

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Temulawak

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) mempunyai klasifikasi sebagai berikut Kingdom : Plantae, Divisi : Spermatophyta, Sub Divisi : Angiospermae, Kelas : Monocotyledonae, Ordo : Zingiberales, Famili : Zingiberaceae, Genus : *Curcuma*, Spesies : *Curcuma xanthorrhiza* Roxb (Supriadi, 2008). Temulawak merupakan tanaman asli Indonesia yang termasuk dalam jenis temu-temuan yang digunakan sebagai bahan baku obat tradisional. Selain itu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pewarna, bahan baku industri (kosmetika), serta makanan ataupun minuman segar. Temulawak lebih produktif pada lingkungan terbuka yang terkena sinar matahari langsung serta dapat tumbuh di dataran rendah sampai tinggi, namun untuk mencapai hasil yang maksimal sebaiknya ditanam pada ketinggian 200-00 mdpl (Dalimartha, 2004).



(a)

(b)

Gambar 1. Temulawak (a) Eksplan temulawak dan (b) Rimpang temulawak

Temulawak termasuk dalam jenis tanaman terna tahunan (*perennial*) yang tumbuh merumpun dengan batang semu yang tumbuh dari rimpangnya dengan tinggi dapat mencapai 2 m. Batang semu ini berasal dari tumpukan pelepah-pelepah daun yang saling menutup membentuk batang dengan jumlah daun sekitar 2-9 helai tiap tanaman. Kriteria daun temulawak berbentuk bulat memanjang atau lanset, panjang 31-84 cm, lebar 10-18 cm, berwarna hijau, pada sisi kiri dan kanan

ibu tulang daun terdapat semacam pita memanjang berwarna merah keunguan. Bunga temulawak termasuk tipe *exantha*, yaitu jenis temu yang bunganya keluar langsung dari rimpang yang panjangnya mencapai 40-60 cm. Bunganya majemuk berbentuk bulir, bulat panjang, panjang sekitar 9-23 cm, lebar 4-6 cm. Bunga muncul secara bergiliran dari kantong-kantong daun pelindung yang besar dan beraneka ragam dalam warna dan ukurannya. Mahkota bunga berwarna merah. Bunga mekar pada pagi hari dan berangsur-angsur layu pada sore hari. Sampai saat ini, belum dilaporkan bahwa temulawak menghasilkan buah dan biji. Rimpang dibedakan menjadi dua, yakni rimpang induk (empu) dan rimpang cabang. Rimpang induk berbentuk jorong atau gelendong, berwarna kuning tua atau coklat kemerahan, bagian dalam berwarna jingga coklat. Sedangkan rimpang cabang keluar dari rimpang induk, ukurannya lebih kecil, tumbuhnya ke arah samping, bentuknya bermacam-macam, dan warnanya lebih muda. Akar-akar di bagian ujung membengkak, membentuk umbi yang kecil. Temulawak memiliki rimpang yang paling besar di antara semua rimpang marga *Curcuma*. Rimpang dipanen jika bagian-bagian tanaman yang ada di atas tanah sudah mulai kering dan mati. Biasanya sekitar 9-24 bulan (Dalimartha, 2004).

Sebagai obat tradisional, temulawak dapat digunakan sebagai bahan obat utama (*remedium cardinale*), bahan obat penunjang (*remedium adjuvans*), pemberi warna (*corrigentia coloris*) maupun sebagai penambah aroma (*corrigentia odoris*). Rimpang temulawak memiliki bau aromatik yang tajam, rasanya pahit agak pedas. Temulawak memiliki khasiat laktagoga, kolagoga, antiinflamasi, tonikum, dan diuretik. Minyak atsiri temulawak, juga berkhasiat fungistatik pada beberapa jenis jamur dan bakteriostatik pada mikroba *Staphylococcus* sp. dan *Salmonella* sp. Aktivitas kolagoga rimpang temulawak ditandai dengan meningkatnya produksi dan sekresi empedu yang bekerja kolekinetik dan koleretik. Kerja kolekinetik dilakukan oleh fraksi kurkuminoid, sedangkan kerja koleretik dilakukan oleh komponen dari fraksi minyak atsiri (Dalimartha, 2004).

