sprayer*. Variabel yang diamati terdiri dari dua kategori yaitu variabel vegetatif dan generatif-hasil panen. Kategori vegetatif terdiri dari pengukuran batang, daun, nodus, dan internodus. Sedangkan kategori generatif dan hasil panen terdiri dari tandan, buah, kapsul, biji dan bobot 1000 biji. Analisa data dilakukan dengan uji-t menggunakan *Microsoft Excel 2010* pada opsi *t-Test: Assume Unequal Variance*.

$$t' = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \Delta_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}}$$

Keterangan:

s = simpangan baku

m, n = jumlah sampel

\bar{x} = rerata sampel

Δ_0 = nilai hipotesis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji-t pada (Tabel 1, 2) diketahui bahwa nilai signifikan pada tiap karakter disebabkan oleh perbedaan rerata antara kedua generasi, dan diduga adanya perbedaan level ploidi.

Karakter Tinggi Tanaman

Karakter tinggi tanaman terbagi atas tinggi batang utama awal berbunga, tinggi tanaman awal berbunga, tinggi tanaman panen dan berkaitan pula dengan tinggi tandan. Hasil uji-t menunjukkan bahwa tinggi tanaman saat panen memiliki jumlah galur dengan nilai signifikan terbanyak dengan nilai rerata CT₁(CT₁) diduga tetraploid yang umumnya lebih tinggi. Namun, hal ini didapati berbeda pada banyak penelitian yang ada, seperti pada penelitian Yunus *et al.* (2018) dan Zahedi *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa tanaman dengan level ploidi lebih tinggi memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena tanaman tetraploid menghasilkan bentuk tanaman yang lebih padat sehingga menurunkan tinggi tanaman tersebut (Guerra *et al.* 2014). Penelitian lain yang dilakukan oleh Niu *et al.* (2016) juga memaparkan hasil bahwa tanaman *Jatropha curcas*, diploid dan tetraploid yang ditanam di lapang menunjukkan tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata, sedangkan tanaman octoploid memiliki ukuran terkecil. Orientasi bentuk tanaman octoploid *Jatropha curcas* pada penelitian Niu *et al.* (2016) menunjukkan kesamaan orientasi pada tanaman galur C856 dimana diduga bahwa terdapat kesamaan ploidi maupun proses fisiologis yang menyebabkan tanaman tersebut berukuran kecil. Semakin tingginya level ploidi, maka dihasilkan pertumbuhan yang lebih lambat disebabkan oleh penurunan intensitas pembelahan sel (Corneillie *et al.*, 2019). Munzbergova (2017) juga menyatakan bahwa efek kolkisin dari tetua sintetik poliploid belum tentu nampak pada generasi keduanya. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap tanaman memiliki respon yang berbeda disebabkan oleh segregasi level

ploid yang diduga dipengaruhi oleh interaksi dari jumlah konsentrasi kolkisin dan genotip (Mustafa *et al.* 2017).

Karakter Daun dan Batang

Berkaitan dengan karakter vegetatif daun dan batang, karakter ini mencakup diameter batang atas, diameter batang bawah, jumlah nodus, jumlah internodus, panjang internodus, panjang petiol, panjang daun, lebar daun, jumlah lobus, dan jumlah daun. Diketahui bahwa populasi CT₁(CT₁) memiliki nilai rerata yang lebih tinggi pada seluruh galur, kondisi ini sejalan dengan penelitian Yunus *et al.* (2018) yang mengemukakan bahwa tanaman *Artemisia annua* L. dengan perlakuan kolkisin memiliki rerata ukuran daun dan diameter batang yang lebih besar dibandingkan perlakuan kontrol. Namun tidak seluruh galur menunjukkan hasil yang signifikan, sehingga dapat diasumsikan bahwa pada galur tertentu, gen yang mengekspresikan karakter diatas tidak dipengaruhi oleh pemberian kolkisin.

Karakter diameter batang atas dan bawah pada beberapa galur menunjukkan hasil perbandingan yang signifikan, hal ini rupanya disebabkan oleh terjadinya penambahan tekanan air pada bagian batang atas. Sevanto (2003) menjelaskan dalam hasil disertasi yang ditulis, bahwa seiring dengan naiknya hasil produksi fotosintesis ke bagian atas tanaman, xylem yang tidak mampu menampung tekanan air dan hasil fotosintat akan memindahkan molekulnya ke bagian floem. Hal ini digambarkan dengan kondisi *loading and unloading sink and source cell*. Ketika sel mengalami loading (memuat) maka terdapat tekanan turgor yang memperbesar ukuran sel, dan ketika sel mengalami unloading (meletakkan) konsentrasi larutan menurun dan menurunkan tekanan turgor.

