

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) ialah tanaman pangan dunia yang terpenting selain padi dan gandum. Kajian filogenetik menunjukkan bahwa jagung (*Zea mays* L.) ialah keturunan dari teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*). Hingga kini dikenal 50.000 varietas jagung, baik ras lokal maupun kultivar (Iriany *et al.*, 2007). Kebutuhan jagung semakin bertambah seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri pakan dan pangan. Namun, produksi jagung nasional belum bisa mencukupi kebutuhan dalam negeri.

Produksi jagung di Indonesia menurut Anonymous (2013) menunjukkan bahwa produktivitas jagung tahun 2010 sebesar 44,36 ku/ha dengan produksi 18.327.636 ton. Pada tahun 2011, sebesar 45,65 ku/ha. Tetapi, produksi jagung menurun menjadi 17.643.250 ton. Tahun 2012 produktivitas jagung meningkat menjadi 48,93 ku/ha dengan produksi 19.377.030 ton. Pada tahun 2013, produksi jagung nasional diproyeksikan menjadi 26 juta ton pipilan kering. Upaya peningkatan kualitas dan kuantitas produktivitas jagung dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan genetiknya. Upaya ini telah dilakukan oleh tim peneliti Universitas Brawijaya yang telah membentuk varietas harapan hibrida dengan tujuan untuk meningkatkan hasil produksi dan menciptakan karakter dengan cara menentukan keragaman galur berdasarkan karakter fenotip dan penanda molekuler menggunakan SSR dari 35 genotip jagung (Kustanto *et al.*, 2013).

Galur inbrida dibutuhkan menjadi tetua dalam pembuatan galur-galur hibrida yang memiliki daya gabung baik serta hasilnya cukup tinggi. Galur-galur inbrida untuk menghasilkan galur hibrida dikendalikan oleh dosis gen, artinya semakin banyak jumlah gen maka semakin meningkatkan produksi. Salah satu langkah yang dapat dilakukan ialah dengan menggunakan teknik pemuliaan mutasi dengan cara meningkatkan ploidi. Poliploidi dalam tanaman dapat terjadi secara alami dan buatan. Mutasi buatan paling sering digunakan dengan menggunakan zat-zat kimia, salah satu diantaranya adalah kolkisin. Kolkisin ialah reagen untuk mutasi yang menyebabkan terjadinya poliploidi, dimana organisme memiliki lebih dari 2 set kromosom dalam sel-selnya. Kolkisin diberikan pada bagian tanaman yang sedang melakukan pembelahan yakni pada titik tumbuh

vegetatif misalnya pada benih, kecambah dan ujung batang tanaman (Sunarlim *et al.*, 2012).

Mutasi ialah perubahan materi genetik pada makhluk hidup yang terjadi secara tiba-tiba dan secara acak serta diwariskan. Mutasi yang terjadi dapat diwariskan dan dapat kembali normal (epigenetik). Mutasi adalah perubahan pada materi genetik suatu makhluk yang terjadi secara tiba-tiba, acak dan merupakan dasar bagi sumber variasi organisme hidup yang bersifat terwariskan. Mutasi juga dapat diartikan sebagai perubahan struktural atau komposisi genom suatu jasad yang dapat terjadi karena faktor luar (mutagen) atau karena kesalahan replikasi. Pada umumnya mutagen fisik dapat menyebabkan mutasi pada tahap kromosom, sedangkan mutagen kimia umumnya menyebabkan mutasi pada tahapan gen atau basa nitrogen. Mutasi gen terjadi sebagai akibat perubahan dalam gen dan timbul secara spontan. Gen yang berubah karena mutasi disebut mutan (Aisyah, 2006 dalam Widura dan Aida, 2011)

Induksi mutasi menggunakan kolkisin diharapkan dapat memperbaiki sifat tanaman, baik secara kualitatif maupun kuantitatif khususnya dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Potensi hasil pada tanaman di kendalikan oleh banyak gen (poligenik). Semakin banyak gen pada tanaman maka akan meningkatkan hasil produksi. Dosis gen dapat ditingkatkan atau diperbanyak dengan menggunakan kolkisin. Dosis gen adalah jumlah salinan gen yang berada di dalam sel atau nukleus. Mengubah dosis gen adalah cara yang efektif untuk memahami fungsi gen. Menurut Mei Guo *et al* (1996), salah satu efek dari dosis gen adalah terjadi peningkatan atau penurunan ekspresi gen secara proporsional pada jumlah salinan gen. Peningkatan ploidi merupakan salah satu akibat adanya efek dosis gen.

Dengan adanya poliploidi diharapkan hasil dari setiap individu akan lebih baik dan unggul. Perubahan tanaman poliploidi dapat langsung dilihat selama pada fase vegetatifnya. Penampilan tanaman poliploidi memiliki perbedaan penampilan yang sangat menonjol dibandingkan tanaman diploidnya. Perlakuan kolkisin memperlihatkan adanya penyimpangan morfologi pada fase pertumbuhan vegetatif meliputi titik tumbuh, daun, batang dan bunga. Selain itu, penggunaan

kolkisin dapat membuat atau menciptakan suatu keragaman pada tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan bagi pemuliaan tanaman.

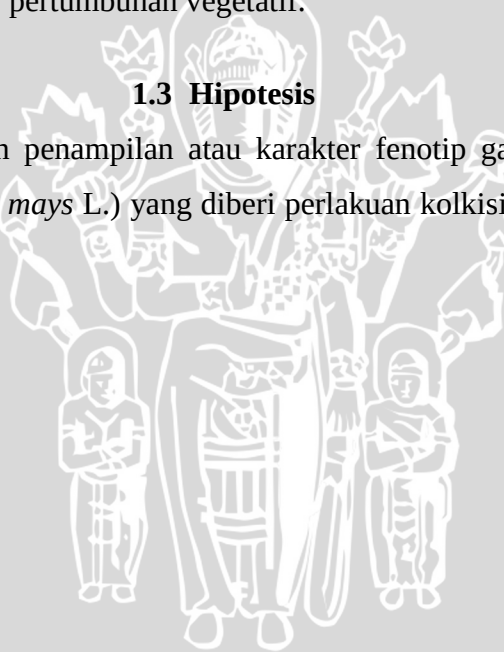
Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari dilakukannya penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh pemberian kolkisin terhadap penampilan fenotip galur inbrida jagung pakan/*yellow corn* (*Zea mays* L.) pada fase pertumbuhan vegetatif yang dapat merubah ploidi jagung. Induksi poliploid ini dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman karena dapat meningkatkan hasil panen (Wiendra *et al.*, 2011).

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian larutan kolkisin terhadap penampilan fenotip dua galur inbrida jagung pakan/*yellow corn* (*Zea mays* L.) pada fase pertumbuhan vegetatif.

1.3 Hipotesis

Terjadi perubahan penampilan atau karakter fenotip galur inbrida jagung pakan/*yellow corn* (*Zea mays* L.) yang diberi perlakuan kolkisin sebagai indikator perubahan genetik.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Jagung

Jagung memiliki akar serabut dengan tiga macam akar, yaitu akar seminal, akar adventif dan akar kait atau penyangga. Akar seminal ialah akar yang berkembang dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal akan melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah dan pertumbuhan akar seminal akan berhenti pada fase V3. Akar adventif ialah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil kemudian set akar adventif berkembang dari tiap buku secara berurutan dan terus ke atas antara 7-10 buku, semuanya di bawah permukaan tanah. Akar adventif berkembang menjadi serabut akar tebal. Akar seminal hanya sedikit berperan dalam siklus hidup jagung. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan hara. Bobot total akar jagung terdiri atas 52% akar adventif seminal dan 48% akar nodal. Akar kait atau penyangga ialah akar adventif yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah. Fungsi dari akar penyangga ialah menjaga tanaman agar tetap tegak dan mengatasi rebah batang. Akar ini juga membantu dalam penyerapan hara dan air (Subekti *et al.*, 2005).

Tanaman jagung memiliki batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku ruas. Pada buku ruas terdapat tunas yang berkembang menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif. Batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit (epidermis), jaringan pembuluh (*bundles vaskuler*) dan pusat batang (*pith*). Bundles vaskuler tertata dalam lingkaran konsentris dengan kepadatan bundles yang tinggi, dan lingkaran-lingkaran menuju perikarp dekat epidermis. Kepadatan bundles berkurang begitu mendekati pusat batang. Konsentrasi bundles vaskuler yang tinggi dibawah epidermis menyebabkan batang tahan rebah. Genotipe jagung yang mempunyai batang kuat memiliki lebih banyak lapisan jaringan sklerenkim berdinding tebal di bawah epidermis batang dan sekeliling bundles vaskuler.

Batang tanaman jagung beruas-ruas dengan jumlah ruas bervariasi antara 8-21 ruas, pada umumnya 14 ruas. Ruas bagian batang atas berbentuk silindris dan ruas-ruas batang bagian bawah berbentuk bulat agak pipih. Batang jagung

terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling yang berasal dari setiap buku. Setiap buku terdapat satu daun. Pelepah daun membungkus rapat-rapat panjang batang utama, sering melingkupi hingga buku berikutnya (Harahap, 2007). Batang tanaman jagung memiliki bentuk bulat dengan penampang melintang 2 cm sampai 2,5 cm (Wibowo, 2008).

Bunga jantan tanaman jagung terletak dibagian atas atau yang ditandai dengan adanya tassel dan rambut pada bunga betina yang terletak di ketiak daun dan akan mengeluarkan stil dan stigma. Bunga jagung tergolong bunga tidak lengkap karena struktur bunganya tidak mempunyai petal dan sepal dimana organ bunga jantan (staminate) dan organ bunga betina (pestilate) tidak terletak dalam satu bunga yang disebut tanaman berumah satu (Irawaty, 2010).

Subekti *et al* (2005) menjelaskan bahwa, setiap daun tanaman jagung terdiri atas helaian daun, ligula dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Jumlah daun sama dengan jumlah buku batang. Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 helai, rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun. Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibanding di daerah beriklim sedang. Genotip jagung mempunyai keragaman dalam hal panjang, lebar, tebal, sudut dan warna pigmentasi daun. Lebar helai daun dikategorikan mulai dari sangat sempit (< 5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm) hingga sangat lebar (>11 cm). Besar sudut daun mempengaruhi tipe daun. Sudut daun jagung juga beragam, mulai dari sangat kecil hingga sangat besar. Beberapa genotipe jagung memiliki antosianin pada helai daunnya yang bisa terdapat pada pinggir daun atau tulang daun.

Tanaman jagung memiliki satu sampai dua tongkol tergantung varietas. Tongkol jagung diselimuti oleh daun kelobot. Tongkol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol terdiri atas 10-16 baris biji yang jumlahnya selalu genap. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu pericarp, berupa lapisan luar yang tipis yang berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; endosperm sebagai cadangan makanan; dan embrio (lembaga) sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plamule, akar radikal, scutelum, dan koleoptil. Warna biji jagung sangat bervariasi ada yang

berwarna merah, ungu, kuning dan putih. Kadang-kadang ada biji jagung yang berwarna ungu dengan titik-titik yang berwarna putih. Titik warna putih pada biji jagung tidak sesuai dengan prinsip genetika Mendel. Hal ini merupakan penjelasan dari terjadinya *transpose* gen atau *jumping* (pelompatan) gen (Iriany *et al.*, 2007).

2.2 Syarat Tumbuh Jagung

Jagung termasuk tanaman yang tidak memerlukan persyaratan tanah yang khusus dalam penanamannya. Jagung dikenal sebagai tanaman yang dapat tumbuh di lahan kering, sawah dan pasang surut asalkan syarat tumbuh yang diperlukan terpenuhi. Jenis tanah yang dapat ditanami jagung antara lain andosol, latosol dan grumosol. Tanah bertekstur lempung atau liat berdebu (latosol) merupakan jenis tanah yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman jagung. Tanaman jagung akan tumbuh baik pada tanah yang subur, gembur dan kaya humus (Zakariah, 2012). Jagung tumbuh baik di daerah beriklim sedang yang panas, daerah beriklim sub tropik basah, namun dapat pula tumbuh baik di daerah tropis. Tanaman jagung tumbuh baik pada 50°LU-40°LS serta sampai dengan ketinggian 3000 m dpl (Rukmana, 1997).

Jagung ialah tanaman berhari pendek karena membutuhkan cahaya kurang dari 12-14 jam per hari untuk pembungaan. Kelembaban yang kontinyu diperlukan untuk memperoleh hasil tinggi pada tanaman jagung, namun kelebihan air mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya menyebabkan tanaman kurang baik. Kondisi pH yang baik untuk pertumbuhan jagung hibrida berkisar antara 5,5-7,0 dan pH optimal 6,8 terutama pada saat berbunga dan pengisian biji. Curah hujan yang normal untuk pertumbuhan tanaman jagung yang ideal adalah sekitar 250 mm/tahun sampai 2000 mm/tahun. Jagung hibrida akan tumbuh dengan baik di daerah yang ketinggiannya lebih dari 5000 m di atas permukaan laut (Sufiani, 2002).

2.3 Fase Pertumbuhan

Pertumbuhan jagung dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu fase perkecambahan, fase pertumbuhan vegetatif dan fase reproduktif. Fase perkecambahan yaitu saat proses imbibisi air yang ditandai dengan

pembengkakan biji sampai dengan sebelum munculnya daun pertama. Fase pertumbuhan vegetatif yaitu fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna setelah perkecambahan sampai sebelum keluarnya bunga jantan (tasseling) dan sebelum keluarnya bunga betina (silking), fase ini diidentifikasi dengan jumlah daun yang terbentuk. Fase reproduktif yaitu fase pertumbuhan setelah silking sampai masak.

Menurut McWilliams *et. al* (1999) dalam Subekti *et. al* (2005), setelah perkecambahan, pertumbuhan jagung melewati beberapa fase pertumbuhan tanaman jagung, meliputi :

1. Fase V3-V5 (jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 10-18 hari setelah berkecambah. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah. Suhu tanah sangat mempengaruhi titik tumbuh. Suhu rendah akan memperlambat keluar daun, meningkatkan jumlah daun, dan menunda terbentuknya bunga jantan.

2. Fase V6 - V10 (jumlah daun terbuka sempurna 6 - 10)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 18 -35 hari setelah berkecambah. Titik tumbuh sudah di atas permukaan tanah, perkembangan akar dan penyebarannya di tanah sangat cepat, dan pemanjangan batang meningkat dengan cepat. Pada fase ini bakal bunga jantan (tassel) dan perkembangan tongkol dimulai. Tanaman mulai menyerap hara dalam jumlah yang lebih banyak, karena itu pemupukan pada fase ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan hara bagi tanaman.

3. Fase V11- Vn (jumlah daun terbuka sempurna 11 sampai daun terakhir 15-18)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 33-50 hari setelah berkecambah. Tanaman tumbuh dengan cepat dan akumulasi bahan kering meningkat dengan cepat pula. Kebutuhan hara dan air relatif sangat tinggi untuk mendukung laju pertumbuhan tanaman. Tanaman sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan dan kekurangan hara. Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan

perkembangan tongkol dan bahkan akan menurunkan jumlah biji dalam satu tongkol karena mengecilnya tongkol, yang akibatnya menurunkan hasil. Kekeringan pada fase ini juga akan memperlambat munculnya bunga betina (silking).

4. Fase *Tasseling* (berbunga jantan)

Fase tasseling biasanya berkisar antara 45-52 hari, ditandai oleh adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (silk/rambut tongkol). Tahap VT dimulai 2-3 hari sebelum rambut tongkol muncul, di mana pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai maksimum dan mulai menyebarkan serbuk sari (pollen). Pada fase ini dihasilkan biomas maksimum dari bagian vegetatif tanaman, yaitu sekitar 50% dari total bobot kering tanaman, penyerapan N, P, dan K oleh tanaman masing-masing 60-70%, 50%, dan 80-90%.

