

Keragaman Buah Jeruk Keprok SoE Mutan Generasi M_1V_2 Hasil Induksi Mutasi Sinar Gamma

(Fruit Diversity of SoE Mandarin Mutant at M_1V_2 Generation Resulted from Gamma Irradiation)

Hidayatul Arisah* dan Baiq Dina Mariana

Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Jl. Raya Tlekung No. 1 Junrejo, Batu Jawa Timur 65301, Indonesia

Telp. (0341) 592683; Faks. (0341) 593047

*E-mail: hidayatularisah@gmail.com

Diajukan: 18 Mei 2017; Direvisi: 20 Juli 2017; Diterima: 29 September 2017

ABSTRACT

Mutation induced by gamma rays can occur in any random site at allelic level causing genetic variation in every individual plants in a population. Induced mutation on the local citrus varieties SoE allows the increase of diversity in both qualitative and quantitative traits. The study was aimed to determine the influence of mutation on diversity of fruit characters of SoE mandarin mutant. The experiment was conducted in Experimental Field and Plant Breeding Laboratory of Indonesian Citrus and Subtropical Fruits Research Institute in 2014. Descriptive observations based on IPGRI descriptor list for citrus were made on fruit weight, fruit length, fruit diameter, skin thickness, seed number, segment number, skin color, juice volume, juice color, and taste. The result showed that the effect of mutation on diversity of qualitative characters was relatively low; mutant characters were almost identical to those of the control parent. In contrast, quantitative characters showed more diverse result in which genetic similarity percentage ranged from 5.06–33.89%. The highest diversity value was observed on seed number and the lowest one was observed on segment number. There were seven accessions showing seedless character of which 90% of their fruits were seedless with ≤ 5 seeds/fruit. The induced mutation resulted in fewer seed number and thinner peel of mutant's fruits than those of citrus fruits of SoE. Based on cluster analysis, selected mutant accessions had low diversity and 76.40% genetic similarity.

Keywords: citrus (*Citrus reticulata*), gamma radiation, morphology character.

ABSTRAK

Mutasi sinar gamma dapat terjadi secara acak pada level alelik yang menghasilkan keragaman genetik baru. Mutasi pada jeruk menginduksi keragaman karakter secara kuantitatif maupun kualitatif. Tujuan penelitian ini ialah mengetahui pengaruh mutasi terhadap peningkatan keragaman karakter buah pada mutan tanaman jeruk lokal SoE. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika Jawa Timur, tahun 2014. Pengamatan dilakukan secara deskriptif berdasarkan *Internasional Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI), pada karakter bobot buah, tinggi buah, diameter buah, ketebalan kulit, jumlah biji, jumlah juring, volume jus, warna kulit buah, warna jus, dan rasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh mutasi pada peningkatan keragaman karakter kualitatif relatif rendah; mutan hampir mirip dengan tanaman kontrol untuk karakter kualitatif. Perbedaan pada karakter kuantitatif, ditunjukkan dengan nilai koefisien keragaman 5,06–33,89%, nilai tertinggi pada karakter jumlah biji, sedangkan karakter jumlah juring memiliki nilai terendah. Terdapat tujuh aksesori yang menghasilkan buah dengan persentase buah *seedless* (jumlah biji ≤ 5) mencapai 90%. Mutasi induksi menyebabkan berkurangnya jumlah biji dan menurunnya ukuran ketebalan kulit buah dibanding dengan kontrol SoE. Berdasarkan analisis klaster, aksesori-aksesori mutan terseleksi mempunyai tingkat keragaman kecil dengan level kemiripan 76,40%.

Kata kunci: jeruk keprok (*Citrus reticulata*), radiasi sinar gamma, karakter morfologi.

PENDAHULUAN

Jeruk (*Citrus reticulata*) merupakan komoditas buah yang disukai oleh masyarakat global, dengan rerata konsumsi masyarakat di Indonesia mencapai 3,285 kg/kapita/tahun (Pusdatin 2015). Berbagai jenis jeruk terutama tipe mandarin (keprok) beredar di pasaran Indonesia. Konsumen umumnya menyukai jeruk tipe ini karena karakter *seedless*, warna kuning-oranye, dan cita rasa enak. Pada masa mendatang karakter *seedless* menjadi salah satu atribut utama preferensi konsumen buah segar (Vardi et al. 2008).

Nilai produksi jeruk keprok dan siam yang dihasilkan pada tahun 2015 sebesar 1.744.339 ton. Hal ini menyebabkan angka impor jeruk masih relatif tinggi, mencapai 82.313 ton pada tahun 2015 (BPS 2016a, b). Untuk mengurangi ketergantungan impor, perbaikan genetik jeruk lokal harus dilakukan dengan kriteria berproduksi tinggi, bermutu tinggi, dan diterima pasar domestik.

Jeruk keprok SoE merupakan salah satu komoditas spesifik lokasi yang berasal dari daerah SoE, Nusa Tenggara Timur (NTT). Salah satu keunggulan jeruk SoE, yaitu jeruk ini memiliki warna kulit kuning hingga oranye kemerahan dan mengkilap mirip dengan jeruk impor. Jeruk dengan penampilan tersebut lebih disukai konsumen karena memiliki warna yang menarik (Sadeli & Utami 2013). Namun, jeruk ini memiliki jumlah biji yang relatif banyak, yaitu sekitar 10–15 biji per buah. Kualitas buah jeruk untuk pasar jeruk segar dapat ditingkatkan dengan mengurangi jumlah biji karena biji jeruk cenderung pahit. Untuk itu, upaya perbaikan kualitas buah terutama dari segi karakter jumlah biji perlu dilakukan dengan tetap mempertahankan kualitas unggul yang sudah ada.

Salah satu upaya perbaikan kualitas buah dapat dilakukan dengan induksi mutasi menggunakan radiasi sinar gamma. Data FAO hingga akhir 2015 (<https://mvd.iaea.org/>) menunjukkan terdapat 41 varietas buah terdaftar berasal dari hasil pemuliaan mutasi dengan sinar gamma. Jenis buah yang dikembangkan antara lain semangka, apel, pir, jeruk, ceri, delima, dan buah tin dengan atribut perbaikan pada kualitas buah dan ketahanan terhadap penyakit. Untuk jeruk, terdapat lima varietas baru

hasil induksi mutasi yang berasal dari jenis keprok dan jeruk manis. Atribut utama perbaikan varietas antara lain karakter *seedless*, *good-cooking quality* (jeruk manis), dan produksi tinggi.