Kandungan kimia temulawak terdiri dari fraksi pati, kurkuminoid, dan minyak atsiri (3-12%). Fraksi pati merupakan kandungan terbesar dengan jumlah bervariasi antara 48-54% tergantung dari ketinggian tempat tumbuh. Semakin

tinggi tempat tumbuh maka kadar patinya semakin rendah dan kadar minyak atsirinya semakin tinggi. Pati temulawak terdiri dari abu, protein, lemak, karbohidrat, serat kasar, kurkuminoid, kalium, natrium, kalsium, magnesium, besi, mangan, dan kadmiura (Sidik, 1985 *dalam* Dalimartha, 2004). Fraksi kurkuminoid memiliki aroma yang khas, tidak toksik, terdiri dari kurkumin yang mempunyai aktivitas antiradang dan desmetoksikurkumin. Serta minyak atsiri berupa cairan berwarna kuning atau kuning jingga yang beraroma tajam. Komposisinya tergantung pada umur rimpang, tempat tumbuh, teknik isolasi, teknik analisis, perbedaan klon varietas, dan sebagainya. Oei Ban Liang (1985) *dalam* Dalimartha (2004) dengan metode kromatografi gas mendeteksi 31 komponen yang terkandung dalam temulawak. Beberapa diantaranya isofuranogermakren, trisiklin, allo-aromadendren, germakren, dan xanthorrhizol. Serta terdapat komponen lain yang bersifat *insect repellent* yaitu ar-turmeron (Su, 1982 *dalam* Dalimartha, 2004).

2.2 Sejarah Bahan Tanam

Universitas Brawijaya (UB) memiliki lima klon temulawak yang berasal dari berbagai daerah di Jawa. Dua diantaranya adalah temulawak yang berasal dari Jember (UB₂) dan Pasuruan (UB₃) yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda. Temulawak Jember (UB₂) memiliki kadar kurkumin sebesar 0,59% dengan bobot rimpang per tanaman sebesar 1.709,30 g, sedangkan temulawak Pasuruan (UB₃) memiliki kadar kurkumin sebesar 0,58% dengan bobot rimpang per tanaman sebesar 1.387,15 g (Wardiyati *et al.*, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian Wardiyati *et al.* (2010), kedua klon tersebut (klon Jember dan Pasuruan) memiliki keunggulan yang sama yaitu dari segi bobot rimpang yang tergolong dalam grade A. Menurut Farmakope Herbal Indonesia (2008), kadar kurkumin temulawak yang baik yaitu tidak kurang dari 4,60% dan kurkuminoid tidak kurang dari 14,20% dihitung sebagai kurkumin. Berdasarkan standar tersebut diketahui bahwa kadar kurkumin temulawak klon Jember dan klon Pasuruan belum memenuhi standar sehingga dibutuhkan upaya lebih lanjut untuk meningkatkan kadar kurkumin 2 klon temulawak tersebut.

Pada hasil penelitian Ratri (2017) dengan perbedaan konsentrasi 2,4-Diklorofenoksiasetat yang dikombinasikan dengan BA 3 ppm pada klon Jember

dan Pasuruan memiliki perbedaan dalam jumlah kromosom. Pada klon Jember dengan konsentrasi 2,4-D 0 ppm tidak terdapat penggandaan kromosom ($3x$), pada konsentrasi 1 ppm terdapat penggandaan kromosom menjadi $3x+1$, dan pada konsentrasi 4 ppm terdapat penggandaan kromosom menjadi $4x$. Serta pada klon Pasuruan dengan konsentrasi 2,4-D 0 ppm tidak terdapat penggandaan kromosom ($3x$), pada konsentrasi 2 ppm terdapat penggandaan kromosom menjadi $4x$, dan pada konsentrasi 4 ppm terdapat penggandaan kromosom menjadi $5x$.