5. Fase R1 (*silking*)

Tahap silking diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot, biasanya mulai 2-3 hari setelah tasseling. Penyerbukan (polinasi) terjadi ketika serbuk sari yang dilepas oleh bunga jantan jatuh menyentuh permukaan rambut tongkol yang masih segar. Serbuk sari tersebut membutuhkan waktu sekitar 24 jam untuk mencapai sel telur (ovule), di mana pembuahan (fertilization) akan berlangsung membentuk bakal biji. Rambut tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2-3 hari. Rambut tongkol tumbuh memanjang 2,5-3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki. Bakal biji hasil pembuahan tumbuh dalam suatu struktur tongkol dengan dilindungi oleh tiga bagian penting biji, yaitu glume, lemma, dan palea, serta memiliki warna putih pada bagian luar biji. Bagian dalam biji berwarna bening dan mengandung sangat sedikit cairan. Pada tahap ini, apabila biji dibelah dengan menggunakan silet, belum terlihat struktur embrio di dalamnya. Serapan N dan P sangat cepat, dan K hampir komplet.

6. Fase R2 (blister)

Fase R2 muncul sekitar 10-14 hari setelah silking, rambut tongkol sudahm kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggél hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati

mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen.

7. Fase R3 (masak susu)

Fase ini terbentuk 18 -22 hari setelah silking. Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat, warna biji sudah mulai terlihat (bergantung pada warna biji setiap varietas), dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kekeringan pada fase R1-R3 menurunkan ukuran dan jumlah biji yang terbentuk. Kadar air biji dapat mencapai 80%.

8. Fase R4 (dough)

Fase R4 mulai terjadi 24-28 hari setelah silking. Bagian dalam biji seperti pasta (belum mengeras). Separuh dari akumulasi bahan kering biji sudah terbentuk, dan kadar air biji menurun menjadi sekitar 70%. Cekaman kekeringan pada fase ini berpengaruh terhadap bobot biji.

9. Fase R5 (Pengerasan biji)

Akan terbentuk 35-42 hari setelah silking. Seluruh biji sudah terbentuk sempurna, embrio sudah masak, dan akumulasi bahan kering biji akan segera terhenti. Kadar air biji 55%.

10. Fase R6 (masak fisiologis)

Tanaman jagung memasuki tahap masak fisiologis 55-65 hari setelah silking. Pada tahap ini, biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Lapisan pati yang keras pada biji telah berkembang dengan sempurna dan telah terbentuk pula lapisan absisi berwarna coklat atau kehitaman. Pembentukan lapisan hitam (black layer) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol. Pada varietas hibrida, tanaman yang mempunyai sifat tetap hijau (stay-green) yang tinggi, kelobot dan daun bagian atas masih berwarna hijau meskipun telah memasuki tahap masak fisiologis. Pada tahap ini kadar air biji berkisar 30-35% dengan total bobot kering dan penyerapan NPK oleh tanaman mencapai masing-masing 100%.

2.4 Mutasi Buatan

Mutasi adalah perubahan permanen yang dapat diturunkan dan terjadi pada materi genetik. Mutasi dapat timbul secara spontan dan dapat diinduksi oleh radiasi atau mutagen bahan kimia. Mutasi gen dan mutasi titik dapat bersifat non letal, sub letal atau letal. Mutasi dapat menyebabkan gen kehilangan fungsinya atau gen memperoleh fungsi baru. Fungsi normal sebuah gen dapat hilang oleh beberapa jenis mutasi titik dan dilesi pada sebagian atau seluruh gen. Struktur normal sebuah gen dapat menjadi rusak dengan adanya translokasi atau inversi materi genetik (Alatas, 2006). Teknik mutasi dapat meningkatkan keragaman genetik tanaman sehingga memungkinkan untuk dapat melakukan seleksi genotip tanaman sesuai dengan tujuan pemuliaan. Mutasi induksi dapat dilakukan pada tanaman dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap organ tanaman seperti biji, stek batang, serbuk sari, akar, rhizoma, media kultur jaringan dan sebagainya (Anonymous, 2006).

Sofia (2007) menyatakan bahwa mutasi terjadi secara acak dan mutagen jarang mengubah hanya satu gen tertentu. Semua agensia mutagenik yang telah dikenal, diaplikasikan pada taraf yang menghasilkan sejumlah mutasi yang dapat terlihat dan juga untuk menimbulkan keragaman pada karakter yang diwariskan secara kuantitatif. Berbagai mutagen kimia dapat menyebabkan jumlah mutasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan cara iradiasi. Namun, hasil bergantung pada konsentrasi bahan kimia, lama perlakuan, suhu, pH larutan mutagenik dan kadar air mutan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi efektifitas mutagen kimia adalah spesies dan kekhususan mutagenik.

2.5 Poliploidi

Poliploidi adalah keadaan individu yang mempunyai lebih dari dua set kromosom dasar. Poliploidi lebih banyak dijumpai pada tanaman dari pada hewan dan manusia. Kurang lebih separuh dari semua jenis tanaman yang dikenal adalah poliploidi. Poliploidi pada tanaman dapat terjadi secara alami dan buatan. Poliploidi secara alami jarang terjadi, sedangkan poliploidi buatan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Poliploid merupakan salah satu dari mekanisme mutasi sitogenik. Mutasi sitogenik yang terjadi di inti sel ditandai dengan adanya perubahan kromosom, baik struktur maupun jumlahnya.

Perubahan jumlah kromosom akan menambah keragaman genetik dan bertambahnya jumlah kromosom akan mengubah sifat morfologi, anatomi dan fisiologi tanaman (Suharni, 2004).

Penggandaan kromosom telah lama dipelajari pada beberapa aplikasi dalam pemuliaan tanaman. Penggandaan kromosom dapat disebabkan oleh beberapa agen antimitosis. Kolkisin adalah bahan kimia yang paling banyak digunakan untuk menginduksi poliploid. Tingkat poliploid yang tinggi (misalnya, oktaploid) dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kelainan pada morfologi tanaman. Hal ini mungkin terjadi akibat adanya redundansi genetik ekstrim dan ketidakstabilan somatik yang mengarah ke jaringan. Selain itu albinisme juga dapat terjadi setelah poliploidisasi (Abu-Qaoud dan Munqez, 2014).

Sifat umum dari tanaman poliploid antara lain tanaman menjadi lebih kekar, bagian tanaman lebih besar meliputi akar, batang, daun, bunga dan buah. Induksi poliploid dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman karena dapat meningkatkan hasil panen. Poliploid pada tumbuhan dapat terjadi secara alami maupun buatan. Poliploid secara buatan dapat dilakukan dengan zat kimia tertentu. Salah satunya adalah kolkisin. Zat ini paling banyak digunakan karena mudah larut dalam air dan efektif menginduksi poliploid (Wiendra *et al.*, 2011).

Manipulasi poliploid menghasilkan individu triploid, tetraploid dan ploid yang lebih tinggi. Poliploid ini dapat tumbuh lebih pesat dibandingkan individu diploid dan haploid. Individu triploid memiliki sifat steril dan individu tetraploid bersifat fertil. Poliploid terbentuk dalam dua kelompok, yaitu kelompok pertama autopoliploid yaitu penggandaan ploid melalui penggabungan genom-genom yang sama. Ploid yang dihasilkan dari proses ini adalah aneuploid (kromosom abnormal) yakni dalam bentuk triploid, tetraploid dan pentaploid. Kelompok kedua alopoliploid adalah penggandaan kromosom yang terjadi melalui penggabungan genom-genom yang berbeda. Manipulasi ini banyak dilakukan pada tanaman, dari dua jenis tanaman berbeda digabungkan, keduanya menghasilkan organisme alopoliploid dengan jumlah kromosom $2x + 2y$ (Kadi, 2007).

2.6 Kolkisin

Kolkisin ($C_{22}H_{25}O_6N$) ialah suatu alkaloid yang berasal dari umbi dan biji tanaman Autumn crocus (*Colchicum autumnale* L.) termasuk dalam family

Liliaceae yang berfungsi untuk menghalang-halangi terbentuknya benang-benang spindel pada proses mitosis (pembelahan sel). Tidak terbentuknya benang-benang spindel membuat kromosom tidak ada yang menarik ke kutubnya masing-masing sehingga kromosom tidak memisah dan mengakibatkan jumlah kromosom pada sel tersebut berlipat ganda atau poliploid. Sel poliploid akan membelah seperti biasa sehingga dihasilkan sel poliploid yang dapat dikembangkan secara generatif maupun vegetatif (Suharni, 2004).

Kolkisin sangat efektif untuk menciptakan variabilitas genetik pada berbagai spesies tanaman. Analisis mutasi menggunakan kolkisin dapat mendorong terjadinya poliploidi. Biasanya tanaman yang diberi kolkisin akan menunjukkan adanya duplikasi kromosom dan memberikan pengaruhnya pada fenotip tanaman (Datta, 2009). Kolkisin diberikan pada bagian tanaman yang sedang melakukan pembelahan yakni pada titik tumbuh vegetatif misalnya pada benih, kecambah dan ujung batang tanaman. Kolkisin menghambat tahap metafase, mencegah polimerisasi tubulin menjadi mikrotubulin, mencegah tubulin tersebut menjadi serat benang fungsional (benang gelendong) sehingga tahap anafase untuk pemisahan kromosom tidak terjadi. Tanpa benang gelendong tersebut, dinding pemisah gagal terbentuk sehingga kromosom dan duplikatnya tetap berada di dalam sel yang sama. Akibatnya pembelahan sel tidak berlangsung, sehingga pembelahannya dimulai dengan sel diploid diakhiri dengan terbentuknya sel tetraploid (Wiendra *et al.*, 2011).

Gelendong pembelahan (*spindle*) sebagai aparatus mitosis, tersusun dari mikrotubula dalam bentuk dublet. Dublet mikrotubula tersusun dari dua buah mikrotubula singlet, sedangkan mikrotubula singlet tersusun dari protofilamen. Protofilamen merupakan polimer dari dimer protein tubulin a dan b. Kerja kolkisin pada dasarnya adalah menghambat pembentukan mikrotubula. Kolkisin akan berikatan dengan dimer tubulin a dan b, sehingga tidak terbentuk protofilamen. Dengan tidak terbentuknya protofilamen maka tidak terbentuk mikrotubula singlet dan mikrotubula dublet, yang berakibat tidak terbentuknya gelendong pembelahan. Dengan terhambatnya pembentukan spindel pembelahan, maka kromosom yang sudah dalam keadaan mengganda tidak dibagi ke arah berlawanan (Albert *et al.*, 1991 dalam Anggraito, 2004).

Kolkisin adalah zat anti mikrotubulus yang telah diterapkan pada bibit tanaman yang berfungsi untuk meningkatkan kromosom sebanyak dua kali lipat. Kolkisin mengganggu proses mitosis dengan mengikat tubulin, sehingga menghambat keselarasan dan pemisahan kromosom. Selain itu, kolkisin memiliki afinitas rendah untuk mikrotubulus tanaman, sehingga konsentrasi yang tinggi dari kolkisin dapat menjadi racun bagi tanaman (Vanous, 2011).

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Gayen *et al* (1994) dalam Vanous (2011) dengan menggunakan tiga konsentrasi kolkisin yaitu 0,03%, 0,06% dan 0,1% dalam larutan 0,50% DMSO (dimetil sulfoxide) dan diberikan pada ujung koleoptil pada bibit yang telah dipotong. Bibit yang diletakan diatas gumpalan kapas kemudian diberikan perlakuan kolkisin selama 6, 12 dan 24 jam pada suhu 18 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit dengan ujung koleoptil yang dipotong dan diperlakukan dengan kolkisin 0,06% selama 12 jam menghasilkan tingkat penggandaan kromosom paling tinggi.

Kolkisin ialah salah satu reagen untuk mutasi yang menyebabkan terjadinya poliploid dimana organisme memiliki tiga set atau lebih kromosom dal sel-selnya. Sedangkan sifat umum dari tanaman poliploidi adalah menjadi lebih kekar, bagian tanaman lebih besar (akar, batang, daun, bunga dan buah) sehingga nantinya sifat-sifat yang kurang baik pada tanaman akan menjadi lebih baik tanpa mengubah potensi hasilnya (Sofia, 2007)

Kepekaan terhadap perlakuan kolkisin pada tiap jenis tanaman berbeda-beda. Oleh karena itu, baik konsentrasi maupun perlakuan akan berbeda pula. Konsentrasi larutan kolkisin dan lama waktu perlakuan kurang mencapai keadaan yang tepat, maka ploiploidi belum dapat diperoleh. Sebaliknya jika konsentrasi terlalu tinggi atau waktu perlakuan terlalu lama, maka kolkisin akan memperlihatkan pengaruh negatif yaitu penampilan tanaman menjadi jelek, sel-sel banyak yang rusak bahkan menyebabkan mati pada tanaman.

Larutan kolkisin efektif pada konsentrasi 0,001-1,00% dengan lama perlakuan 3-24 jam, tetapi pada benih yang berkulit keras seperti benih kacang-kacangan, jagung dan sebagainya konsentrasi 0,2% lebih dianjurkan. Kolkisin dapat menyebabkan kegagalan pemisahan kromosom (baik pada sel tanaman maupun sel hewan) di metaphase dengan mencegah terbentuknya microtubule,

khususnya benang spindel spindle. Percobaan poliploidisasi digunakan kadar larutan kolkisin tertentu dari kadar terendah sampai tertinggi sehingga diperoleh kadar optimum untuk mendapatkan tanaman poliploid dengan produksi tinggi.

Menurut Sutopo (1992), beberapa percobaan menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi larutan kolkisin yang tinggi dan diberikan dalam waktu yang singkat, dapat memberikan hasil yang lebih baik. Sedangkan benih yang lambat berkecambah, perlakuan kolkisin ditunda sampai akar muncul. Poliploid dapat dicapai dengan cara perendaman pada fase benih dan fase perkecambahan dalam mendapatkan tanaman tetraploid. Penggunaan dapat juga dilakukan misalnya pada mata kuncup, bunga atau pada fase pembibitan. Tingkat konsentrasi kolkisin mengakibatkan perbedaan fenotip tanaman yang termutasi. Semakin tinggi konsentrasi kolkisin, maka semakin besar persentase tanaman yang termutasi.

2.7 Poligenik

Pada pola pewarisan sifat, dapat ditemukan adanya variasi sifat yang diturunkan. Hal ini disebabkan karena adanya gen ganda (*multiple gen/poligen*). Pewarisan sifat yang dikendalikan oleh poligen dapat terjadi baik pada tumbuhan, hewan maupun manusia. Poligen merupakan suatu seri gen ganda yang menentukan sifat secara kuantitatif. Dalam hal ini, pewarisan sifat dikendalikan oleh lebih dari satu gen pada lokus yang berbeda dalam kromosom yang sama atau berlainan.

Tanaman memiliki sifat kualitatif dan sifat kuantitatif. Sifat kualitatif umumnya dikendalikan oleh sedikit gen (monogenik ataupun oligogenik) yang dicirikan dengan sebaran fenotipnya diskontinu, pengaruh gen secara individu mudah dikenali, cara pewarisannya sederhana dan tidak atau sedikit dipengaruhi lingkungan. Sifat kuantitatif dikendalikan oleh banyak gen (poligenik) yang masing-masing gen berpengaruh kecil terhadap ekspresi suatu sifat (Murti *et al.*, 2002). Jumlah gen ketahanan menentukan jenis ketahanan tanaman. Apabila ketahanan dikendalikan oleh satu atau dua gen, tanaman akan mempunyai ketahanan tinggi (vertikal) dan apabila ketahanan dikendalikan oleh banyak gen, maka tanaman mempunyai jenis ketahanan horisontal. Program pemuliaan

ketahanan akan efektif apabila disesuaikan dengan jumlah dan model aksi gen pengendali ketahanan.

Frekuensi gen adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan proporsi dari semua lokus untuk pasangan gen atau rangkaian alel dalam suatu populasi yang diduduki oleh satu gen tertentu. Perubahan frekuensi gen dapat disebabkan oleh mutasi, yaitu perubahan dalam gen atau bagian kromosom menjadi bentuk baru. Menurut Azrai (2005), pengetahuan tentang aksi gen yang mengendalikan suatu karakter sangat penting terutama dalam hal keefektifan penerapan program seleksi yang akan digunakan dalam kegiatan pemuliaan untuk karakter yang diinginkan. Pada dasarnya seleksi terbagi atas seleksi langsung dan seleksi tak langsung. Seleksi langsung ditujukan untuk peningkatan produksi suatu tanaman, sedangkan seleksi tak langsung dilakukan untuk peningkatan sifat tanaman yang akhirnya ke produksi.