Mutagenesis pada tanaman buah diarahkan untuk mengubah sifat tertentu yang bermanfaat (Predieri 2001), dengan mempertahankan sebagian besar sifat-sifat unggul lainnya. Induksi mutasi dapat juga digunakan untuk memunculkan variasi genetik yang bermanfaat untuk perbaikan karakter-karakter yang penting dari segi ekonomi tanpa mengubah karakter dasar lainnya (Khalil et al. 2011; Uzun & Yesiloglu 2012). Mutasi dapat terjadi secara acak di mana saja pada genom sehingga berpotensi memunculkan keragaman karakter selain karakter yang diinginkan. Bermejo et al. (2012) menyatakan bahwa mutasi dengan sinar gamma merupakan *tool* yang efektif untuk mendapatkan varietas jeruk *seedless* dari varietas dengan jumlah biji banyak.

Induksi mutasi sinar gamma pada jeruk keprok SoE memungkinkan adanya peningkatan keragaman karakter kuantitatif maupun kualitatif. Meskipun karakter kuantitatif merupakan karakter yang sulit dibedakan karena dikendalikan oleh banyak gen, tetapi informasi mengenai tingkat keragaman sangat diperlukan. Hal ini berkaitan dengan kontribusi genetik dalam perbaikan karakter yang tercermin dalam penampilan kuantitatif dan kualitatif buah SoE mutan. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap sifat kuantitatif sehingga kontribusi genetik sering tidak diketahui dengan jelas (Sutarto et al. 2008).

Radiasi sinar gamma pada dosis 20 dan 40 Gy menghasilkan keprok SoE dengan jumlah biji 0–5 per buah dari seleksi populasi generasi M_1V_1 (Sutarto et al. 2009). Bermejo et al. (2012) mendapatkan reduksi jumlah biji dari 9,03 menjadi 0,23–2,47 per buah pada klon kultivar Murcott hasil radiasi sinar gamma. Kafa et al. (2015) mengemukakan bahwa radiasi sinar gamma pada mata tempel mandarin ‘Nova’ dan ‘Robinson’ menyebabkan pengurangan biji pada buah mutan. Radiasi sinar gamma menyebabkan abrasi kromosom seperti inversi dan translokasi yang dapat mengakibatkan serbuk sari dan ovul gugur (Vardi et al. 2008) dan menurunkan viabilitas serbuk sari

(Bermejo et al. 2011, 2012) yang kemudian menghambat pembentukan biji.

Dari segi kualitas buah, Goldenberg et al. (2014) mengamati adanya peningkatan intensitas warna kulit pada mandarin kultivar 'Kedem' dan 'Michal' hasil mutasi sinar gamma dibanding dengan warna kulit buah dari tanaman kontrolnya dan juga perbaikan dari segi rasa buah pada varietas Kedem, Vardit, dan Irradiated King. Bermejo et al. (2011) mendapatkan mutan Moncada dengan indeks kematangan buah lebih rendah daripada tanaman kontrolnya yang berarti memiliki peluang untuk memperpanjang masa panen.

Radiasi sinar gamma diduga menginduksi keragaman karakter pada aksesi mutan yang dihasilkan. Keragaman karakter pada aksesi mutan dapat diketahui melalui pengukuran besaran nilai keragaman karakter secara kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh induksi mutasi sinar gamma terhadap peningkatan keragaman karakter buah pada tanaman SoE mutan generasi M_1V_2 .

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Tlekung dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika Jawa Timur, pada tahun 2014.

Prosedur Penelitian

Bahan yang digunakan ialah 48 aksesi tanaman jeruk keprok SoE hasil mutasi sinar gamma generasi M_1V_2 (MT) dan 1 tanaman keprok SoE nonmutan sebagai kontrol. Generasi M_1V_2 merupakan tanaman yang berasal dari cabang-cabang generasi M_1V_1 terseleksi berpotensi *seedless* dan ditanam di lapangan sejak tahun 2009. Sementara generasi M_1V_1 berasal dari cabang M_1V_0 terseleksi hasil induksi mutasi dengan sinar gamma yang dilakukan pada tahun 2003.

M_1V_0 berasal dari mata tunas yang diradiasi menggunakan sinar gamma dengan dosis 20, 40, 60, dan 80 Gy di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi BATAN. Se-

lanjutnya, mata tunas diokulasi pada batang bawah *Japanche citroen* (JC) dan dipelihara di dalam pot. Pertumbuhan optimal diperoleh dari tanaman dengan dosis radiasi 20 Gy (Sutarto et al. 2008). Seleksi buah pada cabang tanaman M_1V_0 menghasilkan cabang-cabang potensial *seedless* dan diokulasi pada batang bawah JC menjadi tanaman M_1V_1 . Seleksi generasi M_1V_0 ini telah diperoleh 100 aksesi M_1V_1 yang ditanam di pot. Seleksi yang sama juga dilakukan pada generasi M_1V_1 dan diperoleh 3 aksesi potensial *seedless*. Berdasarkan hasil seleksi pada M_1V_1 , didapatkan 136 aksesi generasi M_1V_2 . Selanjutnya, tanaman M_1V_2 ditanam di lapangan dengan teknologi budi daya sesuai rekomendasi dan dilakukan secara optimal untuk meminimalkan pengaruh lingkungan terhadap tanaman mutan.

Parameter Pengamatan

Pengamatan karakter kualitatif (seperti warna kulit buah, warna jus, dan rasa) dan karakter kuantitatif (seperti bobot buah, tinggi buah, diameter buah, ketebalan kulit, jumlah biji, jumlah juring, dan volume jus) dilakukan secara deskriptif berdasarkan panduan observasi (*Descriptor* jeruk) dari *Internasional Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI) pada sampel buah yang dipanen setelah buah masak fisiologis. Karakter rasa diperoleh melalui uji organoleptik menggunakan skoring. Jumlah buah yang dijadikan sampel sebanyak 10 buah per aksesi. Sementara, observasi jumlah biji dilakukan pada semua buah yang dipanen dari setiap aksesi yang diamati. Data kuantitatif diperoleh dari rerata sampel, sedangkan data kualitatif merupakan karakter yang muncul secara dominan

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan program *Minitab 16*. Dendrogram digambar berdasarkan matriks kemiripan pada karakter kuantitatif buah utama menggunakan *software* yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman karakter kualitatif

Berdasarkan hasil pengamatan karakter kualitatif, warna kulit buah jeruk SoE dibedakan ke dalam empat kelompok warna, yaitu kuning hijau, kuning, kuning oranye, dan oranye. Warna kuning hijau terdapat pada 6 aksesori (kontrol SoE, MT 76.24, MT 78.58, MT 78.67, MT 78.76, dan MT 86.22). Warna kuning pada 8 aksesori (MT 76.26, MT 76.31, MT 76.4, MT 78.34, MT 78.46, MT 78.56, MT 78.69, dan MT 86.6). Warna kuning oranye pada 15 aksesori (MT 76.14, MT 76.15, MT 76.27, MT 76.28, MT 76.29, MT 78.19, MT 78.23, MT 78.29, MT 78.40, MT 78.43, MT 78.53, MT 78.55, MT 78.61, MT 78.72, dan MT X-3). Penampilan warna oranye terekspresi pada 20 aksesori yang merupakan warna yang dominan muncul pada observasi tahun 2014 (Tabel 1). Potensi genetik pada warna kulit jeruk keprok SoE ialah warna oranye agak kemerahan, terekspresi jika ditanam di lingkungan yang memiliki suhu dengan perbedaan siang dan malam yang tinggi seperti pada habitat asalnya, yaitu di daerah SoE, NTT.