Karakter Umur Tanaman

Karakter umur pada tanaman jarak kepyar dibagi menjadi dua yaitu umur berbunga dan umur panen. Diketahui bahwa pada umur berbunga terdapat perbedaan yang signifikan pada beberapa galur, namun sama sekali tidak karakter pada umur panen. Kondisi ini tentu sangat

berbeda dengan hasil yang dikemukakan oleh Zahedi *et al.* (2014) dimana kandungan DNA dan ukuran sel yang lebih besar pada tanaman tetraploid berhubungan dengan lambatnya waktu berbunga sehingga umur tanaman panen pun akan mengalami kemunduran dibandingkan tanaman dengan level ploid yang lebih rendah (Rahman, Parjanto dan Nandariyah, 2017).

Karakter Generatif dan Hasil Panen

Karakter generatif dan hasil panen dari penelitian ini terdiri dari tinggi tandan, jumlah tandan, jumlah buah, biji, kapsul pertandan dan pertanaman, panjang kapsul, karakter biji dan bobot 1000 biji. Berdasarkan hasil uji-t, diketahui bahwa umumnya karakter-karakter diatas memiliki jumlah galur dengan nilai signifikan berkisar pada 1 hingga 2 galur saja, kecuali karakter tinggi tandan dengan 3 galur signifikan. Keadaan ini menunjukkan bahwa karakter generatif-hasil panen pada kedua populasi cenderung seragam dan tidak dipengaruhi oleh kolkisin. Beberapa dugaan juga dapat menjadi faktor penyebab terdapatnya tanaman yang bernilai signifikan, salah satunya dipaparkan oleh Silva (2019) bahwa pada penanaman 207 lini Jarak kepyar, keberadaan gen tanaman berukuran kerdil dapat mempengaruhi keragaman suatu sifat yang nampak sangat berbeda pada suatu populasi. Niu *et al.* (2016) dalam penelitiannya memaparkan bahwa tanaman *Jatropha curcas* tetraploid memiliki ukuran biji yang lebih besar, namun hasil biji perbuah yang lebih sedikit dibandingkan tanaman diploid, hal ini diduga terjadi akibat rendahnya fertilitas polen pada tanaman yang diduga tetraploid. Faktor lain disebabkan oleh serangan jamur *gray mold*. Pivetta *et al.* (2017) menunjukkan sebuah hasil penelitian terkait jarak kepyar yang memiliki kemungkinan terserang penyakit ini jika ditanam pada awal bulan dimana curah hujan telah menurun. Kondisi ini sesuai dengan kondisi keadaan di lapang dimana penanaman dilakukan pada musim penghujan dan inisiasi buah terjadi pada akhir musim penghujan ketika curah hujan mulai menurun.

Tabel 1 Uji-t populasi variabel vegetatif CT₂ dan CT₁(CT₁)

Karakter Galur	TBB	UP	JT	TT	JBTD	JBTN	JKTD	JKTN	JBtTD	JBtTN	PK	PB	LB	TB	BB
ASB 60	2,86*	0,69	1,02	1,76	2,06	1,06	1,66	1,27	2,29*	1,27	0,44	1,07	1,18	1,09	0,10
C856 DM	1,94	0,45	0,37	1,91	0,16	1,58	0,16	0,36	0,22	0,68	1,03	1,72	0,31	0,01	0,23
ASB 81	0,59	1,26	0,00	2,39*	0,31	0,69	0,10	0,43	0,03	0,38	1,43	1,03	0,36	0,36	1,21
TD	2,22*	0,71	0,19	0,24	0,19	1,14	0,21	1,51	0,22	1,49	0,29	0,22	2,57*	2,78*	2,12
C864	2,33*	0,73	1,27	3,57*	2,33*	5,12*	2,29*	5,05*	2,04	4,43*	5,87*	2,77*	0,70	1,19	2,98
Jayas	2,40*	1,77	1,24	3,53*	5,11*	0,70	5,11*	0,89	5,25*	6,20*	1,58	1,58	0,93	0,24	1,84
C1012	0,37	0,62	1,17	0,44	1,42	1,29	1,37	1,23	1,24	1,24	0,51	1,05	0,05	1,36	0,13
C856	0,36	0,36	1,20	0,89	1,05	0,20	1,17	0,27	1,14	0,25	0,64	1,05	0,61	1,05	1,03

Keterangan: TBB: Tinggi Batang Utama Awal Berbunga, TT: Tinggi Tanaman Awal Berbunga, TTP: Tinggi Tanaman Saat Panen, DBB: Diameter Batang Bawah, DBA: Diameter Batang Atas, JN: Jumlah Nodus, JI: Jumlah Internodus, PI: Panjang Internodus, PP: Panjang Petiol, PD: Panjang Daun, LD: Lebar Daun, JL: Jumlah Lobus, JD: Jumlah Daun, *: signifikan pada α 0,05.