Efek seleksi dimasukkan dengan mengubah frekuensi dimana beberapa gen atau kombinasi gen terjadi atau dengan membuat kombinasi gen yang sebelumnya tidak ditemukan di dalam populasi. Tiga respon fenotip yang dapat dilihat adalah perubahan dalam proporsi genotip yang dahulunya sudah ada, diikuti dengan perubahan didalam nilai tengah populasi; pemunculan genotip baru; dan perubahan variabilitas (varian) dari populasi (Hamidah, 2011).

2.8 Dosis Gen

Dosis gen adalah jumlah salinan gen yang berada di dalam sel atau nukleus. Dosis gen dikaitkan dengan ciri-ciri fenotip kuantitatif atau kualitatif pada suatu individu. Kebanyakan gen tidak menunjukkan fenotipe yang jelas ketika dosis mereka berkurang atau meningkat. Secara umum, ada kemungkinan bahwa perubahan tersebut memiliki dampak yang kecil (Hodgkin, 2005). Mengubah dosis gen adalah cara yang efektif untuk memahami fungsi gen. Menurut Mei Guo *et al* (1996), perubahan dosis gen yang mempengaruhi struktural ekspresi gen telah dipelajari pada beberapa spesies pada tanaman. Salah satu efek dari gen dosis adalah dimana ada peningkatan atau penurunan dari ekspresi gen secara proporsional pada jumlah salinan gen. Peningkatan ploidi merupakan salah satu akibat adanya efek dosis gen.

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mei Guo *et al* (1996), efek dosis gen pada berbagai ploidi dari 18 gen yang diekspresikan dalam jaringan daun dianalisis pada monoploid, diploid, triploid dan tetraploid tanaman jagung. Kebanyakan gen memperlihatkan sebuah efek dari dosis gen terhadap tingkat ploidinya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis gen melalui serangkaian ploidi dapat meningkat ekspresi gen secara proporsional. Poliploidi pada tanaman menunjukkan tingkat aktivitas enzim atau protein yang lebih tinggi dari diploid. Efek dosis gen sangat mempengaruhi ekspresi gen. Regulasi gen dalam menanggapi variasi dosis, merupakan efek hasil dari gabungan gen struktural dan hubungan interaktif antara dosis.

Poliploidi memiliki efek meningkatkan ekspresi gen pada setiap sel dan sebanding dengan dosis gen yang diberikan pada tingkat ploidinya, seperti yang ditunjukkan pada sebagian besar gen dalam euploid (monoploid, diploid, triploid dan tetraploid) jagung. Efek dosis gen pada tanaman poliploidi dapat meningkatkan potensi ekspresi pada penampilan fenotip. Variasi dalam ekspresi dosis gen membutuhkan adanya variasi alel yang dapat diciptakan dalam peristiwa poliploidi melalui mutasi. Heterosis berkontribusi terhadap dasar molekul karakteristik poliploid pada tingkatan yang berbeda. Banyak perubahan genetik dan epigenetik terjadi pada beberapa generasi setelah pembentukan poliploid yang dikaitkan dengan ekspresi gen yang merubah fenotip pada tanaman (Osborn *et al.*, 2003)

Peningkatan dosis gen dapat dilakukan dengan menduplikasi gen. Duplikasi gen dapat dilakukan dengan cara mutasi. Salah satu efek dari dosis gen adalah ketika salah satu alel dihapus akan menyebabkan ketidakseimbangan pada ekspresi gen. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa jika mengurangi separuh dosis gen akan bersifat merusak dan meningkatkan dosis gen akan bermanfaat. Namun peningkatan dosis gen juga dapat menyebabkan kerusakan jika dosis gen yang ditambahkan tidak berguna. Dosis gen lebih optimal mempengaruhi ekspresi gen jika melakukan duplikasi gen dengan mutasi jika dibandingkan dengan mengubah urutan gen (Qian and Jianzhi, 2008).

3. METODE DAN PELAKSANAAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-Juli 2014 di desa Ampeldento, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Keadaan geografis lahan penelitian terletak pada ketinggian ± 700 mdpl.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk kegiatan pembuatan larutan kolkisin, penanaman, pemeliharaan dan pengamatan ialah cutter, germinator, gunting, kamera, kertas label, papan impraboard, RHS color chart, meteran, penggaris, gelas ukur, mikroskop dan timbangan analitik.

Bahan yang digunakan ialah 2 galur inbrida jagung pakan/yellow corn, bubuk kolkisin, aquades, DMSO, kertas merang, mulsa, cutex, polybag, pupuk kandang, pupuk NPK (15-15-15), urea, SP-36, ZA, fungisida dan insektisida.

3.3 Metode Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode RAKF (Rancangan Acak Kelompok Faktorial). Terdiri dari 2 faktor, faktor pertama berupa genotip (G1 dan G2) dan faktor kedua berupa konsentrasi kolkisin (0 ppm, 400 ppm dan 600 ppm). Perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 24 satuan petak percobaan dengan luas lahan $144,4 \text{ m}^2$. Jarak antar baris 75 cm dan jarak antar tanaman dalam baris 20 cm dengan jumlah populasi setiap satuan petak percobaan sebanyak 30 tanaman. Penanaman dengan menggunakan metode grid/petak dapat mengurangi pengaruh lingkungan pada tanaman penelitian karena kondisi lingkungan diasumsikan homogen dari aplikasi jarak tanam yang seragam dalam petak. Dengan petak yang lebih kecil dianggap bahwa lingkungan pada satu petak homogen, sehingga keragaman tanaman dalam satu petak dianggap sebagai perbedaan genetik.

Tabel 1. Kombinasi Kedua Perlakuan

Faktor 1 (Genotip)	Faktor 2 (Dosis Kolkisin)		
	K0 (0 ppm)	K1 (400 ppm)	K2 (600 ppm)
G1 = SJB (galur murni) S ₆	G1K0	G1K1	G1K2
G2 = SF (galur murni) S ₆	G2K0	G2K1	G2K2

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan dan Induksi Kolkisin

Bahan tanam yang digunakan untuk aplikasi induksi kolkisin ialah benih dari 2 galur inbrida jagung pakan/*yellow corn* yang telah dikecambahkan terlebih dahulu. Benih jagung dikecambahkan dengan menggunakan metode uji viabilitas UKDdp (Uji Kertas Digulung didirikan dalam plastik). Benih diletakkan diatas kertas merang yang sudah dilapisi plastik dan dibasahi oleh air, bagian ujung bawah kertas merang dipotong sebagai tanda. Peletakan benih di atas kertas merang harus teratur yaitu arah tumbuh akar mengarah pada bagian kertas merang yang ujungnya sudah dipotong, kemudian ditutup kembali dengan kertas merang dan digulung. Semua gulungan dengan galur yang sama diikat menjadi satu kemudian dikecambahkan di dalam inkubator selama 3 hari dengan suhu antara 25°C-28°C.

Benih jagung yang sudah berkecambah, bagian ujung akar dan ujung tunasnya dipotong. Sehingga, ujung akar memiliki panjang sekitar 2 cm dan bagian ujung tunas memiliki panjang 1 cm. Pemotongan ujung akar bertujuan untuk mempermudah penanganan ketika transplanting dan pemotongan ujung tunas bertujuan untuk meningkatkan induksi kolkisin.

Pembuatan larutan kolkisin yaitu dengan cara bubuk kolkisin dilarutkan kedalam aquades bersamaan dengan 0,5% DMSO. Larutan kolkisin dengan konsentrasi 400 ppm di buat dengan cara mencampurkan 0,4 g bubuk kolkisin ke dalam 1 liter aquades. Sedangkan larutan kolkisin dengan konsentrasi 600 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,6 g bubuk kolkisin ke dalam 1 liter aquades. Kecambah jagung yang sudah dipotong bagian ujung akar dan ujung tunasnya direndam didalam aquades terlebih dahulu kemudian dilakukan perendaman dengan larutan kolkisin selama 12 jam dengan konsentrasi sesuai perlakuan.

Setelah direndam, kecambah jagung diambil dengan cara disaring dan dicuci kembali dengan aquades (Prasanna *et al.*, 2012).

3.4.2 Persemaian

Kecambah yang sudah diinduksi kolkisin selanjutnya dipindahkan ke dalam polibag kecil yang sudah berisi media semai berupa pasir. Setelah berumur 14 hst, tanaman jagung dipindahkan ke lahan percobaan.

3.4.3 Persiapan Lahan

Pengolahan tanah dilakukan dengan mencangkul tanah sedalam lapisan olah dengan penambahan pupuk kandang dengan dosis 5 ton ha⁻¹ dan di bentuk bedengan dengan ukuran 3,2 m x 1,15 m, jarak antar bedengan dalam satu galur yang sama 40 cm sedangkan jarak antar bedengan dalam galur yang berbeda 40 cm. Pengolahan lahan dilakukan 2 minggu sebelum penanaman. Setiap bedengan di tutupi mulsa perak dan dilubangi sesuai jarak tanam. Kemudian dilakukan penugalan pembuatan lubang tanam untuk persiapan penanaman.

3.4.4 Penanaman

Penanaman dilakukan dengan menggunakan jarak tanam 75 cm x 20 cm. Pada saat penanaman di lakukan pengaplikasian pemberian pupuk dasar NPK (15-15-15) dengan dosis 250 kg ha⁻¹. Setiap lubang di tanam satu tanaman jagung yang sebelumnya telah disemai di dalam polybag.

3.4.5 Pemupukan

Untuk memenuhi ketersediaan unsur hara pada setiap petak percobaan maka harus dilakukan pemupukan. Pemupukan dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pemupukan dasar diberikaan pada saat tanam yaitu menggunakan pupuk NPK (15-15-15) dengan dosis 250 kg ha⁻¹, pemupukan susulan I saat tanaman berumur 21 HST dengan menggunakan pupuk Urea 150 kg ha⁻¹, SP-36 150 kg ha⁻¹ dan pemupukan susulan II saat tanaman berumur 45 HST dengan menggunakan pupuk Urea 150 kg ha⁻¹, SP-36 100 kg ha⁻¹ dan ZA 100 kg ha⁻¹ (Wibowo, 2008).

3.4.6 Penyiangan dan Pembumbunan

Penyiangan bertujuan untuk membersihkan lahan penelitian dari tanaman bukan tanaman uji atau tanaman pengganggu (gulma). Penyiangan dilakukan 2 minggu sekali. Penyiangan pada tanaman jagung yang masih muda dilakukan dengan menggunakan tangan atau cangkul kecil dan sebagainya. Pada saat melakukan penyiangan hal yang harus diperhatikan ialah pada proses pencabutan tanaman pengganggu tidak merusak perakaran tanaman uji yang pada awal pertumbuhannya masih belum cukup kuat mencengkeram tanah.

Pembumbunan dilakukan bersamaan dengan penyiangan yang bertujuan untuk memperkokoh tanaman uji agar tidak mudah rebah. Selain itu, pembumbunan juga berfungsi untuk menutup akar yang bermunculan keatas permukaan tanah karena adanya aerasi. Kegiatan pembumbunan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 7 mst.

3.4.7 Pengairan

Kondisi lahan penelitian selalu terairi setiap harinya dengan menggunakan sistem irigasi permukaan. Pada saat tanaman jagung berumur 42 hst, dilakukan pengurangan dalam pemberian air untuk menghindari adanya serangan hawar daun.

3.4.8 Pengendalian Hama dan Penyakit

Pengendalian hama untuk tanaman jagung dilakukan dengan cara pemberian insektisida granular bersamaan dengan saat penanaman serta pada saat tanaman jagung berumur 2 minggu setelah tanam dilahan untuk mencegah kemungkinan adanya serangan rayap atau ulat tongkol. Sedangkan untuk pengendalian serangan ulat tanah (*Agrotis* sp) dilakukan dengan penyemprotan insektisida berbahan aktif Lamda silathothrin 50 EC dengan konsentrasi 2 ml/L air.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kuantitatif dan kualitatif. Beberapa variabel pengamatan sebagai berikut:

Kualitatif

Penelitian ini menggunakan karakter warna daun pada karakter kualitatif. Pengamatan warna daun ini dilakukan pada saat tanaman memasuki fase awal *tasseling*.

Kuantitatif

1. Jumlah Tanaman Tumbuh

Dihitung jumlah tanaman yang hidup pada saat tanaman memasuki fase *tasseling*.

2. Jumlah Stomata, Panjang Stomata dan Lebar Stomata

Jumlah stomata, panjang stomata dan lebar stomata pada daun dihitung dengan mengamati dibawah mikroskop dengan metode imprint yaitu dengan pencetakan stomata bagian atas daun ketiga dari tanaman yang telah berumur 35 hst di lahan dengan menggunakan cutex, setelah kering diangkat dengan selotip dan diletakkan di kaca preparat dibawah mikroskop.

3. Tinggi Tanaman (cm)

Diukur dalam satuan sentimeter dari atas permukaan tanah sampai dasar malai. Diukur pada saat tanaman melewati fase *tasseling*.

4. Lingkar Batang (cm)

Diukur pada saat tanaman memasuki fase awal *tasseling*, 5cm diatas permukaan tanah.

5. Panjang Daun (cm)

Diukur dalam satuan sentimeter dari buku tempat melekatnya daun sampai ujung daun. Pengukuran pada daun di atas tongkol teratas pada saat tanaman memasuki fase *tasseling*.

6. Lebar Daun (cm)

Diukur dalam satuan sentimeter pada daun yang sama yang digunakan mengukur panjang daun, diambil dari titik tengah panjang daun, diukur pada saat tanaman memasuki fase *tasseling*.

7. Jumlah Daun (helai)

Dihitung jumlah daun yang membuka sempurna setiap tanaman pada saat memasuki fase *tasseling*.

8. Umur Berbunga Jantan/*tasseling* (hst)

Dihitung dalam jumlah hari setelah tanam sampai 50% tanaman pada populasi mengeluarkan malai.

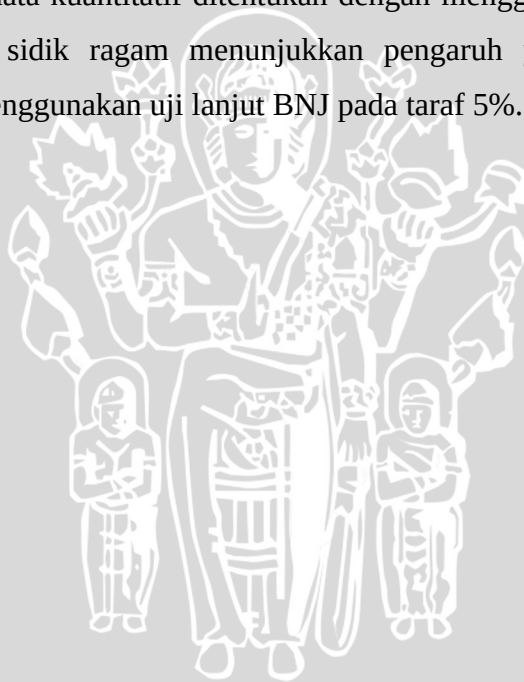
9. Umur Berbunga Betina/*silking* (hst)

Dihitung dalam jumlah hari dari tanam sampai 50% populasi tanaman telah keluar rambu tongkol $\pm 2\text{cm}$.

3.6 Analisis Data

Penelitian ini terdiri atas data kualitatif dan kuantitatif. Analisis untuk data kualitatif menggunakan pendekatan statistika deskriptif yang disajikan dalam bentuk diagram distribusi frekuensi untuk kategori karakter warna daun.