Konsumen menyukai jeruk keprok dengan warna kuning hingga oranye. Warna hijau pada jeruk keprok cenderung mengindikasikan buah jeruk belum matang, biasanya tidak disukai konsumen. Jika dibandingkan dengan buah impor, dari segi warna kulit keprok SoE harusnya mampu bersaing. Namun, sebuah studi preferensi konsumen yang membandingkan buah keprok SoE dan buah mandarin ‘Ellendale’ impor yang dilakukan Wei et al. (2003) menunjukkan hasil sebaliknya. Panelis masih lebih menyukai warna kulit buah jeruk impor jika dibanding buah keprok SoE. Buah mandarin impor cenderung memiliki warna kulit kuning-oranye yang seragam dan merata yang diduga merupakan hasil dari pengolahan pasca panen sebelum dipasarkan. Warna yang menarik seperti jeruk impor cenderung sulit dicapai oleh buah jeruk lokal mengingat keterbatasan fasilitas dan teknologi pengolahan pasca panen.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa warna jus berkisar antara oranye dan oranye pucat.

Warna oranye terdapat pada 42 aksesori, sedangkan 7 aksesori berwarna oranye pucat (MT 76.24, MT 76.26, MT 76.31, MT 78.34, MT 78.69, MT 78.76, dan MT 86.6) (Tabel 1). Karakter rasa buah beragam di setiap aksesori, observasi ini mengelompokkan rasa jus ke dalam enam karakter rasa. Rasa asam terdapat pada 6 aksesori (MT 86.22, MT 78.23, MT 78.29, MT 78.61, MT 78.76, dan MT 76.31), rasa asam manis pada 7 aksesori (MT 76.4, MT 76.27, MT 78.19, MTX-3, MT 78.1, MT 78.2, dan MT 78.3), rasa asam manis segar pada 1 aksesori (MT 86.6), rasa manis asam pada 4 aksesori (MT 76.25, MT 78.31, MT 78.5, dan MT 53), rasa manis hambar pada 1 aksesori (MT 76.14), rasa manis segar yang merupakan rasa terbaik hanya terdapat pada 4 aksesori, yaitu MT 78.58, MT 76.15, MT 76.23, dan MT 76.29. Rasa asam segar merupakan rasa yang mendominasi aksesori-aksesori yang diamati (26 aksesori) termasuk di dalamnya tanaman kontrol SoE (varietas asal SoE). Keragaman karakter rasa yang terekspresi pada aksesori-aksesori mutan (Tabel 1) masih mencerminkan rasa khas seperti pada SoE aslinya, yaitu asam segar, yang ditegaskan di dalam dokumen deskripsi pendaftaran varietas SoE.

Penampilan karakter warna kulit, warna jus, dan rasa pada setiap aksesori merupakan karakter kualitatif yang ekspresinya dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, terutama cahaya dan suhu serta teknis budi daya yang menentukan status nutrisi (Rodrigo et al. 2013) sehingga sulit untuk dilakukan pengukuran. Oleh karena itu, tanaman mutan yang ditanam di lahan yang sama juga mendapat perlakuan budi daya yang serupa sehingga pengaruh lingkungan tersebut dianggap sama untuk setiap tanaman yang diamati. Ekspresi karakter kualitatif warna kulit, warna jus, dan rasa pada aksesori mutan, tidak berbeda secara signifikan dengan karakter kualitatif pada buah tanaman kontrol. Hal ini merupakan suatu hal yang positif mengingat tujuan awal penelitian pemuliaan mutasi ini ialah untuk mendapatkan buah mutan *seedless* dengan mempertahankan kualitas buahnya yang lain, seperti warna kulit kuning-oranye. Dengan demikian, kemiripan buah mutan dengan buah kontrol SoE terutama dari segi kualitas warna kulit dan warna jus merupakan suatu hal yang diharap-

Tabel 1. Penampilan karakter kualitatif buah SoE mutan generasi M_1V_2 .

Aksesi	Warna kulit buah	Warna jus	Rasa
MT 76.13	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 76.14	Kuning oranye	Oranye	Manis hambar
MT 76.15	Kuning oranye	Oranye	Manis segar
MT 76.2	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 76.23	Oranye	Oranye	Manis segar
MT 76.24	Kuning hijau	Oranye pucat	Asam segar
MT 76.25	Oranye	Oranye	Manis asam
MT 76.26	Kuning	Oranye pucat	Asam segar
MT 76.27	Kuning oranye	Oranye	Asam manis
MT 76.28	Kuning oranye	Oranye	Asam segar
MT 76.29	Kuning oranye	Oranye	Manis segar
MT 76.30	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 76.31	Kuning	Oranye pucat	Asam
MT 76.4	Kuning	Oranye	Asam manis
MT 78.1	Oranye	Oranye	Asam manis
MT 78.13	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.15	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.16	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.19	Kuning oranye	Oranye	Asam manis
MT 78.2	Oranye	Oranye	Asam manis
MT 78.20	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.23	Kuning oranye	Oranye	Asam
MT 78.29	Kuning oranye	Oranye	Asam
MT 78.3	Oranye	Oranye	Asam manis
MT 78.31	Oranye	Oranye	Manis asam
MT 78.33	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.34	Kuning	Oranye pucat	Asam segar
MT 78.40	Kuning oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.43	Kuning oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.46	Kuning	Oranye	Asam segar
MT 78.5	Oranye	Oranye	Manis asam
MT 78.53	Kuning oranye	Oranye	Manis asam
MT 78.55	Kuning oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.56	Kuning	Oranye	Asam segar
MT 78.58	Kuning hijau	Oranye	Manis segar
MT 78.59	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.6	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.61	Kuning oranye	Oranye	Asam
MT 78.67	Kuning hijau	Oranye	Asam segar
MT 78.69	Kuning	Oranye pucat	Asam segar
MT 78.71	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.72	Kuning oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.75	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 78.76	Kuning hijau	Oranye pucat	Asam
MT 86.10	Oranye	Oranye	Asam segar
MT 86.22	Kuning hijau	Oranye	Asam
MT 86.6	Kuning	Oranye pucat	Asam manis segar
MTX-3	Kuning oranye	Oranye	Asam manis
SoE	Kuning hijau	Oranye	Asam segar

kan. Hasil serupa di mana radiasi sinar gamma mampu memperbaiki karakter yang diinginkan dengan mempertahankan sejumlah karakter baik

lainnya sesuai dengan hasil penelitian Bermejo et al. (2011) pada mutan moncada dan Khalil et al. (2011) pada mutan Kinnow.