Tabel 2 Uji-t populasi variabel generatif dan hasil panen CT₂ dan CT₁(CT₁)

Karakter Galur	UB	UP	JT	TT	JBTD	JBTN	JKTD	JKTN	JBtTD	JBtTN	PK	PB	LB	TB	BB
ASB 60	2,86*	0,69	1,02	1,76	2,06	1,06	1,66	1,27	2,29*	1,27	0,44	1,07	1,18	1,09	0,10
C856 DM	1,94	0,45	0,37	1,91	0,16	1,58	0,16	0,36	0,22	0,68	1,03	1,72	0,31	0,01	0,23
ASB 81	0,59	1,26	0,00	2,39*	0,31	0,69	0,10	0,43	0,03	0,38	1,43	1,03	0,36	0,36	1,21
TD	2,22*	0,71	0,19	0,24	0,19	1,14	0,21	1,51	0,22	1,49	0,29	0,22	2,57*	2,78*	2,12
C864	2,33*	0,73	1,27	3,57*	2,33*	5,12*	2,29*	5,05*	2,04	4,43*	5,87*	2,77*	0,70	1,19	2,98
Jayas	2,40*	1,77	1,24	3,53*	5,11*	0,70	5,11*	0,89	5,25*	6,20*	1,58	1,58	0,93	0,24	1,84
C1012	0,37	0,62	1,17	0,44	1,42	1,29	1,37	1,23	1,24	1,24	0,51	1,05	0,05	1,36	0,13
C856	0,36	0,36	1,20	0,89	1,05	0,20	1,17	0,27	1,14	0,25	0,64	1,05	0,61	1,05	1,03

Keterangan: UB: Umur Berbunga, UP: Umur Panen, JT: Jumlah Tandan, TT: Tinggi Tandan, JBTD: Jumlah Buah Pertandan, JBTN: Jumlah Buah Pertanaman, JKTD: Jumlah Kapsul Pertandan, JKTN: Jumlah Kapsul Pertanaman, JBtTD: Jumlah Biji Pertandan, JBtTN: Jumlah Biji Pertanaman, PK: Panjang Kapsul, PB: Panjang Biji, LB: Lebar Biji, TB: Tebal Biji, BB: Bobot 1000 Biji*: signifikan pada α 0,05.

Jika dibandingkan dengan galur lain, diketahui bahwa C864 merupakan galur dengan hasil uji-t yang signifikan pada banyak variabel, sehingga dapat diduga adanya kemajuan genetik yang menyebabkan peningkatan hasil pada level ploidi yang lebih tinggi. Genotip menjadi salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan ekspresi efek dari kolkisin (Mustafa *et al.*, 2017). Ekspresi gen merupakan hasil ekspresi dari alel masing-masing gen dan bentuk keragaman alel dapat mempengaruhi tingkat ekspresi gen yang berpengaruh pada sifat kuantitatif (Guo *et al.*, 2004). Variasi alel tersebut menyebabkan perbedaan pada bagian *gen regulator* sehingga timbullah pola ekspresi yang berbeda. Pola tersebut menghasilkan perubahan fungsional dan mempengaruhi fenotip dari suatu organisme.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat keragaman pada nilai setiap karakter yang diamati. Galur C864 diketahui menjadi galur dengan peningkatan paling signifikan pada banyak variabel dibandingkan galur lainnya yang ditunjukkan dari hasil uji-t. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa setiap genotip memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengekspresikan gen setiap karakter.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2007.** Principles of Plant Genetics and Breeding. Malden: Wiley-Blackwell.
- Corneillie, S., Storme, N. D., Acker, R. V., Fangel, J. U., Bruyne, M. D., Rycke, R. D., et al. 2019.** Polyploidy Affects Plant Growth and Alters Cell Wall Composition. *Journal Plant Physiology* 179(1): 74-87.
- Essel, E. 2015.** Effect of Colchicine Treatment on Seed Germination, Plant Growth, and Yield Traits of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Canadian Journal of Pure and Applied Sciences* 9(3):3573-3576.
- Guerra, D., Wittmann, M. T., Schwarz, S. F., Souza, P. V., Gonzatto, M. P., dan Weiler, R. L. 2014.** Comparison Between Diploid and Tetraploid Citrus Rootstocks: Morphological Characterization and Growth Evaluation. *Journal Bragantia* 73(1): 1-7.
- Guo, M., Rupe, M. A., Zinselmeier, C., Habben, J., Bowen, B. A., & Smith, O. S. 2004.** Allelic Variation of Gene Expression in Maize Hybrids. *Journal The Plant Cell* 16(7):1707-1716.
- Jadrna, P., Placova, O., & Kobza, F. 2010.** Morphological changes in colchicine-treated *Pelargonium x hortorum* L.H Bailey greenhouse plants. *Journal Horticultural Science* 37(1):27-33.
- Mensah, J., Obadoni, B., Akomeah, P., Ikhajiagbe, B., dan Ajibolu, J. 2007.** The effects of Sodium Azide and Colchicine Treatments on Morphological and Yield Traits of Sesame seed (*Sesame indicum* L.). *African Journal of Biotechnology* 6(5): 534-538.
- Munzbergova, Z. 2017.** Colchicine Application Significantly Affects Plant Performance in the Generation of Synthetic Polyploids and its Effect Vary Between Population. *Journal Annuals of Botany* 120(2): 329-339.
- Mustafa, N. S., Liu, F., Odongo, M. R., Wang, X., Cai, X., Zhang, Z., et al. 2017.** Effects Of Colchicine Treatment on Chromosome Doubling In Three Diploid Cotton Species. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology* 4(4):7140-7145.
- Mutlu, H dan Meier, MAR. 2010.** Castor Oil as a Renewable Resource For the Chemical Industry. *European Journal of Lipid Science and Technology* 112(1): 10-30
- Niu, L., Tao, Y.-B., Chen, M.-S., Fu, Q., Dong, Y., He, H., et al. 2016.** Identification and Characterization of Tetraploid and Octoploid *Jatropha curcas* Induced by Colchicine. *Journal of Cayologia* 69(1):58-66.
- Ogunniyi, D. 2006.** Castor oil: a vital industrial raw material. *Journal Bioresource Technology* 97(9):1086-1091.