Analisis ragam data kuantitatif ditentukan dengan menggunakan uji F pada taraf 5%. Jika hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji lanjut BNJ pada taraf 5%.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Keadaan Umum

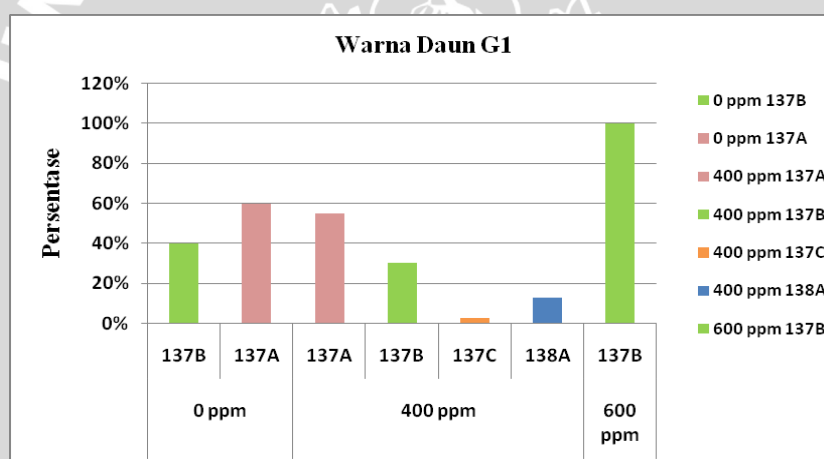
Secara umum kondisi lingkungan dan lahan yang digunakan untuk penelitian ini cukup baik untuk pertumbuhan tanaman jagung. Ketersediaan air untuk tanaman selalu tercukupi dengan menggunakan sistem pengairan permukaan. Pada saat proses perkecambahan sampai persemaian, daya tumbuh tanaman dari kedua genotip selalu mengalami penurunan. Hal ini diduga akibat adanya perlakuan pemberian kolkisin dengan berbagai macam konsentrasi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Aplikasi penggunaan mulsa pada bedengan mengharuskan dilakukannya proses pembumbunan pada tanaman yang bertujuan untuk memperkuat tanaman agar tidak mudah rebah. Selain itu, pembumbunan juga berfungsi untuk menutup akar yang bermunculan keatas permukaan tanah karena adanya aerasi.

Saat memasuki masa generatif, tanaman diberikan insektisida granular berbahan aktif Diazinon 10% untuk menghindari adanya serangan hama ulat bibit yang menyerang pucuk tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan bunga jantan terhambat. Pengendalian secara kimia lainnya adalah dengan menggunakan fungisida acrobat dan cabrio yang diaplikasikan dengan cara di semprotkan kepada tanaman. Penyakit yang dijumpai pada tanaman jagung selama pertumbuhan dilahan adalah penyakit hawar daun yang menyerang sebagian kecil tanaman.

4.1.2 Karakter Kualitatif

Menurut Alif (2008), karakter kualitatif pada tanaman merupakan wujud fenotip yang saling berbeda antara satu dengan yang lainnya dan masing-masing dapat dikelompokkan dalam bentuk kategori. Pengamatan karakter kualitatif dilakukan secara visual pada seluruh genotip yang diamati. Pengamatan pada karakter ini adalah warna daun. Warna daun diamati saat tanaman memasuki fase awal *tasseling* yaitu pada saat tanaman berumur 77 hst. Hasil pengamatan warna daun pada genotip satu (G1) dibedakan menjadi empat tipe warna daun yang

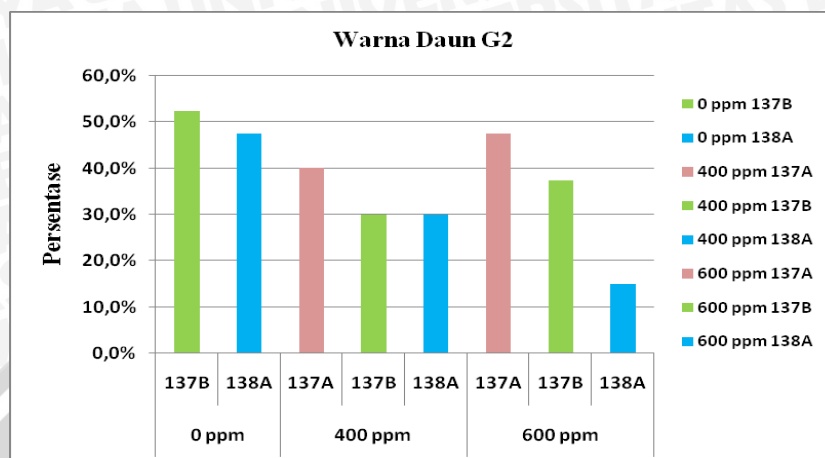
berbeda-beda (137B, 137A, 137C, dan 138A) yang tersebar kedalam masing-masing konsentrasi kolkisin (0 ppm, 400 ppm dan 600 ppm). Pada konsentrasi kolkisin 0 ppm atau perlakuan kontrol terdapat dua tipe warna daun yaitu 137B dan 137A; konsentrasi 400 ppm terdapat empat jenis tipe warna daun yaitu 137A, 137B, 137C dan 138A; untuk konsentrasi kolkisin 600 ppm hanya terdapat tipe warna daun 137B. Warna daun pada G1 dengan konsentrasi kolkisin 400 ppm memiliki tipe warna daun yang lebih beragam jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan 400 ppm. Warna daun yang banyak ditemukan pada genotip satu (G1) yaitu tipe 137B pada konsentrasi kolkisin 600 ppm. Sedangkan warna daun yang sangat jarang ditemukan pada genotip satu adalah tipe 137C pada konsentrasi 400 ppm. Hasil pengamatan karakter kualitatif warna daun genotip satu disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram Warna Daun pada Genotip Satu

Sedangkan hasil pengamatan warna daun pada genotip dua (G2) hanya dibedakan menjadi tiga tipe warna daun yang berbeda-beda (137B, 137A dan 138A) yang tersebar kedalam masing-masing konsentrasi kolkisin (0 ppm, 400 ppm dan 600 ppm). Pada konsentrasi kolkisin 0 ppm atau perlakuan kontrol terdapat dua tipe warna daun yaitu 137B dan 138A. Sedangkan pada perlakuan 400 ppm dan 600 ppm terdapat tiga jenis tipe warna daun yaitu 137A, 137B dan 138A. Warna daun yang paling banyak ditemukan pada genotip dua (G2) yaitu tipe 137B pada konsentrasi kolkisin 0 ppm. Sedangkan warna daun yang paling sedikit ditemukan pada genotip dua adalah tipe 138A pada konsentrasi 600 ppm.

Hasil pengamatan karakter kualitatif warna daun genotip dua disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram Warna Daun pada Genotip Dua

4.1.3 Karakter Kuantitatif

Karakter kuantitatif yang diamati ialah jumlah tanaman tumbuh, tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, jumlah stomata, panjang stomata, lebar stomata, umur berbunga jantan dan umur berbunga betina.

Berdasarkan hasil sidik ragam pada berbagai parameter pengamatan menunjukkan bahwa karakter tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang stomata dipengaruhi oleh faktor genotip. Pemberian kolkisin juga memberikan pengaruhnya pada karakter tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah daun, jumlah stomata, panjang stomata dan lebar stomata. Sedangkan interaksi antara faktor genotip dengan faktor kolkisin memberikan pengaruh terhadap karakter lebar daun, jumlah stomata dan panjang stomata.

Rekapitulasi hasil sidik ragam dapat dilihat pada Tabel 2. Selanjutnya parameter yang menunjukkan beda nyata diuji dengan uji BNJ pada taraf 5%.

Tabel 2. Rekapitulasi Uji F pada Berbagai Parameter Pengamatan Kuantitatif

No	Parameter Pengamatan	Sumber Keragaman		
		Genotip (G)	Kolkisin (K)	Interaksi (GxK)
1	Tinggi Tanaman	170,642 ^{**}	41,157 ^{**}	1,802 ^{tn}
2	Lingkar Batang	6,627 [*]	4,882 [*]	3,571 ^{tn}
3	Jumlah Daun	23,941 ^{**}	12,510 ^{**}	3,006 ^{tn}
4	Panjang Daun	19,858 ^{**}	3,049 ^{tn}	0,444 ^{tn}
5	Lebar Daun	301,726 ^{**}	0,531 ^{tn}	3,778 [*]
6	Jumlah Stomata	2,340 ^{tn}	45,333 ^{**}	7,679 ^{**}
7	Panjang Stomata	6,587 [*]	116,781 ^{**}	6,925 ^{**}
8	Lebar Stomata	0,796 ^{tn}	7,382 ^{**}	1,513 ^{tn}

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata (pada taraf 1%) ; * = berbeda nyata (pada taraf 5%; tn = tidak nyata.

Jumlah Tanaman Tumbuh

Karakter jumlah tanaman yang tumbuh diamati pada saat tanaman berumur 77 hst. Terjadi penurunan jumlah tanaman yang tumbuh pada G1 dan G2 setelah diberikan perlakuan kolkisin. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah tanaman yang tumbuh pada G1 dan G2, terdapat perbedaan nilai persentase antara perlakuan kontrol (K0) dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2). Perlakuan kontrol (K0) memiliki nilai persentase jumlah tanaman tumbuh lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2). Sedangkan nilai persentase terendah pada G1 dan G2 terletak pada perlakuan K2. Jumlah tanaman yang tumbuh paling banyak pada G1 terdapat pada perlakuan G1K0 sebesar 93,10% dan perlakuan G1K2 memiliki jumlah tanaman yang tumbuh paling sedikit sebesar 70,86%. Sedangkan jumlah tanaman yang tumbuh paling banyak pada G2 terdapat pada perlakuan G2K0 sebesar 95,61% dan perlakuan G2K2 memiliki jumlah tanaman yang tumbuh paling sedikit sebesar 72,63%. Nilai persentase jumlah tanaman yang tumbuh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Jumlah Tanaman yang Tumbuh pada Berbagai Perlakuan yang Diamati

Perlakuan	Jumlah Ditanam	Jumlah Tanaman Hidup	Persentase (%)
G1K0	116	108	93,10
G1K1	143	115	80,42
G1K2	151	107	70,86
G2K0	114	109	95,61
G2K1	152	116	76,32
G2K2	179	130	72,63

Tinggi Tanaman

Karakter tinggi tanaman diamati pada saat tanaman berumur 82 hst. Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan genotip dan pemberian kolkisin masing-masing memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakter tinggi tanaman namun kedua faktor tersebut tidak saling berinteraksi. Pengaruh yang terlihat pada karakter tinggi tanaman tersebut adalah terjadinya pemendekan tinggi tanaman pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin. Faktor genotip memberikan perbedaan terhadap karakter tinggi tanaman pada G1 dan G2. G1 menunjukkan nilai rerata tinggi tanaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan G2. Faktor kolkisin juga memberikan kontribusinya dalam membuat perbedaan pada nilai rerata tinggi tanaman. Nilai rerata tinggi tanaman perlakuan kontrol (K0) menunjukkan nilai yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2) dan perlakuan menunjukkan nilai rerata yang paling kecil diantara semua perlakuan. Rerata tinggi tanaman disajikan pada Tabel 4 dan tabel dua arah tinggi tanaman disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Rerata Tinggi Tanaman pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
1	G1K0	177,77
2	G1K1	164,62
3	G1K2	151,68
4	G2K0	149,52
5	G2K1	131,79
6	G2K2	128,80

Tabel 5. Tabel Dua Arah Tinggi Tanaman

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	177,77	164,62	151,68	164,69b
G2	149,52	131,79	128,80	136,70a
Rerata	163,65b	148,21a	140,24a	
BNJ	11,466			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Lingkar Batang

Karakter lingkar batang diamati pada saat tanaman berumur 63 hst. Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan genotip dan pemberian kolkisin masing-masing memberikan pengaruhnya terhadap karakter lingkar batang namun kedua faktor tersebut tidak saling berinteraksi. Pengaruh yang terlihat pada karakter lingkar batang tersebut adalah terjadinya pengecilan ukuran lingkar batang pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin. Faktor genotip memberikan perbedaan terhadap karakter lingkar batang pada G1 dan G2. Rerata lingkar batang G1 memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan G2. Faktor kolkisin juga memberikan kontribusinya dalam membuat perbedaan pada nilai rerata lingkar batang. Perlakuan kontrol (K0) memiliki nilai rerata lingkar batang yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2) dan perlakuan K2 memiliki nilai rerata yang paling rendah. Rerata lingkar batang disajikan pada Tabel 6 dan tabel dua arah lingkar batang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Rerata Lingkar Batang pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Lingkar Batang (cm)
1	G1K0	7,65
2	G1K1	7,70
3	G1K2	7,52
4	G2K0	7,81
5	G2K1	7,10
6	G2K2	6,88

Tabel 7. Tabel Dua Arah Lingkar Batang

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	7,65	7,70	7,52	7,62a
G2	7,81	7,10	6,88	7,26a
Rerata	7,73a	7,40a	7,20a	
BNJ	0,747			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Daun

Karakter jumlah daun diamati pada saat tanaman berumur 77 hst. Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan genotip dan pemberian kolkisin masing-masing memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakter jumlah daun namun kedua faktor tersebut tidak saling berinteraksi. Genotip yang diberi perlakuan kolkisin memiliki jumlah daun yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Faktor genotip memberikan perbedaan terhadap karakter jumlah daun pada G1 dan G2. G1 memiliki rerata jumlah daun yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan G2. Faktor kolkisin juga memberikan kontribusinya dalam membuat perbedaan pada karakter jumlah daun. Perlakuan kontrol yang tidak diberi kolkisin (K0) memiliki nilai rerata jumlah daun yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan K1 dan K2 dan perlakuan K2 memiliki nilai rerata jumlah daun yang paling rendah. Rerata jumlah daun disajikan pada Tabel 8 dan tabel dua arah jumlah daun disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Rerata Jumlah Daun pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Jumlah Daun
1	G1K0	13,05
2	G1K1	12,95
3	G1K2	12,23
4	G2K0	12,73
5	G2K1	11,40
6	G2K2	10,78

Tabel 9. Tabel Dua Arah Jumlah Daun

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	13,05	12,95	12,23	12,74a
G2	12,73	11,40	10,78	11,64a
Rerata	12,89b	12,18a	11,51a	
BNJ	1,212			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Lebar Daun

Karakter lebar daun diamati pada saat tanaman berumur 77 hst. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor genotip dan kolkisin saling berinteraksi dan interaksi dari kedua faktor tersebut bersifat nyata pada karakter lebar daun. Genotip yang diberi perlakuan kolkisin memiliki ukuran lebar daun yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Kondisi G1 yang diberikan perlakuan kolkisin (K0, K1 dan K2) memiliki nilai rerata lebar daun yang hampir sama antar perlakuannya. Kondisi G2 yang diberikan perlakuan kolkisin (K0, K1 dan K2) juga memiliki nilai rerata lebar daun yang hampir sama antar perlakuannya. Sedangkan pengaruh pemberian kolkisin (K0, K1 dan K2) terhadap genotip, memberikan pengaruhnya terhadap perbedaan nilai rerata lebar daun antara G1 dengan G2. Rerata lebar daun pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 10 dan tabel dua arah lebar daun disajikan pada Tabel 11.

Tabel 10. Rerata Lebar Daun pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Lebar Daun (cm)
1	G1K0	8,13 ^b
2	G1K1	8,29 ^b
3	G1K2	8,37 ^b
4	G2K0	6,60 ^a
5	G2K1	6,21 ^a
6	G2K2	6,11 ^a
BNJ		0,602

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Tabel 11. Tabel Dua Arah Lebar Daun

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	8,13	8,29	8,37	8,26b
G2	6,60	6,21	6,11	6,31a
Rerata	7,37	7,25	7,24	
BNJ	0,602			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Panjang Daun

Hasil analisis ragam pada karakter panjang daun menunjukkan bahwa faktor genotip memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakter jumlah daun dan tidak ada interaksi yang terjadi antara faktor genotip dengan faktor kolkisin. Karakter panjang daun ini diamati pada saat tanaman berumur 77 hst. Pengaruh yang terlihat pada karakter panjang daun adalah terjadinya penurunan ukuran panjang daun pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin. Faktor genotip memberikan kontribusinya terhadap perbedaan nilai rerata panjang daun pada G1 dan G2. Rerata panjang daun pada G1 memiliki nilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan G2. Rerata panjang daun ini tersaji pada Tabel 12 dan tabel dua arah panjang daun disajikan pada Tabel 13.