Keragaman Karakter Kuantitatif

Komponen karakter kuantitatif seperti bobot buah, tinggi buah, diameter buah, tebal kulit, jumlah juring, volume jus, dan jumlah biji yang diamati merupakan karakter terukur yang dipengaruhi oleh dua atau lebih gen (Falconer 1989). Karakter tersebut memberikan kontribusi dan secara bersamaan mengambil peran dalam penampilan buah.

Penampilan keragaman karakter kuantitatif beberapa aksesori hasil mutasi ditunjukkan oleh Tabel 2. Karakter bobot buah beragam dari bobot terendah 60.31 g (MT 76.26) hingga tertinggi 146.31 g (MT 78.6). Aksesori MT 78.6 merupakan salah satu aksesori yang berpeluang menghasilkan buah dengan bobot buah yang lebih besar dibandingkan dengan varietas asalnya (keprok SoE). Kestabilan sifat ukuran buah ini akan menjadi karakter penting untuk mendapatkan kebun dengan produktivitas tinggi.

Peningkatan keragaman pada diameter buah ditunjukkan dengan ragam ukuran yang berkisar antara 46.89–69.51 mm pada aksesori MTX-3 dan MT 78.33, yang berbeda dengan diameter pada buah kontrol (66.43 mm). Nilai terkecil karakter tinggi buah terdapat pada aksesori MTX-3 (32,77 mm) dan nilai terbesar pada aksesori MT 86.6 (55,22 mm). Karakter diameter buah dan tinggi buah berpengaruh terhadap bentuk buah, bergantung pada besaran rasio yang diperoleh. Bermejo et al. (2011) mendapatkan perubahan akibat mutasi pada beberapa klon untuk karakter buah, termasuk ukuran buah.

Rerata jumlah juring berkisar antara 10,00–13,1 per buah (MT 86.1 dan MT 78.67), dengan rerata jumlah juring pada buah Kontrol SoE sebanyak 11,80. Jumlah juring antaraksesori tidak menunjukkan rentang perbedaan yang jauh. Karakter tebal kulit beragam antara 1,01–2,66 mm (MT 76.23 dan MT 78.33), dengan tebal kulit pada buah kontrol 2,22 mm. Aksesori-aksesori mutan cenderung memiliki kulit yang lebih tipis daripada kontrol SoE. Tipe kulit tipis mendominasi populasi yang diamati (38 aksesori), yaitu MT 76.23, MT 76.15, MT 78.56, MT 78.67, MT 76.14, MT 78.76, MT 76.25, MT 78.55, MT 76.31, MT 78.40, MTX-3, MT 78.69, MT 78.31, MT 78.58, MT 76.26, MT

78.34, MT 76.4, MT 76.2, MT 78.75, MT 76.29, MT 76.28, MT 78.23, MT 76.27, MT 76.13, MT 78.15, MT 78.43, MT 78.1, MT 78.2, MT 78.61, MT 78.71, MT 78.59, MT 78.72, MT 78.19, MT 78.16, MT 78.29, dan MT 76.30. Sementara 10 aksesori lain dengan kulit tebal menyerupai tanaman kontrol.

Keragaman volume jus dijumpai pada aksesori mutan dengan kisaran 37,03–81.93 ml. Volume jus terendah terdapat pada aksesori MT 76.27, sedangkan volume jus tertinggi pada aksesori MT 78.6. Sebanyak 16 aksesori mutan (MT 76.31, MT 78.56, MT 76.24, MT 78.46, MT 78.75, MT 86.6, MT 78.13, MT 86.22, MT 78.34, MT 78.16, MT 78.19, MT 78.29, MT 78.33, MT 78.59, MT 78.20, dan MT 78.6) mempunyai volume lebih banyak dibanding dengan kontrol SoE, sedangkan 32 aksesori mutan lain mempunyai volume lebih sedikit dengan kisaran 37,03–64,96 ml.

Pengaruh mutasi serupa juga diperoleh Kim et al. (2010) yang melaporkan adanya perubahan bentuk, ukuran, dan ketebalan kulit pada buah jeruk yang berasal dari cabang-cabang aksesori mutan. Strar et al. (2000) mendapatkan Kinnow mutan dengan kulit lebih tebal dan volume jus yang lebih sedikit dibanding dengan Kinnow nonmutan.

Mutasi juga berpengaruh terhadap penurunan jumlah biji. Sebanyak 35 aksesori mutan dengan jumlah biji ≤ 5 biji per buah dan 12 di antaranya memiliki biji maksimum 4. Jeruk disebut *seedless* jika memiliki jumlah biji kurang dari 5 per buah (Varoquaux et al. 2000) sehingga setidaknya dari penelitian ini diperoleh 12 aksesori berkategori *seedless*. Rerata jumlah biji terendah ditemukan pada aksesori MT 76.30 (1,44 biji per buah). Sebanyak 13 aksesori memiliki rerata jumlah biji ≥ 5 , hanya berkisar 5,10–5,85 biji per buah pada aksesori MT 78.67, MT 78.5, MT 78.3, MT 78.40, MT 78.31, MT 78.55, MT 78.13, MT 78.23, MT 78.20, MT 78.15, MT 78.72, MT 76.31, dan MT 78.56, sedangkan tanaman kontrol memiliki rerata 11,60 biji per buah. Hasil induksi mutasi pada keprok SoE ini serupa dengan hasil yang diperoleh Bermejo et al. (2012), Gulsen et al. (2007), Kafa et al. (2015), dan Strar et al. (2000). Strar et al. (2000) melaporkan penurunan jumlah biji pada Kinnow nonmutan (18–28 biji/buah) menjadi 2–8 biji/buah

Tabel 2. Rerata karakter kuantitatif fisik buah SoE mutan generasi M_1V_2 .