2.3 Poliploidi

Poliploidi merupakan keadaan individu memiliki lebih dari dua genom. Polipliploidi lebih banyak dijumpai pada tanaman dari pada hewan. Kurang lebih setengah dari semua jenis tanaman yang dikenal merupakan poliploid. Tanaman poliploid memiliki jumlah kromosom lebih banyak daripada tanaman diploidnya menyebabkan biasanya tanaman kelihatan lebih kekar, sel-selnya (tampak jelas pada sel-sel epidermis) lebih besar, inti sel juga lebih besar, pembuluh angkut memiliki diameter lebih besar, serta stomata yang lebih besar. Tangkai dan helaian daun lebih tebal daripada tanaman diploid. Serta warna hijau dari daun menjadi lebih tua, bunga mempunyai ukuran lebih besar tetapi waktu berbunga lebih lama. Dengan bertambahnya jumlah kromosom, kandungan protein dan vitamin bertambah, namun tekanan osmotik sel-sel berkurang, pembelahan sel terlambat, masa vegetative lebih panjang, fertilitas berkurang, tanaman kurang tahan terhadap hama/penyakit serta perubahan lingkungan (Suryo, 2007).

Berlipatnya jumlah kromosom memiliki pengaruh yang berlainan antara pembelahan sel secara longitudinal (memanjang) dengan pembelahan sel secara transversal (melintang). Apabila sel membelah secara longitudinal maka volume protoplas akan bertambah, namun pembelahan sel secara transversal tidak menambah volume protoplas (Strasburger, 1910 *dalam* Suryo, 2007).

Poliploid dapat terjadi karena kemungkinan sebagai berikut:

1. Poliploid terjadi alami. Dua proses dasar yang tak teratur dapat ditemukan sehingga poliploid dapat terjadi dari tanaman diploid ialah:
 - a. Kelipatan somatik. Sel-sel terkadang mengalami pemisahan yang tak teratur selama mitosis sehingga menghasilkan sel-sel meristematis, yang

menyebabkan kelipatan jumlah kromosomnya tetap berada dalam generasi baru dari tanaman itu.

- b. Sel-sel reproduktif dapat mengalami reduksi yang tak teratur atau mengalami pembelahan sel yang tak teratur sehingga kromosom-kromosom tidak memisah secara sempurna ke kutub-kutub sel pada fase anaphase. Sehingga kromosom dalam gamet mengganda.
2. Poliploid secara induksi (sengaja dibuat). Untuk keperluan ini digunakan zat-zat kimia tertentu seperti asenaften, kloralhidrat, sulfanilamide, etil-merkuri-klorid, heksklorosikloheksan, dan kolkhisin (Suryo, 2007).

Poliploid buatan adalah teknik untuk meningkatkan jumlah kromosom pada tanaman. Tingkat poliploidi yang bervariasi terjadi karena pembentukan benang mikrotubulus inti gelendong (benang spindel) dicegah, oleh karena itu, pemisahan kromosom yang menandai transisi dari metafase ke anafase tidak timbul dan menyebabkan penyebaran kromosom tanpa propagasi dinding sel. Oleh karena itu, kromosom tetap berada dalam sitoplasma karena benang spindel tidak terbentuk. Kromosom, bagaimanapun, dapat terpisah dari sentromer serta awal dari kanvas yang diikuti oleh pembentukan dinding inti. Poliploid dapat diinduksi dengan menggunakan regulator pertumbuhan tanaman seperti auksin (2,4-Diklorofenoksiasetat) dan sitokinin (Benzyl Adenin) dalam medium kultur. Perbaikan klon melalui induksi poliploid telah diterapkan oleh Herawati, Pudjihartati, dan Pramono (2015) pada *Artemisia cina* dengan menggunakan 2,4-D (1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 mg L⁻¹) dan BA (1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 mg L⁻¹). Persentase poliploid tertinggi, sekitar 23%, diperoleh dari perlakuan dengan menggunakan 2 mg L⁻¹ 2,4-D yang dikombinasikan dengan 1 mg L⁻¹ BA. Poliploid yang dihasilkan melalui kombinasi perlakuan 2,4-D dan BA terjadi karena kondisi dimana regulator pertumbuhan menginduksi kelainan anafase selama proses mitosis (Swartz, 1991 dalam Herawati, Pudjihartati, dan Pramono, 2015). Tingkat Ploidy diperoleh bervariasi pada $2n = 3x$, $2n = 4x$, $2n = 5x$, $2n = 6x$. Persentase tingkat poliploidi yang tinggi adalah 28,57% untuk $2n = 4x = 36$ dan 23,81% untuk $2n = 3x = 27$.