Tabel 12. Rerata Panjang Daun pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Panjang Daun (cm)
1	G1K0	88,53
2	G1K1	86,02
3	G1K2	84,71
4	G2K0	81,52
5	G2K1	81,15
6	G2K2	76,39

Tabel 13. Tabel Dua Arah Panjang Daun

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	88,53	86,02	84,71	86,42a
G2	81,52	81,15	76,39	79,69a
Rerata	85,03	83,59	80,55	
BNJ	8,084			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Stomata

Jumlah stomata diamati pada saat tanaman berumur 35 hst. Hasil analisis ragam pada karakter jumlah stomata menunjukkan bahwa adanya interaksi antara faktor genotip dengan faktor kolkisin dan interaksi tersebut bersifat nyata pada karakter jumlah stomata. Interaksi tersebut menunjukkan adanya perbedaan nilai rerata jumlah stomata antar perlakuan. Pengaruh yang terlihat pada karakter jumlah stomata adalah terjadinya pengurangan jumlah stomata pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Kondisi G1 yang diberikan perlakuan kolkisin (K0, K1 dan K2) memiliki nilai rerata jumlah stomata yang hampir sama antar perlakuannya. Sedangkan kondisi G2 memiliki nilai rerata jumlah stomata yang hampir sama pada perlakuan K1 dan K2; dan perlakuan K0 memiliki nilai rerata jumlah stomata yang berbeda dengan perlakuan K1 dan K2. Pengaruh pemberian kolkisin K0 terhadap G1 dan G2, memberikan pengaruhnya terhadap perbedaan nilai rerata jumlah stomata antara G1 dengan G2. Sedangkan nilai rerata jumlah stomata pada perlakuan pemberian kolkisin K1 dan K2 terhadap G1 dan G2 tidak menunjukkan adanya perbedaan. Rerata jumlah stomata disajikan pada Tabel 14 dan tabel dua arah jumlah stomata disajikan pada Tabel 15.

Tabel 14. Rerata Jumlah Stomata pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Jumlah Stomata
1	G1K0	9,4 ^b
2	G1K1	7,0 ^a
3	G1K2	7,8 ^{ab}
4	G2K0	11,3 ^c
5	G2K1	7,5 ^a
6	G2K2	6,8 ^a
BNJ		1,604

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Tabel 15. Tabel Dua Arah Jumlah Stomata

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	9,4	7,0	7,8	8,07
G2	11,3	7,5	6,8	8,53
Rerata	10,35b	7,25a	7,30ab	
BNJ		1,604		

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Panjang Stomata

Panjang stomata diamati pada saat tanaman berumur 35 hst. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara faktor genotip dengan faktor kolkisin dan interaksi tersebut bersifat sangat nyata pada karakter panjang stomata. Pengaruh yang terlihat pada karakter panjang stomata adalah terjadinya penambahan ukuran panjang stomata pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Kondisi G1 terhadap perlakuan kolkisin K0 memiliki nilai rerata panjang stomata yang berbeda dengan K1 dan K2. Nilai rerata panjang stomata G1 pada perlakuan K1 dan K2 memiliki nilai rerata yang hampir sama. Sedangkan kondisi G2 yang diberikan perlakuan kolkisin (K0, K1 dan K2) memiliki nilai rerata panjang stomata yang berbeda antar perlakuannya. Pengaruh pemberian kolkisin K0 terhadap G1 dan G2, tidak memberikan pengaruhnya terhadap perbedaan nilai rerata panjang stomata. Nilai

rerata jumlah stomata pada perlakuan kolkisin K1 terhadap G1 dan G2 tidak menunjukkan adanya perbedaan. Sedangkan pengaruh perlakuan kolkisin K2 terhadap G1 dan G2 memberikan perbedaan terhadap nilai rerata panjang stomata. Data rerata panjang stomata disajikan pada Tabel 16 dan tabel dua arah panjang stomata disajikan pada Tabel 17.

Tabel 16. Rerata Panjang Stomata pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Panjang Stomata (μm)
1	G1K0	96,93 ^a
2	G1K1	126,42 ^{bc}
3	G1K2	120,98 ^b
4	G2K0	100,94 ^a
5	G2K1	123,24 ^b
6	G2K2	132,99 ^c
BNJ		8,925

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Tabel 17. Tabel Dua Arah Panjang Stomata

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	96,93	126,42	120,98	114,78a
G2	100,94	123,24	132,99	119,06a
Rerata	98,94a	124,83b	126,99b	
BNJ	8,925			

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Lebar Stomata

Lebar stomata diamati pada saat tanaman berumur 35 hst. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor kolkisin memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakter lebar stomata dan tidak ada interaksi yang terjadi antara faktor genotip dengan faktor kolkisin. Pengaruh yang terlihat pada karakter lebar stomata adalah terjadinya penambahan ukuran lebar stomata pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Faktor kolkisin memberikan kontribusinya terhadap perbedaan yang terjadi pada nilai

rerata lebar stomata. Perlakuan kontrol (K0) menunjukkan nilai rerata lebar stomata yang lebih kecil jika dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2). Data rerata lebar stomata disajikan pada Tabel 18 dan tabel dua arah lebar stomata disajikan pada Tabel 19.

Tabel 18. Rerata Lebar Stomata pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Lebar Stomata (μm)
1	G1K0	55,19
2	G1K1	64,29
3	G1K2	63,11
4	G2K0	57,01
5	G2K1	59,67
6	G2K2	61,87

Tabel 19. Tabel Dua Arah Lebar Stomata

Genotip	Kolkisin			Rerata
	K0	K1	K2	
G1	55,19	64,29	63,11	60,86
G2	57,01	59,67	61,87	59,52
Rerata	56,10a	61,98b	62,49b	
BNJ		8,082		

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

Umur Berbunga Jantan

Umur berbunga jantan/ fase *tasseling* pada tanaman jagung diamati pada saat bunga jantan muncul hingga 50% dari total populasi tanaman yang ada. Pengaruh yang terjadi pada karakter umur berbunga jantan adalah terjadinya perbedaan waktu berbunga jantan yang lebih lama pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Munculnya bunga jantan pada perlakuan G1 lebih lambat jika dibandingkan dengan perlakuan G2. Selang waktu munculnya bunga jantan pada G1 dan G2 adalah 4 hari. Apabila dilihat dari faktor pemberian kolkisin baik pada G1 dan G2, bunga jantan pada perlakuan kontrol (K0) muncul lebih cepat jika dibandingkan dengan perlakuan

yang diberi kolkisin (K1 dan K2). Data umur berbunga jantan disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Data Umur Berbunga Jantan pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Umur Berbunga Jantan (Hst)
1	G1K0	66
2	G1K1	68
3	G1K2	70
4	G2K0	62
5	G2K1	69
6	G2K2	73

Umur Berbunga Betina

Umur berbunga betina/ fase *silking* pada tanaman jagung diamati pada saat rambut tongkol muncul hingga 50% dari total populasi tanaman yang ada. Pengaruh yang terjadi pada karakter umur berbunga betina adalah terjadinya perbedaan waktu berbunga betina yang lebih lama pada G1 dan G2 yang diberi perlakuan kolkisin jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Munculnya rambut tongkol pada perlakuan G1 lebih lambat jika dibandingkan dengan perlakuan G2. Selang waktu munculnya rambut tongkol pada G1 dan G2 adalah 4 hari. Apabila dilihat dari faktor pemberian kolkisin baik pada G1 dan G2, bunga betina pada perlakuan kontrol (K0) muncul lebih cepat jika dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin (K1 dan K2). Data umur berbunga betina disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21. Data Umur Berbunga Betina pada Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Umur Berbunga Betina (Hst)
1	G1K0	70
2	G1K1	72
3	G1K2	74
4	G2K0	66
5	G2K1	73
6	G2K2	77

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakter Kualitatif

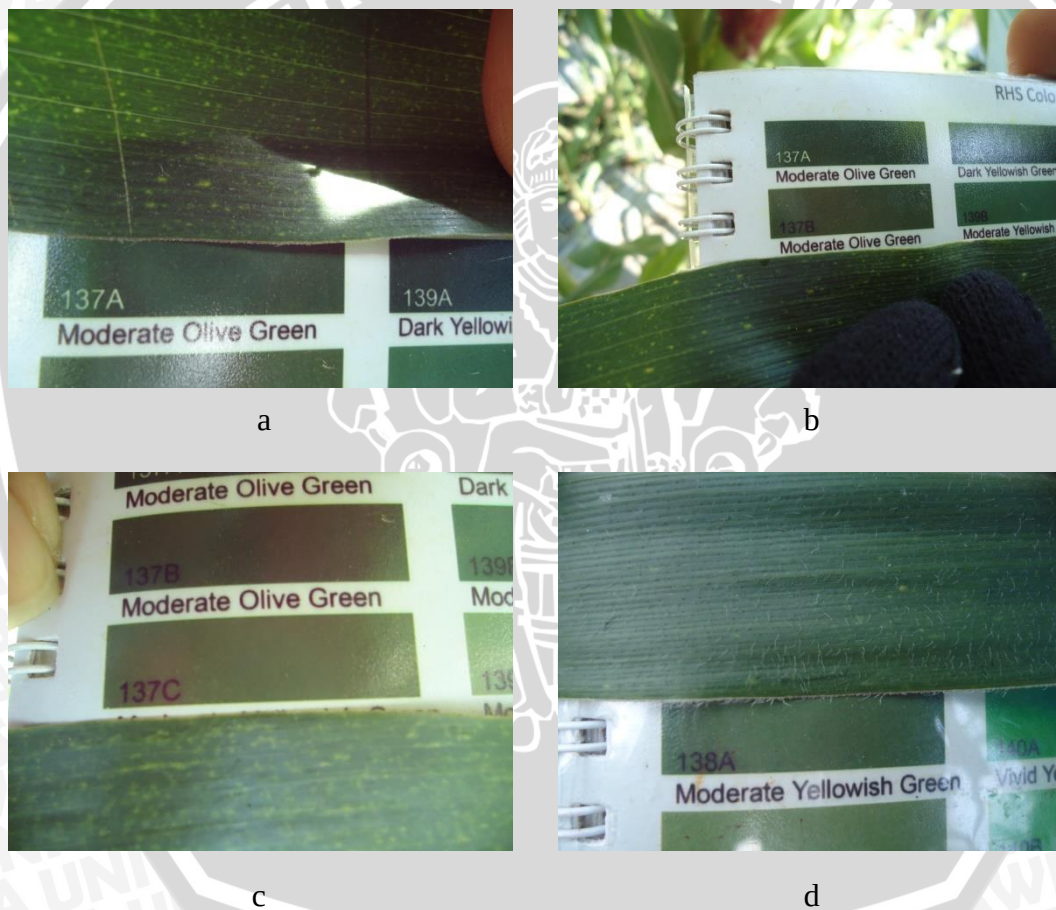
Setiap tanaman memberikan respon yang berbeda-beda terhadap perlakuan kolkisin. Kolkisin dapat menginduksi penggandaan set kromosom, sehingga menghasilkan tanaman poliploid. Dalam keadaan normal bahan genetik setiap makhluk hidup stabil, artinya tidak mengalami perubahan. Akan tetapi karena pengaruh dari luar atau didalam sel itu sendiri, maka dapat terjadi perubahan pada bahan genetik tersebut. Pada umumnya, bila terjadi perubahan bahan genetik dikatakan bahwa makhluk atau sel tersebut mengalami mutasi. Mutasi dibedakan atas mutasi yang sitologis tampak didalam inti sel sebagai perubahan struktur maupun jumlah kromosom, dan mutasi gen yang sitologis tidak tampak namun memperlihatkan pengaruhnya pada fenotip tumbuhan (Sudarka, 2009).

Pada parameter pengamatan warna daun, terjadi keberagaman warna daun pada kedua genotip. Terdapat empat tipe warna daun yang ditemukan di kedua genotip yaitu tipe 137A, 137B, 137C dan 138A (Gambar 3). Pada genotip satu (G1) konsentrasi 0 ppm (K0) terdapat dua tipe warna daun yaitu 137A dan 137B ; konsentrasi kolkisin 400 ppm (K1) terdapat empat tipe warna yaitu 137A, 137B, 138A dan 137C; konsentrasi kolkisin 600 ppm (K2) hanya terdapat satu tipe warna daun yang mendominasi yaitu 137B. Sedangkan pada genotip dua (G2) konsentrasi kolkisin 0 ppm terdapat dua tipe warna daun yaitu 137B dan 138A; konsentrasi kolkisin 400 ppm (K1) dan 600 ppm (K2) terdapat tiga tipe warna daun yaitu 137A, 137B dan 138A. Banyak penelitian yang telah membuktikan bahwa adanya keragaman warna daun pada tanaman yang diberi kolkisin seperti pada kantong semar (Damayanti *et al.*, 2012).

Pada parameter warna daun genotip satu (G1) terjadi penurunan kepekatan warna daun dari konsentrasi 0 ppm sampai 600 ppm. Sedangkan pada genotip dua (G2) terjadi sebaliknya, kepekatan warna daun semakin bertambah dari konsentrasi 0 ppm sampai 600 ppm.

Tanaman poliploid mempunyai ukuran sel lebih besar sehingga ukuran stomata menjadi besar dengan demikian maka kloroplas pada sel penjaga menjadi lebih banyak dan menyebabkan tanaman memiliki warna hijau daun lebih tua (Suharni, 2004 dan Damayanti *et al.*, 2012). Daun ialah organ fotosintesis yang

utama, sehingga menentukan jumlah asimilat yang dihasilkan dan diperlukan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kloroplast pada tanaman berkembang dari struktur mikro yang terdeferensiasi yang disebut proplastid (Haryanti *et al.*, 2009). Menurut Adams *et al* (1970) dalam Haryanti *et al* (2009) menjelaskan bahwa, proplastid ikut membelah selama mitosis. Pada saat benih diperlakukan dengan kolkisin, mitosis pada sel-sel embrio diikuti dengan pembelahan proplastid, meskipun kromosom yang telah mengganda mungkin gagal berpisah pada tahap anaphase akibat rusaknya formasi mikrotubula penyusun benang-benang spindle oleh kolkisin, sehingga menghasilkan tanaman yang mempunyai kadar klorofil yang lebih tinggi.



Gambar 3. Dokumentasi Warna Daun a.) Tipe 137A b.) Tipe 137B c.) Tipe 137C d.) Tipe 138A

Pada genotip satu, warna daun yang diberi kolkisin menjadi lebih muda. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya faktor naungan dan intensitas cahaya matahari. Kandungan klorofil pada tanaman sangat dipengaruhi oleh intensitas

cahaya. Daun tanaman yang ternaungi mempunyai klorofil yang lebih banyak, sedangkan daun yang terkena sinar atau cahaya matahari yang kuat akan tampak berkurang warna hijaunya atau tampak berwarna kekuning-kuningan yang membuat jumlah klorofil b pada daun lebih banyak jika dibandingkan jumlah klorofil a. Hal ini didukung oleh Suharni (2004) yang menyatakan bahwa warna daun pada tanaman jagung dipengaruhi oleh banyaknya klorofil, kandungan unsur N dan sinar atau cahaya matahari. Jika sinar atau cahaya matahari yang diterima lebih banyak maka menyebabkan klorofil berkurang warna hijaunya, klorofil menjadi hijau kekuning-kuningan dan kepekaan setiap spesies tanaman akan berbeda terhadap perlakuan kolkisin.

4.2.2 Karakter Kuantitatif

Perubahan jumlah kromosom pada suatu tanaman dapat menyediakan sumber keragaman genetik. Perubahan ini terjadi dengan penambahan atau pengurangan jumlah kromosom. Penambahan jumlah kromosom dari beberapa tanaman dapat mengubah sifat morfologi atau fisiologi tanaman. Perbedaan-perbedaan ini dapat terlihat dalam ragam fenotip yang muncul di dalam suatu populasi.