Akresi	Bobot buah (g)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Jumlah juring	Tebal kulit (mm)	Volume jus (ml)	Biji normal
MT 76.13	93,32	61,69	46,29	12,00	1,80	59,72	3,81
MT 76.14	94,89	59,37	46,22	11,60	1,21	53,14	3,80
MT 76.15	102,00	60,27	46,69	11,10	1,07	63,24	3,46
MT 76.2	71,06	54,13	39,76	11,10	1,51	38,37	3,42
MT 76.23	75,02	57,45	41,49	11,20	1,01	42,01	2,75
MT 76.24	121,57	65,14	50,36	11,10	1,49	68,08	2,33
MT 76.25	93,56	61,22	42,73	11,90	1,25	50,52	4,33
MT 76.26	60,31	51,72	37,25	11,90	1,43	38,60	3,31
MT 76.27	66,13	53,15	39,38	12,10	1,78	37,03	4,13
MT 76.28	77,05	54,82	42,61	12,00	1,56	43,15	4,24
MT 76.29	75,77	56,12	41,54	11,70	1,55	40,92	3,28
MT 76.30	112,65	63,07	51,29	10,80	2,21	63,08	1,44
MT 76.31	103,85	61,92	46,48	11,90	1,30	66,47	5,80
MT 76.4	80,65	58,78	44,16	10,60	1,50	54,03	2,88
MT 78.1	90,66	61,33	44,56	11,40	1,83	59,83	4,22
MT 78.13	106,01	64,90	43,57	10,90	2,40	71,02	5,36
MT 78.15	108,27	63,30	46,93	11,40	1,82	64,96	5,63
MT 78.16	124,66	69,33	49,74	11,40	2,14	72,30	4,50
MT 78.19	107,44	66,68	46,47	11,00	2,08	75,21	4,30
MT 78.2	93,60	61,35	44,65	12,20	1,87	59,91	4,26
MT 78.20	123,91	69,39	50,25	11,10	2,28	81,78	5,55
MT 78.23	86,53	58,53	45,95	10,50	1,62	60,57	5,41
MT 78.29	117,54	64,54	48,52	11,20	2,17	75,23	3,57
MT 78.3	90,59	61,78	45,57	10,90	2,24	63,41	5,14
MT 78.31	90,21	60,92	44,14	10,80	1,38	52,32	5,26
MT 78.33	118,92	69,51	48,56	12,20	2,66	76,11	4,23
MT 78.34	116,32	64,38	49,07	11,40	1,46	72,12	4,95
MT 78.40	90,88	58,65	45,05	11,40	1,31	63,62	5,23
MT 78.43	90,29	59,02	43,18	12,00	1,83	55,98	4,88
MT 78.46	131,00	65,89	52,65	11,10	2,45	68,12	2,28
MT 78.5	91,39	61,54	44,27	11,10	2,31	63,97	5,13
MT 78.53	95,76	59,16	44,04	11,70	1,49	47,88	4,49
MT 78.55	91,34	58,51	44,79	12,00	1,29	62,11	5,36
MT 78.56	102,37	60,10	44,57	11,30	1,18	67,56	5,85
MT 78.58	95,00	60,24	47,28	11,30	1,41	62,70	4,86
MT 78.59	112,72	62,73	47,46	11,60	2,07	76,65	4,31
MT 78.6	146,31	62,59	55,13	10,90	2,39	81,93	4,36
MT 78.61	102,90	61,70	45,69	11,30	1,87	61,74	4,43
MT 78.67	93,66	60,15	45,65	13,10	1,19	56,20	5,10
MT 78.69	93,87	64,43	45,69	11,80	1,36	56,32	4,93
MT 78.71	92,74	60,72	43,62	10,20	1,95	55,64	4,21
MT 78.72	97,11	61,56	44,11	12,30	2,07	54,38	5,70
MT 78.75	107,58	64,76	46,69	11,30	1,54	68,85	4,08
MT 78.76	85,15	61,42	48,00	11,70	1,23	51,09	4,89
MT 86.10	105,54	60,92	47,03	10,00	2,37	63,32	2,41
MT 86.22	111,55	63,74	54,05	10,80	2,59	71,39	2,26
MT 86.6	125,42	66,84	55,22	11,30	2,45	70,24	3,12
MTX-3	72,81	49,89	32,77	11,80	1,34	37,86	4,34
SoE	123,52	66,43	49,36	11,80	2,22	65,64	11,60
KK (%)	18,02	6,91	9,13	5,06	25,78	19,24	33,89

pada Kinnow mutan. Gulsen et al. (2007) mendapatkan rerata jumlah biji 5,2 pada aksesori M_1V_3 lemon sedangkan lemon kontrol 7,79 biji per buah.

Selain disebabkan oleh faktor genetik, kemungkinan adanya keterlibatan faktor lingkungan dalam ekspresi karakter kuantitatif. Ketersediaan

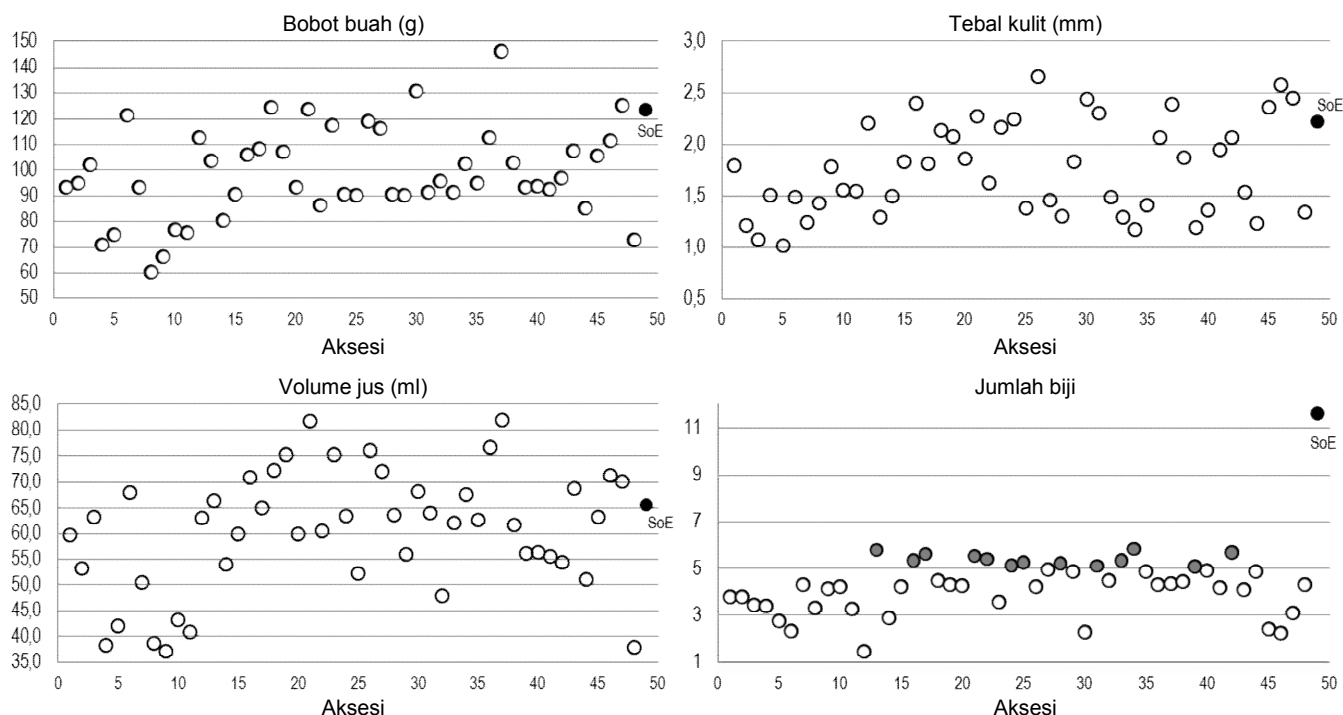
nutrisi, air, dan iklim mikro di lingkungan tumbuh tanaman menjadi pendukung penting pertumbuhan dan perkembangan di setiap fase. Hal ini berkaitan erat dengan serapan hara, fotosintesis, transpirasi, dan aktivitas fisiologi lainnya. Penampilan karakter bobot buah, tebal kulit, volume jus, dan jumlah biji terbentuk karena adanya kontribusi lingkungan dan genetik. Khalil et al. (2011) melaporkan bahwa volume jus jeruk Kinnow berkorelasi positif terhadap kandungan fosfor dan kalsium. Pembentukan biji ditentukan oleh kualitas ovul dan serbuk sari, yang ditunjukkan dengan daya perkecambahan serbuk sari dan fertilisasi. Distefano et al. (2012) mengemukakan bahwa suhu 15–25°C berpengaruh terhadap peningkatan perkecambahan dan pertumbuhan tabung serbuk sari pada proses penyerbukan sampai fertilisasi. Langkah antisipatif perlu dilakukan untuk mengurangi keragaman yang disebabkan oleh faktor lingkungan dengan teknik budi daya yang seragam.