- Pivetta, L. G., Tomaz, C. d., Fioreze, S. L., Lara-Fioreze, A. C., Pivetta, L. A., & Zanotto, M. D. 2017.** Growth Performance of Castor Bean Hybrids Under Different Plant Densities. *Journal Vicoso* 64(4):399-412.
- Rahman, A. F., Parjanto, dan Nandariyah. 2017.** Keanekaragaman Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Oyong (*Luffa acutangula* L.) Pada Berbagai Konsentrasi Kolkhisin. *Agrotechnology Research Journal* 1(1):1-6.
- Rauf, S., Khan, I. A., dan Khan, F. A. 2006.** Colchicine-Induced Tetraploidy and Changes in Allele Frequencies in Colchicine-Treated Populations of DIploids Assessed with RAPD Markers in *Gossypium arboreum* L. *Turkish Journal of Biology* 30(2):93-100.
- Rukam, S. T., Parakhia, M., Kavani, R., Dobariya, K., Thakkar, J., Rathod, V., et al. 2014.** Characterization of Castor (*Ricinus communis* L.) genotypes using different markers. *Research Journal of Biotechnology* 9(2):6-13.
- Sevanto, S. 2003.** Tree Stem Diameter Change Measurement and Sap Flow in Scots Pine. Helsinki: University of Helsinki.
- Silva, A. R., Silva, S. A., Santos, L. A., Souza, D. R., Araujo, G. d., Dantas, J. L., et al. 2019.** Characterization and Performance of Castor Bean and Parents at the UFRB Germplasm Bank. *PLoS ONE* 14(1):1-15.
- Sumarji dan Suparno. 2017.** The Effectiveness of Colchicin Giving on Watermelon Ploidization (*Citrullus vulgaris* Schard). *International Journal of Applied Environmental Sciences* 12(11): 1951-1967.
- Tambong, J., Sapra, V., dan Garton, S. 1998.** In vitro induction of tetraploids in colchicine-treated cocoyam planlets. *Journal Euphytica* 104(3): 191-197.
- Tomar, R. S., Parak, V., Kavani, R., dan Dobariya, K. 2014.** Characterization of Castor (*Ricinus communis* L.) Genotypes Using Different Markers. *Research Journal of Biotechnology* 9(2): 6-13.
- Yunus, A., Parjanto, Samanhudi, Hikam, M. P., dan Widyastuti, Y. 2018.** Polyploid response of *Artemisia annua* L. to colchicine Treatment. IOP Conference Series: *Journal of Earth and Environmental Science* 142(1):12-20.
- Zahedi, A. A., Hosseini, B., Fattahi, M., Dehghan, E., Parastar, H., dan Madani, H. 2014.** Overproduction of Valuable Methoxylated Flavones in Induced Tetraploid Plants of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. *Journal Botanical Studies* 55(22):1-10.