Sifat kuantitatif pada tanaman dipengaruhi oleh beberapa gen dan gen-gen tersebut memiliki kontribusi kecil pada penampilan fenotipnya. Perubahan fenotip yang dapat diamati atau diukur penting untuk mendeteksi adanya suatu gen. Alele dari gen harus berbeda agar dapat mengidentifikasi suatu perubahan dalam gen. Apabila alele dari suatu gen tertentu memberikan pengaruh yang hampir sama, maka tidak ada penyimpangan fenotip yang timbul. Berdasarkan hasil pengamatan, perlakuan genotip dan pemberian kolkisin memberikan pengaruh terhadap semua parameter pengamatan.

Jumlah Tanaman Tumbuh

Jumlah tanaman yang tumbuh dari kedua genotip mengalami penurunan. Penurunan ini diduga karena kondisi benih yang tidak vigor, pengaruh pemberian kolkisin dan serangan penyakit yang membuat tanaman menjadi mati pada saat di lahan. Pada umumnya benih yang dibutuhkan bergantung pada kesehatan benih, kemurnian benih dan daya tumbuh benih. Sifat viabilitas dan vigor pada benih

berbeda-beda pada setiap genotip tanaman. Benih yang akan digunakan sebaiknya bermutu tinggi, baik mutu genetik, fisik maupun fisiologinya. Semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada genotip, semakin rendah daya tumbuh dari tanaman tersebut.

Kolkisin merupakan senyawa yang bersifat racun bagi tanaman. Hal ini mengakibatkan biji dan kecambah dengan vigor rendah menjadi mati setelah mendapatkan perlakuan kolkisin. Mutasi sebagian besar bersifat resesif dan menyebabkan kematian pada organisme. Tanaman mutan yang kurang klorofil umumnya tidak dapat hidup. Hal ini didukung oleh Damayanti *et al* (2012), yang menyatakan bahwa kolkisin adalah senyawa mutagen kimia yang dapat menghambat pembentukan benang-benang gelendong yang pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman.

Atichart (2013) juga menjelaskan bahwa kolkisin dapat mempengaruhi morfologi tanaman seperti jumlah daun, jumlah bunga, ukuran tanaman, ukuran bunga dan kadar klorofil pada daun. Selain itu, kolkisin juga dapat menyebabkan efek seperti kemandulan dan pertumbuhan yang abnormal pada morfologi tanaman. Penggunaan konsentrasi yang tinggi dan dalam waktu yang lama akan menyebabkan kematian pada tanaman. Kelangsungan hidup tanaman setelah diberi kolkisin bergantung pada konsentrasi dan durasi lamanya perendaman. Secara umum, konsentrasi yang tinggi dan durasi yang lebih lama dapat mengurangi jumlah tanaman yang tumbuh. Seringkali penampakan akibat mutasi baru muncul setelah generasi selanjutnya yakni M2, V2 atau kelanjutannya. Mutasi induksi menghasilkan beberapa mutan yang berbeda sifat klorofilnya serta dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat dan akhirnya mati. Perubahan sifat pada mutan mencapai 95-98%, umumnya dari sifat dominan ke resesif (Soedjono, 2003).

Perlakuan kolkisin pada konsentrasi yang berbeda-beda memberikan pengaruh pada persentase regenerasi lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol. Ketika kolkisin digunakan pada konsentrasi yang lebih tinggi, tidak ada regenerasi yang diperoleh atau jumlah tanaman yang mati akan lebih banyak. Hasil menunjukkan bahwa adanya hubungan terbalik antara konsentrasi kolkisin dengan tingkat regenerasi. Hasil ini didukung oleh penelitian dari Sajjad *et al*

(2013) dalam Abu-Qaoud dan Munqez (2014) yang menemukan efek negatif dari konsentrasi kolkisin yang tinggi pada regenerasi tunas marigold Afrika. Pertumbuhan terhambat karena berkurangnya laju pembelahan sel yang disebabkan oleh kolkisin. Selain itu, tanaman yang diberi kolkisin akan sulit untuk menyesuaikan diri dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman jagung bervariasi antara 125 cm sampai 250 cm (Wibowo, 2008). Pada hasil penelitian, tinggi tanaman pada kedua genotip (G1 dan G2) memiliki nilai antara 128,80 cm sampai 177,77 cm. Pada parameter tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh perlakuan kolkisin. Genotip dengan perlakuan kolkisin 0 ppm menghasilkan tinggi tanaman tertinggi bila dibandingkan dengan genotip yang diberikan perlakuan kolkisin. Semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada kedua genotip akan memberikan pengaruh terhadap penurunan tinggi tanaman. Perbedaan tinggi tanaman ini sudah dapat diamati saat tanaman berumur 10 hst (Gambar 4).

Kolkisin digunakan dalam proses diploidisasi dan poliploidisasi pada setiap spesies tanaman yang berbeda. Kolkisin telah terbukti berguna untuk melakukan penggandaan jumlah kromosom dari berbagai jenis tanaman, termasuk komoditas pertanian. Alkaloid ini sangat beracun dan menunjukkan aktivitas mutagenik yang tidak diinginkan pada tanaman. Saat ini, pemberian kolkisin dapat diaplikasikan pada meristem apikal, tunas sekunder, anakan atau akar. Umumnya, sekitar 50% dari tanaman yang diberi kolkisin bersifat responsif. Kelemahan dalam penggunaan kolkisin adalah terbentuknya regenerasi kimera, terjadinya aneuploid, kelainan pada pertumbuhan tanaman dan hasil biji yang rendah (Yemets dan Blume, 2008).

Pada beberapa penelitian, pemberian kolkisin dapat menyebabkan ukuran sel tanaman menjadi lebih besar namun tinggi tanaman menjadi lebih pendek. Menurut Nugroho (2002), tinggi tanaman jagung yang pendek dapat meningkatkan daya hasil karena tanaman jagung yang tergolong pendek dapat ditanam pada kerapatan yang tinggi dengan resiko mengalami kerebahan yang kecil. Semua perlakuan mutagenik pada tanaman dapat menyebabkan penurunan karakter morfologi seperti tinggi tanaman, jumlah biji, bobot biji 100 butir, jumlah

daun serta berat segar dan berat kering dalam generasi M1. Tinggi tanaman berkurang dengan peningkatan dosis atau konsentrasi perlakuan mutagenik kimia yang diberikan pada tanaman. Semua karakter morfologi generasi M1 akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi pemberian mutagenik (Gnanamurthy *et al.*, 2012).

Penambahan kelipatan jumlah kromosom memiliki suatu limit yang tidak akan menambah ukuran bagian tanaman. Tanaman jagung oktaploid tampak lebih rendah dan kuat daripada yang tetraploid tetapi bersifat steril. Tipe keragaman pada tanaman seperti tanaman yang menjadi kerdil biasanya berasal dari mutasi tunggal. Semakin tinggi dosis mutagen maka semakin besar kemungkinan terjadinya mutasi, salah satunya mutasi pada pertumbuhan vegetatif tanaman yang semakin jelas berbeda dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Herman *et al.*, 2013).

Perbedaan karakter tinggi tanaman pada tanaman yang diberi kolkisin telah dijelaskan oleh Wright (1976) dalam Abu-Qaoud dan Munqez (2014) yang menjelaskan bahwa induksi tanaman tetraploid tampaknya tumbuh lebih lambat dan tidak normal. Hambatan pertumbuhan ini disebabkan karena adanya perlakuan kolkisin. Hal ini juga di dukung oleh Stebbins (1984) Abu-Qaoud dan Munqez (2014) yang menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan menurun disebabkan oleh kolkisin yang dapat mengurangi laju pembelahan sel.



Gambar 4. Hasil Dokumentasi Tinggi Tanaman 10 hst a.) Genotip Satu b.) Genotip Dua

Karakter Lingkar Batang

Batang tanaman jagung berbentuk bulat silindris dan tidak berlubang tetapi padat dan berisi berkas-berkas pembuluh sehingga makin memperkuat berdirinya batang. Batang jagung beruas-ruas dan pada bagian pangkal batang, beruas cukup pendek dengan jumlah sekitar 8- 20 ruas. Batang tanaman jagung dapat tumbuh membesar dengan diameter sekitar 3-4 cm (Fitriani *et al.*, 2013)

Pada parameter lingkar batang kedua genotip memiliki besar lingkar batang antara 6,88 cm sampai 7,81 cm. Perlakuan kolkisin memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter lingkar batang. Genotip dengan perlakuan kontrol memiliki lingkar batang yang lebih besar bila dibandingkan dengan genotip yang diberikan perlakuan kolkisin. Semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada genotip akan memberikan pengaruh terhadap penurunan lingkar batang.

Lingkar batang mempunyai korelasi yang positif dengan tinggi tanaman, semakin tinggi tanaman akan mempunyai lingkar batang yang semakin besar dan terjadi sebaliknya. Namun menurut Sulistianingsih *et al* (2004), tanaman poliploid yang telah diberi kolkisin biasanya tanaman terlihat lebih kekar, bagian-bagian tanaman menjadi lebih besar (akar, batang, daun, bunga dan buah). Pendugaan awal dari mengecilnya diameter batang setelah diberi kolkisin adalah tidak termutasinya sel-sel menjadi tanaman poliploidi dan atau penampakan sel-sel yang termutasi belum terlihat pada populasi M1 karena banyak sifat tanaman lebih memperlihatkan perbedaan tingkatan fenotip kontinu daripada perbedaan fenotip yang jelas dan tegas. Hal ini didukung oleh pernyataan dari Herman *et al* (2013), seringkali penampilan akibat mutasi baru muncul setelah generasi selanjutnya, yakni M2, V2 atau kelanjutannya.

Mutasi adalah suatu proses dimana suatu gen mengalami perubahan struktur atau segala macam tipe perubahan bahan keturunan yang mengakibatkan perubahan fenotip yang diwariskan dari suatu generasi pada generasi berikutnya. Dengan menggunakan teknik mutasi salah satu sifat dari suatu varietas dapat diperbaiki tanpa merubah sifat yang lainnya. Mutasi juga dapat menimbulkan sifat baru yang tidak dimiliki oleh tanaman induknya (Suliansyah, 2011).

Mutasi dapat menghasilkan individu mutan dengan berbagai tingkat keparahan. Alel yang bermutasi seringkali menyebabkan kerusakan. Mutan

fenotip dapat terjadi dalam waktu yang lama setelah terjadinya mutasi itu sendiri, terutama bila mutasi ini bersifat resesif, seperti kebanyakan mutasi lainnya. Pada kasus ini diperlukan pasangan alel lain yang juga resesif agar efek dari mutasi dapat muncul. Efek mutasi pada fenotip organisme dapat bervariasi mulai dari sesuatu yang kecil dan tak penting hingga sesuatu yang letal (Effendi, 2012).

Menurut Sudarka (2009), mutasi dapat menghambat penampakan dari gen mutan. Mutasi jarang terjadi tetapi dapat menimbun setelah beberapa waktu artinya mutasi dapat terjadi secara berulang-ulang dan bukan merupakan kejadian yang sekali saja. Sebagian besar mutasi adalah resesif dan kurang dari 1% yang bersifat dominan lengkap. Jadi, hampir tidak terlihat pada populasi F1. Hanya bila mutan resesif menjadi homosigot yang dapat dikenal. Secara relatif, proses mutasi dapat menimbulkan perubahan pada sifat-sifat genetis tanaman baik ke arah positif maupun negatif, dan kemungkinan mutasi yang terjadi dapat juga kembali normal (Gnanamurthy *et al.*, 2012).

Karakter Daun

Karakter daun yang diamati meliputi jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Jumlah daun pada tanaman jagung umumnya berkisar antara 10-18 helai. Hal ini tergantung pada varietas dan umur tanaman jagung. Jagung yang berumur genjah memiliki jumlah daun lebih sedikit. Genotip jagung mempunyai keragaman dalam hal panjang dan lebar daun. Lebar helai daun dikategorikan mulai dari sangat sempit (< 5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm) hingga sangat lebar (>11 cm). Sedangkan panjang daun antara 30-150 cm (Subekti, *et al.*, 2005). Luas daun maksimum pada jagung terjadi pada akhir perkembangan vegetatif (Harahap, 2007).

Berbagai metode telah banyak diterapkan dalam melakukan penggandaan kromosom dan yang paling sering digunakan adalah senyawa anti mikrotubulus seperti kolkisin yang dapat menghambat polimerisasi mikrotubulus dengan mengikat tubulin (Murovec dan Borut, 2012). Kolkisin digunakan untuk menghambat terjadinya tahap metafase pada proses mitosis. Kolkisin merupakan alkaloid yang diekstrak dari *Colchicum autumnale* L. yang mengikat dimer tubulin dan menghasilkan pembentukan kompleks tubulin (Caperta *et al.*, 2006). Pemberian kolkisin memberikan pengaruh terhadap penurunan jumlah daun.

Pembelahan sel yang lambat akibat pemberian kolkisin dapat menyebabkan pembentukan dan perkembangan primordial daun yang lambat (Haryanti *et al.*, 2009).

Daun sangat berperan dalam proses fotosintesis sehingga jumlah daun, panjang daun dan lebar daun berpengaruh terhadap proses fotosintesis, semakin banyak daun dan semakin luas permukaan daun maka proses fotosintesis akan berjalan semakin optimal. Wibowo (2008), menyatakan bahwa semakin luas daun tanaman jagung maka penambahan CO₂ untuk berfotosintesis semakin meningkat sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Kolkisin bersifat sebagai racun dapat mengganggu proses mitosis yang terjadi di dalam sel. Larutan kolkisin dengan konsentrasi yang kritis dapat menyebabkan penggandaan kromosom. Tidak ada ukuran tertentu mengenai besarnya konsentrasi kolkisin yang harus digunakan serta mengenai lamanya waktu perlakuan. Keduanya tergantung dari bahan yang akan digunakan.

Genotip dengan perlakuan kolkisin 0 ppm memiliki rata-rata jumlah daun, panjang daun dan lebar daun lebih tinggi jika dibandingkan dengan genotip yang diberikan perlakuan kolkisin. Semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada genotip akan memberikan pengaruh terhadap penurunan jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Mutasi akibat kolkisin tidak hanya memberikan dampak perubahan jumlah dan ukuran yang lebih besar dibandingkan kontrolnya, namun juga dapat berdampak pada penyusutan ukuran daun (Herman *et al.*, 2013).

Tanaman yang diberi zat kimia kolkisin akan memiliki ukuran daun lebih besar. Namun pada penelitian ini, tanaman yang diberi kolkisin menunjukkan jumlah daun yang lebih sedikit serta panjang dan lebar daun lebih kecil jika dibandingkan dengan tanaman jagung yang tidak diberi perlakuan kolkisin. Hal ini diduga karena perubahan morfologi pada tanaman akibat pemberian kolkisin sangat bervariasi. Setiap tanaman memiliki respon yang berbeda-beda apabila diberi perlakuan kolkisin. Kolkisin yang diberikan pada tanaman tidak mempengaruhi semua sel tanaman, tetapi hanya sebagian sel saja dan masuknya zat kimia kolkisin ke dalam sel tanaman tidak dalam waktu yang bersamaan. Adanya pengaruh yang berbeda pada sel tanaman disebabkan kolkisin hanya

efektif pada sel tanaman yang sedang aktif membelah. Pengaruh perlakuan kolkisin sering terlambat karena mutasi mungkin tidak tampak pada sel organisme yang diperlakukan.

Perlakuan kolkisin pada bibit jagung memungkinkan terjadinya penggandaan kromosom namun sering memberikan efek negatif seperti mortalitas tinggi dan pertumbuhan yang abnormal. Dengan meningkatkan konsentrasi kolkisin akan menimbulkan penyimpangan morfologi dan kromosom yang diamati. Tanaman yang diberi kolkisin akan menunjukkan variasi karakter agronomi seperti tinggi tanaman, panjang tongkol, waktu berbunga jantan dan waktu berbunga betina yang berbeda-beda. Morfologi yang abnormal pada tanaman jagung seperti tinggi tanaman yang pendek dengan beberapa daun yang sempit (Mohammadi *et al.*, 2007).