Nilai koefisien keragaman (KK) pada karakter-karakter terobservasi beragam, nilai terendah pada jumlah juring (5,06%) dan nilai tertinggi pada jumlah biji (33,89%). Nilai KK secara

berurutan dari yang tertinggi hingga terendah terdapat pada karakter jumlah juring, diameter buah, tinggi buah, bobot buah, dan volume jus dengan nilai 5,06, 6,91, 9,13, 18,02, dan 19,24%. Nilai KK pada kelima karakter tersebut lebih kecil dari 20%, mengindikasikan keseragaman karakter. Sebaliknya, karakter yang heterogen dijumpai pada karakter jumlah biji dan tebal kulit dengan nilai 25,78 dan 33,89%. Hal ini mengindikasikan bahwa induksi mutasi menggunakan radiasi sinar gamma memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai koefisien keragaman pada jumlah biji dan tebal kulit mutan.

Tingkat keragaman karakter antaraksesi yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 1. Penetapan tersebut berdasarkan nilai KK pada karakter yang memiliki nilai mendekati nilai heterogen dan karakter yang termasuk dalam kategori heterogen. Sebaran karakter menggambarkan tingkat kemiripan antaraksesi mutan maupun dengan kontrol SoE.

Jarak antara kontrol SoE dan mutan terjauh pada karakter jumlah biji (Gambar 1). Sebaran yang rapat terdapat pada karakter bobot buah. Sebanyak 43 aksesi memiliki bobot buah di bawah



Gambar 1. Grafik sebaran kemiripan karakter bobot buah, tebal kulit, volume jus, dan jumlah biji antaraksesi dengan kontrol SoE. (simbol gelap: aksesi berbiji ≥ 5 , simbol terang berbiji ≤ 5 biji).

bobot buah kontrol SoE, sedangkan 5 aksesori (MT 78.20, MT 78.16, MT 86.6, MT 78.46, dan MT 78.6) memiliki bobot buah di atas kontrol. Sebaran yang rapat dijumpai pula pada karakter volume jus. Namun, perbedaan karakter volume jus itu tidak berbeda jauh antaraksesi dan kontrol SoE. Sebanyak 17 aksesori (MT 78.23, MT 78.61, MT 78.55, MT 78.58, MT 76.3, MT 76.15, MT 86.10, MT 78.3, MT 78.40, MT 78.5, MT 78.15, MT 76.31, MT 78.56, MT 76.24, MT 78.46, MT 78.75, dan MT 86.6) memiliki sebaran karakter volume jus di sekitar kontrol SoE (60,57–70,24 ml). Distribusi karakter ketebalan kulit berada di bawah SoE mutan, dengan sebaran yang menunjukkan perbedaan antarkarakter dan kontrol SoE. Hanya 10 aksesori yang berada pada posisi di atas kontrol SoE, yaitu MT 78.3, MT 78.20, MT 78.5, MT 86.10, MT 78.6, MT 78.13, MT 78.46, MT 86.6, MT 86.22, dan MT 78.33.

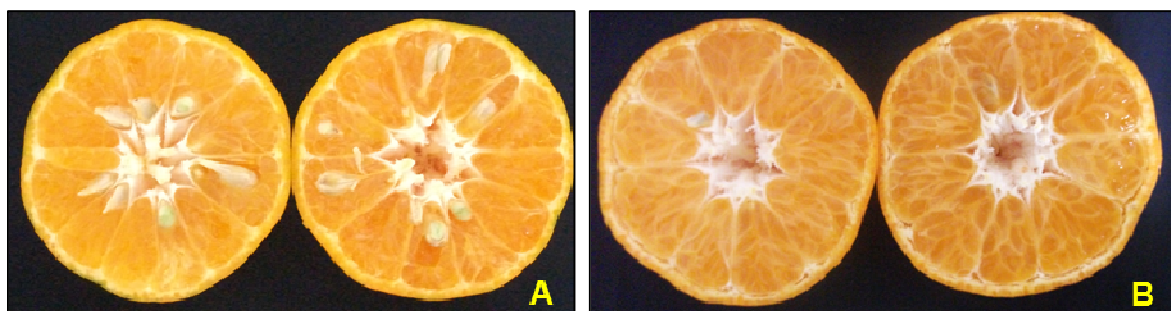
Keragaman yang terjadi antaraksesi diduga disebabkan oleh perbedaan genetik yang merupakan akibat dari induksi mutasi. Mutasi dapat menyebabkan terjadinya delesi, substitusi, insersi yang mengubah susunan DNA yang kemudian dapat mengubah fenotipe. Penampilan buah aksesori SoE mutan generasi M_1V_2 disajikan pada Gambar 2.

Dari hasil pengamatan pendahuluan, dalam penelitian ini kimera diyakini masih menjadi penyebab keragaman dalam individu tanaman mutan. Oleh karena itu, seleksi tanaman potensial berbiji sedikit dilakukan terhadap semua buah di seluruh cabang. Jaringan kimera yang terbentuk dari susunan sel normal yang tidak terpapar radiasi dengan susunan DNA normal dan sel mutan dengan mutasi pada susunan DNA berpotensi membentuk organ yang memberikan fenotipe berbeda yang dapat

disalahartikan sebagai keragaman akibat mutasi tetapi bersifat tidak stabil. Untuk mendapatkan solid mutan diperlukan beberapa generasi perbanyakan vegetatif (Ahloowalia & Malyszynski 2001; Mba 2013). Generasi perbanyakan vegetatif ini diperlukan untuk menghilangkan pengaruh kimera dan mendapatkan jaringan dan organ yang terbentuk hanya dari sel-sel mutan sehingga bersifat stabil. Perbanyakan vegetatif generasi M_1V_3 dari beberapa cabang M_1V_2 yang memiliki buah *seedless* telah dilakukan dan pengamatan pada karakter biji pada buah M_1V_3 menunjukkan kestabilan karakter tersebut (rerata biji ≤ 5 , data tidak ditampilkan).