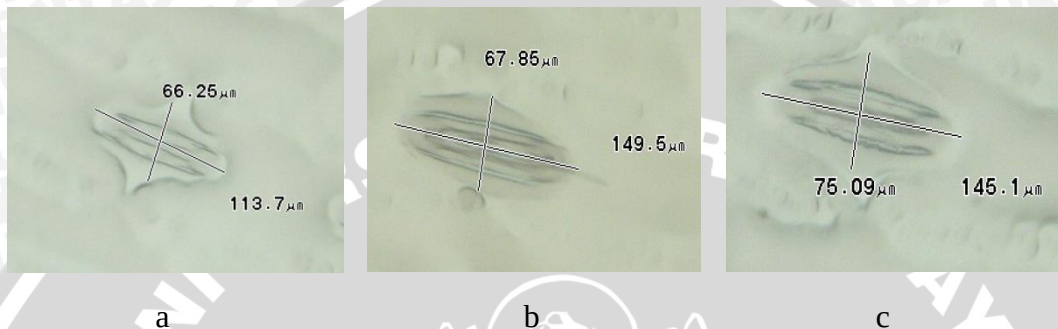
Karakter Stomata

Pengamatan pada karakter stomata meliputi jumlah stomata tiap satuan bidang pandang ($689,9 \mu\text{m} \times 513,9 \mu\text{m}$), panjang stomata dan lebar stomata yang dihitung pada perbesaran 400x.

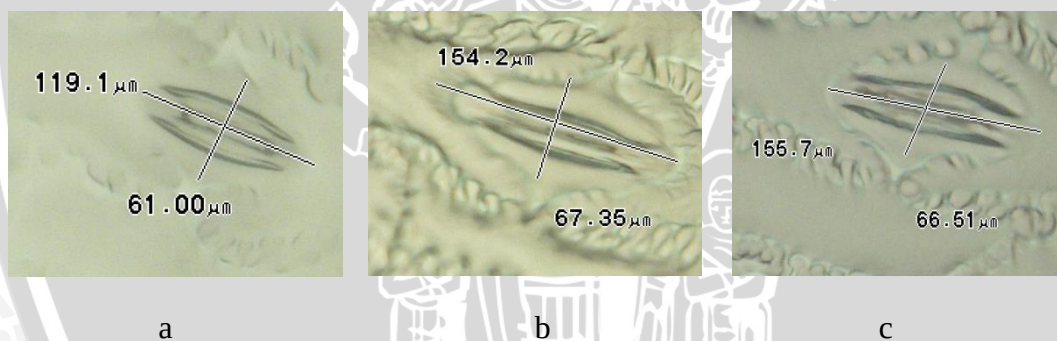
Stomata adalah lubang kecil yang berbentuk lonjong dan dikelilingi oleh dua sel penjaga yang berfungsi untuk pertukaran gas di atmosfer. Stomata memiliki ruang antarsel yang berada di jaringan mesofil dibawah epidermis yang disebut rongga substomata yang memiliki fungsi ganda untuk fotosintesis dan transpirasi. Tipe oat adalah tipe penyebaran stomata pada daun jagung dimana stomata tersebar sama banyak pada sisi atas maupun pada sisi bawah daun. Pada umumnya, stomata tumbuhan membuka pada saat matahari terbit dan menutup saat hari gelap sehingga memungkinkan masuknya CO_2 yang diperlukan untuk fotosintesis pada siang hari (Dalimunthe, 2004). Hal ini yang menjadi dasar dalam pengamatan karakter stomata daun jagung. Jumlah stomata, panjang stomata dan lebar stomata di amati pada saat stomata dalam kondisi membuka.

Perlakuan kolkisin sangat memberikan pengaruh terhadap parameter jumlah stomata, panjang stomata dan lebar stomata. Genotip dengan perlakuan kolkisin 0 ppm memiliki rata-rata jumlah stomata lebih banyak bila dibandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin. Sedangkan untuk parameter panjang stomata dan lebar stomata, perlakuan kolkisin 0 ppm memiliki rata-rata panjang dan lebar

stomata lebih kecil jika di bandingkan dengan perlakuan yang diberi kolkisin. Semakin banyak jumlah stomata tiap satuan bidang pandang, semakin kecil rata-rata panjang dan lebar stomata. Sedangkan pengaruh pemberian kolkisin terhadap karakter stomata, semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada tanaman akan memberikan pengaruh terhadap pengurangan jumlah stomata serta penambahan ukuran panjang dan lebar daun (Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 5. Hasil Dokumentasi Stomata Genotip Satu a.) Kolkisin 0 ppm b.) Kolkisin 400 ppm c.) Kolkisin 600 ppm



Gambar 6. Hasil Dokumentasi Stomata Genotip Dua a.) Kolkisin 0 ppm b.) Kolkisin 400 ppm c.) Kolkisin 600 ppm

Efek yang ditimbulkan kolkisin pada tanaman bersifat spesifik (Cowan dan Zacheus, 2002). Penggunaan kolkisin dapat meningkatkan jumlah kromosom sebelum terjadi penggandaan. Poliploidi ialah keadaan dimana individu memiliki lebih dari dua genom. Tanaman poliploidi mempunyai jumlah kromosom lebih banyak daripada tanaman diploidnya dan tanaman akan terlihat lebih kekar, bagian-bagian tanaman menjadi lebih besar, sel-selnya lebih besar, inti sel lebih besar, buluh-buluh pengangkut mempunyai diameter lebih besar dan stomata lebih besar. Damayanti *et al* (2012) melaporkan bahwa ukuran stomata dapat

mengindikasikan tingkat ploidi dimana semakin besar ukuran stomata maka semakin tinggi tingkat ploidi.

Pemberian perlakuan kolkisin dengan berbagai konsentrasi pada tanaman jagung membuat tanaman tersebut bersifat poliploid. Stomata yang memiliki ukuran besar akan membuat jumlah stomata daun dalam satu kesatuan luas jaringan epidermis daun menjadi berkurang. Tanaman yang memiliki ukuran stomata yang lebih besar dapat meningkatkan proses fotosintesis.

Karakter Bunga

Karakter bunga yang diamati meliputi umur berbunga jantan dan umur berbunga betina. Pada parameter umur berbunga jantan, malai yang muncul paling cepat adalah perlakuan yang tidak diberi kolkisin yaitu 62 hst. Sedangkan malai yang muncul paling lambat adalah perlakuan yang diberi kolkisin dengan konsentrasi 600 ppm yaitu 73 hst. Umur berbunga betina diamati pada saat muncul rambut pada tongkol. Rambut yang muncul paling cepat terjadi pada perlakuan yang tidak diberi kolkisin yaitu 66 hst. Sedangkan rambut pada tongkol yang muncul paling lambat terdapat pada perlakuan yang diberi konsentrasi kolkisin 600 ppm yaitu 77 hst.

Pada pengamatan karakter bunga, bunga jantan pada jagung lebih dahulu muncul, kemudian diikuti oleh munculnya bunga betina. Bunga jantan muncul 4 hari sebelum rambut bunga betina muncul. Menurut Subekti *et al* (2005) fase *tasseling* (berbunga jantan) pada tanaman jagung biasanya berkisar antara 45-52 hst dan bunga jantan muncul 1-3 hari sebelum rambut bunga betina muncul (*silking*). Tanaman yang diberi mutagen kimia menghasilkan sejumlah efek fisiologis dan morfologi yang berbeda jika dibandingkan dengan tanaman kontrolnya. Semua mutagen dapat menunda munculnya bunga jantan/fase *tasseling* selama 4-8 hari pada tanaman. Dosis yang lebih tinggi dari mutagen membuat tanaman membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memasuki fase *tasseling* (Gnanamurthy *et al.*, 2012).

Pada perlakuan yang diberi kolkisin, munculnya bunga jantan dan bunga betina memiliki umur yang lebih panjang jika dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diberi kolkisin. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi kolkisin yang diberikan kepada tanaman jagung maka semakin panjang atau lama munculnya

bunga jantan dan bunga betina pada tanaman tersebut. Perbedaan waktu berbunga jantan dan berbunga betina pada tanaman, di duga adanya pengaruh pemberian kolkisin yang menyebabkan tanaman menjadi bersifat poliploid. Hal ini didukung oleh Sofia (2007) yang menyatakan bahwa tanaman poliploid biasanya memiliki masa vegetatif yang lebih panjang dari pada tanaman diploidnya. Masa vegetatif yang lebih panjang ini membuat waktu berbunga jantan dan berbunga betina pada tanaman jagung menjadi lebih lama atau lebih panjang. Penyebab masa vegetatif yang panjang ini diduga karena hasil fotosintat pada daun yang dihasilkan pada waktu fase vegetatif, selain digunakan untuk pertumbuhan menuju fase generatif juga digunakan untuk organ tanaman lainnya sehingga terjadi kompetisi di dalam tubuh tanaman itu sendiri. Banyak penelitian yang menyatakan bahwa tanaman yang diberi konsentrasi kolkisin tinggi akan menunjukkan penyimpangan pada morfologi dan kromosom serta kelainan organ reproduksi (Mohammadi *et al.*, 2007).



5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan pada beberapa karakter fenotip galur inbrida jagung pakan/*yellow corn* pada fase vegetatif antara tanaman kontrol dengan tanaman yang diberikan perlakuan kolkisin.
2. Perbedaan fenotip akibat perlakuan kolkisin terjadi pada karakter jumlah tanaman yang tumbuh mengalami penurunan, terjadi pemendekan tinggi tanaman, lingkaran batang menjadi lebih kecil, jumlah stomata menjadi lebih sedikit, panjang stomata dan lebar stomata menjadi semakin besar, jumlah daun berkurang, warna daun menjadi lebih tua, waktu muncul bunga jantan dan bunga betina menjadi lebih lama .
3. Hasil ini dapat dijadikan sebagai acuan awal untuk melakukan pendugaan bahwa tanaman yang diberi kolkisin efektif mempengaruhi mutasi atau merubah ploidi jagung.

5.2 Saran

1. Proses budidaya tanaman jagung harus lebih diperhatikan terutama dalam hal pemupukan agar tanaman tumbuh dengan baik.
2. Perlu adanya uji lanjut berupa studi kromosom untuk mengetahui penggandaan kromosom yang terjadi di dalam sel yang akan digunakan untuk memastikan bahwa zat kimia kolkisin yang mempengaruhi perubahan penampilan fenotip pada tanaman.
3. Tanaman yang termutasi akibat pengaruh pemberian kolkisin disarankan untuk selanjutnya diuji dan diseleksi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Qaoud, H and Munqez J. Y. S. 2014. The Effect of Colchicine on Adventitious Shoot Regeneration From Cultured Leaf Explants of *Petunia Hybrida*. Department of Plant Production and Protection. Faculty of Agriculture. An-Najah National University. Palestine. Science International. 4 (5): 531-540.
- Alatas, Z. 2006. Efek Pewarisan Akibat Radiasi Pengion. PTKMR BATAN. Buletin ALARA. 8 (2): 1-16.
- Alif, M.D. 2008. Pola Pewarisan Beberapa Karakter Kualitatif dan Kuantitatif Pada Cabai (*Capsicum annuum* L.). Program Studi Pemuliaan Tanaman Dan Teknologi Benih. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Skripsi. : 1-34.
- Anggraito, Y.U. 2004. Identifikasi Berat, Diameter dan Tebal Daging Buah Melon (*Cucumis melo* L.) Kultivar Action 434 Tetraploid Akibat Perlakuan Kolkisin. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. Berk. Penel. Hayati. 10: 37-42.
- Anonymous. 2006. Badan Tenaga Atom Nasional. Kelompok Pemuliaan Tanaman. <http://www.batan.go.id/p3tir/pertanian/pemuliaan/pemuliaan.htm>.
- _____. 2013. Badan Pusat Statistik. Data Produksi Tanaman Pangan Jagung. <http://www.bps.go.id/>.
- Atichart, P. 2013. Polyploid Induction by Colchicine Treatments and Plant Regeneration of *Dendrobium chrysotoxum*. Department of Biology. Faculty of Science. Mahasarakham University. Thailand. Thai Journal of Agricultural Science. 46 (1): 59-63.
- Azrai, M. 2005. Pemanfaatan Markah Molekuler Dalam Proses Seleksi Pemuliaan Tanaman. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. Jurnal AgroBiogen. 1 (1): 26-37.
- Caperta A. D., M. Delgado, F. Ressurreicao, A. Meister, R.N. Jones, W. Viegas and A. Houben. 2006. Colchicine Induced Polyploidization Depends on Tubulin Polymerization in C-Metaphase Cells. Austria. Protoplasma. : 1-7.
- Cowan, C.R and W. Zacheus Cande. 2002. Meiotic Telomere Clustering is Inhibited by Colchicine But Does Not Require Cytoplasmic Microtubules. Department of Plant and Microbial Biology and Department of Molecular and Cell Biology. University of California, USA. Journal of Cell Science. 115 (19): 3747-3756.

- Dalimunthe, A. 2004. Stomata, Biosintesis, Mekanisme Kerja dan Peranannya Dalam Metabolisme. Program Studi Kehutanan. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. : 1-6.
- Damayanti, F., Ika Roostika dan Samsurianto. 2012. Induksi Keragaman Somaklonal Tanaman Kantong Semar (*Nepenthes mirabilis*) Dengan Mutagen Kimia Kolkisin Secara In Vitro. Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS. : 583-588.
- Datta, S.K. 2009. Mutation Induction and Breeding of Ornamental and Vegetatively Propagated Plants. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. : 253-256.
- Effendi, S.H dan Ridha K.T. 2012. Kode Genetik dan Mutasi. Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. Bandung. : 1-9.
- Fitriani, E. R., Ruslan Wirosodarmo, J. Bambang Rahadi W dan Ary Mustofa A. 2013. Pengaruh Aplikasi Sludge Dari Biodigester Berbahan Kotoran Sapi Di Lahan Kering Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan. : 26-30.
- Gnanamurthy S., Dhanavel D., Girija M., Pavadai P and Bharathi, T. 2012. Effect of Chemical Mutagenesis on Quantitative Traits of Maize (*Zea mays* L.). Division of Cytogenetics and Plant Breeding. Department of Botany. Annamalai University. India. International Journal of Research in Botany. 2(4): 34-36.
- Hamidah, D.N. 2011. Peranan Karakter Komponen Produksi Terhadap Produksi Jagung Dalam Upaya Memperoleh Karakter Penyeleksi. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember. Skripsi. : 1-60.
- Harahap, H. 2007. Pola Pertumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.) Pada Musim Kering Terhadap Perbedaan Waktu Tanam. Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan. Skripsi. : 1-71.
- Haryanti S., Rini Budi Hastuti, Nintya Setiari dan Agung Banowo. 2009. Pengaruh Kolkisin Terhadap Pertumbuhan, Ukuran Sel Metafase Dan Kandungan Protein Biji Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L) Wilczek). Jurusan Biologi FMIPA. Universitas Diponegoro Semarang. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi. 10 (2): 112-120.
- Herman, Irma Natalina M dan Dewi Indriyani Roslim. 2013. Pengaruh Mutagen Kolkisin Pada Biji kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Terhadap Jumlah Kromosom dan Pertumbuhan. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Riau. Pekanbaru. Jurnal BioETI. : 13-20.
- Hodgkin, J. 2005. Karyotype, Ploidy and Gene Dosage. Genetics Unit. Department of Biochemistry. University of Oxford. United Kingdom.