Hasil pengamatan biji disajikan pada Tabel 3. Pengaruh kimera yang masih ada pada generasi M_1V_2 menyebabkan potensi *seedless* per tanaman tidak mencapai 100%. Keragamannya berkisar 42–98% yang menggambarkan level pengaruh mutasi yang berbeda pada setiap individu tanaman M_1 . Persentase potensi *seedless* $>90\%$ terdapat pada 7 aksesori mutan nomor MT 78.46, MT 86.22, MT 76.24, MT 76 27, MT 86.6, MT 86.9, dan MT 76.28, sedangkan yang lebih rendah dari 90% dijumpai pada aksesori MT 76.26, MT 76.29, MT 76.13, MT 76.25, dan MT 78.75 (77,59–88,29%), aksesori MTX-3, MT 78.71, MT 78.76, MT 78.29, MT 78.34, MT 78.67, MT 78.58, MT 78.23, dan MT 78.55 (53,31–66,08%), serta aksesori MT 78.15, MT 76.31, MT 78.56, dan MT 78.69 (42,58–49,31%).

Tujuh aksesori berpotensi *seedless* $>90\%$ telah diregrafting dengan mengambil mata tempel dari ranting yang memiliki buah *seedless* 100% dan telah diamati kestabilan karakter *seedless*nya. Aksesori-aksesori ini ke depannya akan dikembangkan



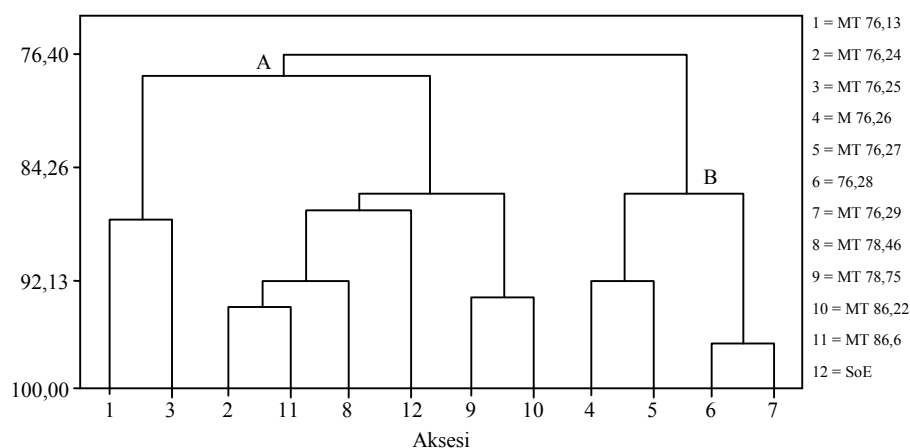
Gambar 2. Penampilan buah pada aksesori SoE mutan generasi M_1V_2 . A = buah dengan biji ≥ 6 , B = buah dengan biji ≤ 5 .

Tabel 3. Jumlah biji/buah pada aksesi-aksesi SoE mutan generasi M₁V₂.

Aksesi	Jumlah biji/buah			Total buah	Persentase <i>seedless</i>
	0–5	6–10	≥ 10		
<i>Jumlah buah >100</i>					
MT 78.46	138	2	0	140	98,57
MT 86.22	107	3	0	110	97,27
MT 76.24	154	7	0	161	95,65
MT 76.27	329	15	0	344	95,64
MT 86.6	243	13	0	256	94,92
MT 76.28	282	25	0	307	91,86
MT 76.26	279	37	0	316	88,29
MT 76.29	112	15	0	127	88,19
MT 76.13	149	28	1	178	83,71
MT 76.25	195	46	0	241	80,91
MT 78.29	409	98	0	507	80,67
MT 78.75	350	87	0	437	80,09
MTX-3	364	102	0	466	78,11
MT 78.71	90	26	0	116	77,59
MT 78.76	113	58	0	171	66,08
MT 78.34	194	101	2	297	65,32
MT 78.67	222	133	0	355	62,54
MT 78.58	98	60	1	159	61,64
MT 78.23	85	64	1	150	56,67
MT 78.55	161	140	1	302	53,31
MT 78.15	71	71	2	144	49,31
MT 76.31	109	111	6	226	48,23
MT 78.56	49	56	4	109	44,95
MT 78.69	155	198	11	364	42,58
<i>Jumlah buah <100</i>					
MT 76.30	35	0	0	35	100,00
MT 76.23	19	1	0	20	95,00
MT 86.10	55	3	0	58	94,83
MT 76.2	18	1	0	19	94,74
MT 76.4	48	3	0	51	94,12
MT 76.14	57	8	0	65	87,69
MT 78.16	20	3	0	23	86,96
MT 76.15	24	4	0	28	85,71
MT 78.33	35	9	0	44	79,55
MT 78.19	22	6	0	28	78,57
MT 78.1	73	24	0	97	75,26
MT 78.61	41	15	0	56	73,21
MT 78.53	54	20	0	74	72,97
MT 78.2	57	23	0	80	71,25
MT 78.43	62	34	0	96	64,58
MT 78.6	17	11	0	28	60,71
MT 78.5	24	16	0	40	60,00
MT 78.3	21	15	0	36	58,33
MT 78.20	23	17	0	40	57,50
MT 78.59	20	15	0	35	57,14
MT 78.13	35	28	1	64	54,69
MT 78.72	34	30	2	66	51,52
MT 78.40	30	62	2	94	31,91
MT 78.31	7	20	0	27	25,93

menjadi calon varietas baru jeruk keprok *seedless*. Saat ini, varietas jeruk *seedless* yang tersedia di masyarakat seperti Satsuma merupakan hasil introduksi. Oleh karena itu, diharapkan dalam

waktu dekat, aksesi hasil pemuliaan mutasi ini dapat menjadi pilihan baru bagi masyarakat untuk mengembangkan jeruk *seedless*.



Gambar 3. Tingkat kemiripan antaraksesi mutan terseleksi dari generasi M_1V_2 dan kontrol SoE.

Klaster Aksesi Mutan Terseleksi Generasi M_1V_2

Aksesi mutan yang digunakan dalam analisis kluster dipilih berdasarkan persentase potensi *seedless* >80%, bersama karakter-karakter pembentuk keragaman utama (tebal kulit, volume jus, dan bobot buah). Secara umum, aksesi mutan terpilih terbagi menjadi dua klaster besar, yaitu klaster A termasuk kontrol SoE di dalamnya dengan tingkat kemiripan dalam klaster sebesar 77,89% dan klaster B dengan tingkat kemiripan dalam klaster sebesar 86,38% (Gambar 3). Jarak genetik A ke B sebesar 33,6% menunjukkan pengaruh mutasi yang menyebabkan perubahan dengan ekspresi yang beragam pada buah tanaman mutan jika dibanding dengan buah kontrol SoE. Jarak kemiripan terdekat dengan kontrol SoE adalah aksesi MT 78.46, MT 86.6, dan MT 76.24 pada level 87,20%.