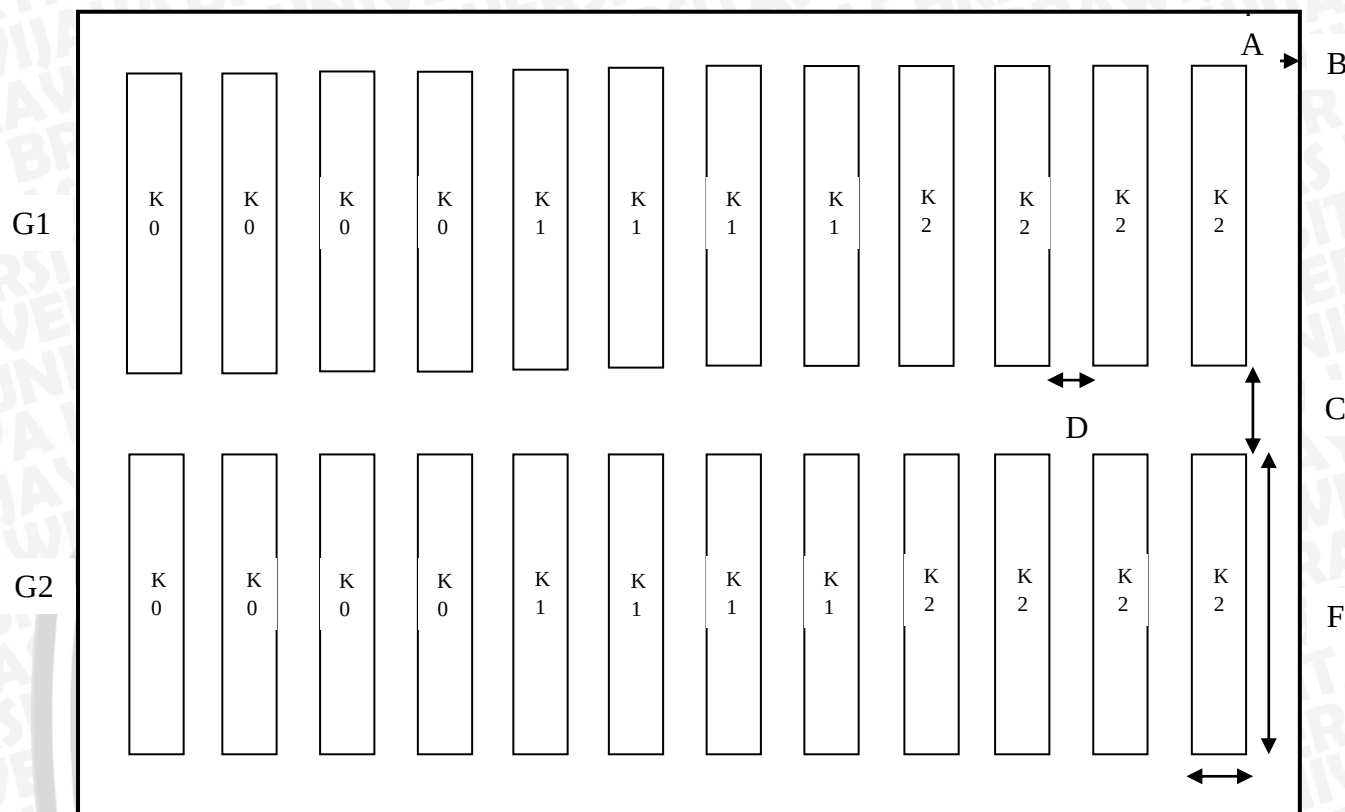
- Irawaty, R. 2010. Botani dan Morfologi Tanaman Jagung. Universitas Sumatera Utara. Jurnal. : 1-9.
- Iriany, R. N., M. Yasin H.G dan Andi Takdir M. 2007. Asal, Sejarah, Evolusi dan Taksonomi Tanaman Jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. : 1-15.
- Kadi, A. 2007. Manipulasi Poliploid untuk Memperoleh Jenis Baru yang Unggul. Bidang Sumberdaya Laut. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. Oseana. 32 (4): 1 - 11.
- Kustanto, H., Nur Basuki, A. N. Sugiharto and A. Kasno. 2012. Genetic Diversities In The Sixth - Generation Of Selection (S6) Of Some Inbred Lines Of Maize Based On The Phenotypic Characters And SSR. Journal of Agricultural Science Agrivita. 2 (34):127-135.
- Mei Guo, Doug Davis and James A. Birchler. 1996. Dosage Effect on Gene Expression in a Maize Ploidy Series. Division of Biological Sciences. University of Missouri. Columbia. Genetics Society of America. 142: 1349-1355.
- Mohammadi, P.P., Ahmad Moieni and Mokhtar J.J. 2007. Colchicine Induced Embryogenesis and Doubled Haploid Production in Maize (*Zea mays* L.) Anther Culture. Department of Plant Breeding. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. Iran. Iranian Journal of Biotechnology. 5 (3): 140-146.
- Murovec, J and Borut B. 2012. Plant Breeding, Haploids and Doubled Haploids in Plant Breeding. Biotechnical Faculty. University of Ljubljana. Slovenia. p. 87-106.
- Murti, R.H., Triasih Kurniawati dan Nasrullah. 2002. Pola Pewarisan Sifat Buah Tomat. Jurnal. Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Gajahmada. Yogyakarta. : 1-13.
- Nugroho, D. 2002. Evaluasi Karakterisasi Empat Genotip Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt) Di Kebun Percobaan IPB Cikabayana, Bogor. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Skripsi. : 1-41.
- Osborn, T.C., J. Chris Pires, James A. Birchler, Donald L. Auger, Z. Jeffery Chen, Hyeon Se Lee, Luca Comai, Andreas Madlung, R.W. Doerge, Vincent Colot and Robert A. Martienssen. 2003. Understanding Mechanisms of Novel Gene Expression in Polyploids. USA. Trends Genet. 19 (3): 141-147.
- Prasanna, B.M., Vijay Chaikam and George Mahuku (eds). 2012. Doubled Haploid Technology in Maize Breeding. Theory and Practice. Mexico. D.F. International Maize and Wheat Improvement Center. CIMMYT. : 24-29.
- Qian, W and Jianzhi Zhang. 2008. Gene Dosage and Gene Duplicability. Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Michigan. Genetics. 179: 2319-2324.

- Rukmana, R. 1997. Usaha Tani Jagung. Kanisius. Yogyakarta.
- Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal Dalam Pemuliaan Tanaman. Balai Penelitian Tanaman Hias. Jawa Barat. Jurnal Litbang Pertanian. 22 (2): 70-78.
- Sofia, D. 2007. Respon Pertumbuhan Dan Produksi Mentimun (*Cucumis sativus* L.). Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. USU Repository. : 1-20.
- Subekti N.A., Syafruddin, Roy Efendi dan Sri Sunarti. 2005. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. : 16-28.
- Sudarka, W. 2009. Pemuliaan Kelainan Genetik Dan Sitogenetika Pada Tanaman. Fakultas Pertanian. Universitas Udayana. Bali. : 1-35.
- Sudika, Idris dan E. Listiana. 2012. Pembentukan Varietas Unggul Jagung Tahan Kering dengan Hasil, Berangkasan Segar Tinggi, Umur Genjah (Tahun I: Hibridisasi dan Seleksi Massa Secara Independent Culling Level). Program Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram. : 6-11.
- Sufiani, R. 2002. Evaluasi Karakteristik Empat Genotipe Jagung Manis Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) Badan Penelitian IPB. Bogor. Skripsi. : 1-39.
- Suharni, S. 2004. Evaluasi Morfologi, Anatomi, Fisiologi dan Sitologi Tanaman Rumput Pakan Yang Mendapat Perlakuan Kolkisin. Program Studi Magister Ilmu Ternak Program Pasca Sarjana Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. Tesis. : 1-64.
- Suliansyah, I. 2011. Perbaikan Padi Lokal Sumatera Barat Melalui Pemuliaan Mutasi. Program Studi Agroekoteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang. Jurnal Seminar Nasional Reformasi Pertanian Terintegrasi Menuju Kedaulatan Pangan. : 1-11.
- Sulistianingsih, R., Suyanto Z.A dan Noer Anggia E. 2004. Peningkatan Kualitas Anggrek Dendrobium Hibrida Dengan Pemberian Kolkisin. Fakultas Pertanian UPN Veteran Yogyakarta. Jurnal Ilmu Pertanian. 11 (1): 13-21.
- Sunarlim, N., Syukria Ikhsan Zam dan Joko Purwanto. 2012. Pelukaan Benih dan Perendaman Dengan Atonik Pada Perkecambahan Benih dan Pertumbuhan Tanaman Semangka Non Biji (*Citrullus vulgaris* Schard L.). Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Jurnal Agroteknologi. 2 (2): 29-32.
- Sutopo, L. 1992. Teknologi Benih. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Vanous, A.E. 2011. Optimization of Doubled Haploid Production in Maize (*Zea mays* L.). Thesis. Plant Breeding. Iowa State University. : 1-108

- Wibowo, W. 2008. Kajian Tingkat Populasi dan Konsentrasi Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Jagung Hibrida *zea mays* L. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Tesis. : 1-66
- Widura, A.R dan Aida Wulansari. 2011. Pengaruh Induksi Mutasi Iradiasi Sinar Gamma Pada Beberapa Tanaman. Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman. Departemen AGH. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Skripsi. : 1-15.
- Wiendra, S., Made Pharmawati dan Ni Putu Adriani Astiti. 2011. Pemberian Kolkisin Dengan Lama Perendaman Berbeda Pada Induksi Poliploidi Tanaman Pacar Air (*Impatiens balsamina* L.). Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Udayana. Bali. Jurnal Biologi. 15 (1): 9-14.
- Yemets, A.I and Y.B. Blume. 2008. Progress in Plant Polyploidization Based on Antimicrotubular Drugs. Departement of Genomics and Biotechnology. Institute of Cell Biology and Genetic Engineering. National Academy of Sciences of Ukraine. The Open Horticulture Journal. 1: 15-20.
- Zakariah, M.A. 2012. Budidaya Hijauan Pakan Dan Pastura, Pengaruh Dosis Pemupukan Urea Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Serta Kecernaan Hijauan Jagung. Program Pasca Sarjana Fakultas Peternakan Universitas Gajahmada. Yogyakarta. Skripsi. : 1-23.



Lampiran 1. Denah Lahan Penelitian

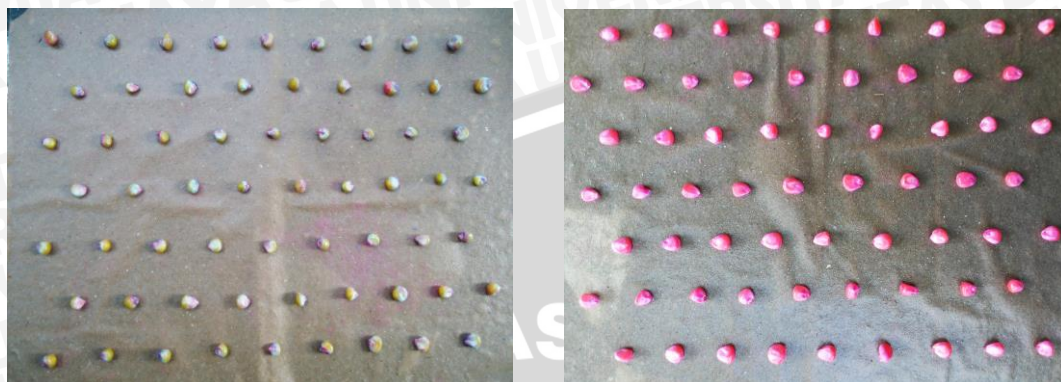


Keterangan :

- A : 40 cm
- B : 40 cm
- C : 40 cm
- D : 40 cm
- E : 1,15 m
- F : 3,2 m
- G : 20 cm
- H : 75 cm
- I : 20 cm
- J : 20 cm

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

Proses Induksi Kolkisin



a

b

Gambar 7. Peletakan Benih Jagung Diatas Kertas Merang a.) Genotip 1 (SJB) b.) Genotip 2 (SF)



Gambar 8. Uji Viabilitas UKDdp



Gambar 9. Pembuatan Larutan Kolkisin



Gambar 10. Kecambah Siap Diinduksi Kolkisin



Gambar 11. Pemotongan Ujung Tunas



Gambar 12. Pemotongan Ujung Akar



Gambar 13. Perendaman Kecambah Jagung kedalam Larutan Kolkisin



Gambar 14. Persemaian berumur 7 hst



Ganbar 15. Tanaman berumur 33 hst



a



b



c

Gambar 16. Individu Tanaman Jagung Genotip 1 (68 hst) a.) Kolkisin 0 ppm b.) Kolkisin 400 ppm c.) Kolkisin 600 ppm



a



b



c

Gambar 17. Individu Tanaman Jagung Genotip 2 (68 hst) a.) Kolkisin 0 ppm b.) Kolkisin 400 ppm c.) Kolkisin 600 ppm

Lampiran 3. Analisis Varian

Tabel 22. Analisis Varian Tinggi Tanaman (cm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	296,101	98,700	3,584*	3,29	5,42
Perlakuan	5	7065,325	1413,065	51,312**	2,90	4,56
Genotip (G)	1	4699,241	4699,241	170,642**	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	2266,822	1133,411	41,157**	3,68	6,36
G x K	2	99,262	49,631	1,802 ^{tn}	3,68	6,36
Galat	15	413,079	27,539			
Total	23	7774,51				

Tabel 23. Analisis Varian Lingkar Batang (cm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	0,194	0,065	0,555 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	2,748	0,549	4,697**	2,90	4,56
Genotip (G)	1	0,774	0,774	6,627*	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	1,140	0,570	4,882*	3,68	6,36
G x K	2	0,834	0,417	3,571 ^{tn}	3,68	6,36
Galat	15	1,752	0,117			
Total	23	4,694				

Tabel 24. Analisis Varian Jumlah Daun (helai)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	0,385	0,128	0,416 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	16,923	3,384	10,989**	2,90	4,56
Genotip (G)	1	7,370	7,370	23,941**	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	7,702	3,851	12,510**	3,68	6,36
G x K	2	1,851	0,925	3,006 ^{tn}	3,68	6,36
Galat	15	4,618	0,308			
Total	23	21,926				

Tabel 25. Analisis Varian Panjang Daun (cm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	50,836	16,945	1,238 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	367,454	73,491	5,369 ^{**}	2,90	4,56
Genotip (G)	1	271,825	271,825	19,858 ^{**}	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	83,484	41,742	3,049 ^{tn}	3,68	6,36
G x K	2	12,145	6,073	0,444 ^{tn}	3,68	6,36
Galat	15	205,324	13,688			
Total	23	623,614				

Tabel 26. Analisis Varian Lebar Daun (cm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	0,767	0,256	3,365 [*]	3,29	5,42
Perlakuan	5	23,587	4,717	62,071 ^{**}	2,90	4,56
Genotip (G)	1	22,932	22,932	301,726 ^{**}	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	0,081	0,040	0,531 ^{tn}	3,68	6,36
G x K	2	0,574	0,287	3,778 [*]	3,68	6,36
Galat	15	1,140	0,076			
Total	23	25,494				

Tabel 27. Analisis Varian Jumlah Stomata

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	1,255	0,418	0,777 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	58,357	11,671	21,654 ^{**}	2,90	4,56
Genotip (G)	1	1,260	1,260	2,340 ^{tn}	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	48,826	24,413	45,333 ^{**}	3,68	6,36
G x K	2	8,271	4,135	7,679 ^{**}	3,68	6,36
Galat	15	8,078	0,539			
Total	23	67,69				

Tabel 28. Analisis Varian Panjang Stomata (μm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	41,943	13,981	0,838 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	4238,498	847,699	50,8 ^{**}	2,90	4,56
Genotip (G)	1	109,910	109,910	6,587 [*]	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	3897,481	1948,740	116,781 ^{**}	3,68	6,36
G x K	2	231,107	115,553	6,925 ^{**}	3,68	6,36
Galat	15	250,307	16,687			
Total	23	4530,748				

Tabel 29. Analisis Varian Lebar Stomata (μm)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F.Tab	
					5%	1%
Ulangan	3	25,160	8,387	0,613 ^{tn}	3,29	5,42
Perlakuan	5	254,291	50,858	3,717 [*]	2,90	4,56
Genotip (G)	1	10,884	10,884	0,796 ^{tn}	4,54	8,68
Kolkisin (K)	2	201,999	101,000	7,382 ^{**}	3,68	6,36
G x K	2	41,408	20,704	1,513 ^{tn}	3,68	6,36
Galat	15	205,215	13,681			
Total	23	484,666				