Karakter bobot buah menjadi karakter utama pembeda dalam pengelompokan tersebut. Keragaman di antara aksesi-aksesi potensial *seedless* >80% relatif kecil, karena berada pada level kemiripan 76,40%. Radiasi sinar gamma pada keprok SoE efektif dalam penurunan jumlah biji menjadi ≤ 5 per buah, sedangkan karakter lain tidak menunjukkan perbedaan.

KESIMPULAN

Pengaruh mutasi induksi dengan sinar gamma yang diamati pada tanaman mutan keprok SoE generasi M_1V_2 lebih efektif meningkatkan keragaman pada karakter kuantitatif, terutama pada

karakter jumlah biji dan ketebalan kulit, dibanding pada keragaman kualitatif. Peningkatan keragaman generasi M_1V_2 pada karakter jumlah biji dan tebal kulit masing-masing sebesar 33,89% dan 25,78%. Sebanyak tujuh aksesi dengan potensi karakter *seedless* memiliki peluang untuk dikembangkan menjadi varietas baru keprok dengan karakter berbiji sedikit dan warna kulit menarik sesuai dengan selera konsumen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr M. Sobir, Dr Ermin Widjaja, dan Dr Dita Agisimanto atas saran yang diberikan pada proses penulisan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Marry Selvawajayanti dan Marsono atas kontribusinya dalam pelaksanaan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Ahloowalia, B.S. & Maluszynski, M. (2001) Induced mutations-A new paradigm in plant breeding. *Euphytica*, 118, 167–173.
- Bermejo, A., Pardo, J. & Cano, A. (2011) Influence of gamma irradiation on seedless citrus production: Pollen germination and fruit quality. *Food and Nutrition Sciences*, 2, 169–180.
- Bermejo, A., Pardo, J. & Cano, A. (2012) Murcott seedless: Influence of gamma irradiation on citrus production and fruit quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10 (3), 768–777.
- Badan Pusat Statistik (2016a) *Statistik tanaman buah-buahan dan sayuran tahunan Indonesia 2015*.

- Jakarta, Badan Pusat Statistik. [Online] Tersedia pada: https://www.bps.go.id/website/pdf_publicasi/Statistik-Tanaman-Buah-buahan-dan-Sayuran-Tahunan-Indonesia-2014.pdf [Diakses 13 Januari 2017].
- Badan Pusat Statistik (2016b) *Statistik perdagangan luar negeri tahun 2015. Impor. Jilid I*. Jakarta, Badan Pusat Statistik. [Online] Tersedia pada: https://www.bps.go.id/website/pdf_publicasi/Statistik-Perdagangan-Luar-Negeri-Indonesia-Impor--Jilid-I-Tahun-2015-.pdf [Diakses 13 Januari 2017].
- Distefano, G., Hedhly, A., Casas, G.L., Malfa, S.L., Herrero, M. & Gentile, A. (2012) Male–female interaction and temperature variation affect pollen performance in Citrus. *Scientia Horticulturae*, 140, 1–7.
- Falconer, D.S. (1989) *Introduction to Quantitative Genetics*. 3rd edition. New York, Longman.
- Goldenberg, L., Yaniv, Y., Porat, R. & Carmi, N. (2014) Effects of gamma-irradiation mutagenesis for induction of seedlessness, on the quality of Mandarin fruit. *Food and Nutrition Science*, 5, 943–952.
- Gulsen, O., Uzun, A., Pala, H., Canihos, E. & Kafa, G. (2007) Development of seedless and mal secco tolerant mutant lemons through budwood irradiation. *Scientia Horticulturae*, 112, 184–190.
- Kafa, G., Seday, U., Uysal, O. & Polatoz, S. (2015) Effect of budwood irradiation on seed number of Clementine, Nova, and Robinson Mandarin mutants. *Acta Horticulturae*, 1065, 539–542.
- Khalid, S., Malik, A.U., Saleem, B.A., Khan, A.S., Khalid, M.S. & Amin, M. (2011) Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of kinnow mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora). *Scientia Horticulturae*, 135, 137–144.
- Khalil, S.A., Sattar, A. & Zamir, R. (2011) Development of sparse-seeded mutant kinnow (*Citrus reticulata* Blanco) through budwood irradiation. *African Journal of Biotechnology*, 10 (65), 14562–14565.
- Kim, I.J., Oh, S.K. & Lee, H.Y. (2010) Induction and selection of citrus mutant by Gamma Irradiation. *Journal of Radiation Industri*, 4 (3), 215–219.
- Mba, C. (2013) Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. *Agronomy*, 3 (1), 200–231.
- Predieri, S. (2001) Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 64, 185–210.
- Pusat Data dan Informasi (2015) *Statistik konsumsi pangan tahun 2015*. [Online] Tersedia pada: <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/download/fil> e/234-statistik-konsumsi-pangan-2015 [Diakses 13 Januari 2017].
- Rodrigo, M.J. (2013) Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of citrus fruit. *Scientia Horticulturae*, 163, 46–62.
- Sadeli, A.H. & Utami, H.N. (2013) Sikap konsumen terhadap atribut produk untuk mengukur daya saing produk jeruk. *Trikonomika*, 12 (1), 61–71.
- Sutarto, I., Agisimanto, D., Supriyanto, A. & Sugiyama, N. (2008) Mutation breeding of seedless citrus in Indonesia. *Proceeding of Final Symposium of Japan Society for Promotion Science*. University of Tokyo Japan.
- Sutarto, I., Agisimanto, D. & Supriyanto, A. (2009) Development of promising seedless citrus mutants through gamma irradiation In: Shu, Q.Y. (ed.) *Induced plant mutations in the genomics era*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Online] Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103079853> [Accessed 16 January 2016].
- Strar, A., Faruqi, W.A., Ahmad, M. & Qureshi, M.J. (2000) Induction of seedlessness in kinnow (*Citrus reticulata* blanco) with gamma irradiation. *Nucleus*, 37 (1–2), 107–112.
- Uzun, A. & Yesiloglu, T. (2012) Genetic diversity in citrus. In: Caliskan, M. (ed.) *Genetic diversity in plants*. Rijeka-Croatia, Shanghai-China, InTech. pp. 213–230.
- Vardi, A., Levin, I. & Carmi, N. (2008) Induction of seedlessness in citrus: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133 (1), 117–126.
- Varoquaux, F., Blanvillain, R., Delseny, M. & Gallois, P. (2000) Less is better: new approaches for seedless fruit production. *Trends in Biotechnology*, 18, 233–242.
- Wei, S., Singgih, S., Woods, E.J. & Adar, D. (2003) How important is appearance? Consumer preferences for mandarin in Indonesia. *International Journal of Consumer Studies*, 27 (5), 406–411.