Pada penelitian lain yang dilakukan Ratri (2017), induksi poliploid menggunakan 2,4-D dan BA menyebabkan keragaman jumlah kromosom pada

temulawak klon Jember dan Pasuruan. Hasil pengamatan terhadap kromosom temulawak klon Jember menunjukkan bahwa kromosom pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan 2,4-D) pada klon Jember memiliki jumlah $3n = 53 \pm 10$, klon Jember dengan 2 ppm 2,4-D memiliki kisaran jumlah kromosom $3n = 63 \pm 1$, dan klon Jember dengan 4 ppm 2,4-D memiliki kisaran jumlah kromosom $3n = 84 \pm 13$. Sedangkan klon Pasuruan kontrol (tanpa penambahan 2,4-D) memiliki jumlah kromosom yang sama dengan klon Jember kontrol yakni $3n = \pm 63$, klon Pasuruan 1 ppm 2,4-D memiliki kisaran jumlah kromosom $3n = 84 \pm 12$, dan pada klon Pasuruan 2 ppm 2,4-D memiliki kisaran jumlah kromosom $3n = 94 \pm 32$.

2.4 Pembelahan Sel Mitosis

Mitosis merupakan pembelahan duplikasi di mana sel mereproduksi dirinya sendiri dengan jumlah kromosom sel anak dan jumlah kromosom induknya sama. Terdapat dua peristiwa penting dalam proses mitosis. Pertama, kromosom berproduksi dan membelah sehingga sel anak mengandung informasi genetik yang tepat sama dengan sel induk. Seiring berlanjutnya pembelahan, sentromer-sentromer membelah sedemikianrupa sehingga banyaknya sel anak sama dengan banyaknya sel induk. Kedua, mitosis berperan penting dalam proses-proses biologis (pertumbuhan, penggantian sel-sel yang rusak, dan perbaikan jaringan). Proses pembelahan sel ini dibagi dalam tahapan yang saling berhubungan yaitu sebagai berikut:

1. Interfase : kromosom tidak dapat dibedakan antara yang satu dengan yang lain dan nucleus terlihat sebagai gumpala padat. Interfase merupakan tahapan yang paling aktif dalam mekanisme fisiologis. Selama tahap ini, informasi gen dibaca dan ditranslasikan untuk mekanisme biokimia organisme. Kromosom dikelilingi oleh membran nukleus (selaput inti) yang memisahkan nukleus dari bagian isi sel yang lain (sitoplasma).
2. Profase : Kromosom mempersiapkan diri untuk proses pembelahan sel, dengan melakukan penebalan dan pemendekan kromosom. Kromatid (yang merupakan duplikasi setengah bagian memanjang kromosom, yang terjadi dari duplikasi), mulai terlihat. Pada tahap ini nukleolus (anak inti) yang bundar dan berwarna gelap juga terlihat. Pada titik-titik tertentu kromosom tersebut saling

berpasangan. Proses ini sangat penting dalam mekanisme pembelahan sel dan penyusunan kromosom yang baru.

3. **Metafase** : Kromosom menyusun diri secara acak pada suatu bidang ekuator atau di tengah-tengah sel. Pada awal fase ini, membran nukleus dan nucleolus lenyap. Sentromer (daerah vital bagi pergerakan kromosom) melekat pada serabut gelendong yang bertanggung jawab terhadap arah pergerakan kromosom selama pembelahan.
4. **Anafase** : Sentromer membelah mengikuti panjang kromosom dan kromatid mulai bergerak pada serabut gelendong menuju ke kutub-kutub sel terdekatnya, dengan sentromer yang memimpin pergerakan tersebut.
5. **Telofase** : Kromosom baru telah menyelesaikan pergerakannya menuju kutub dan mulai menyebar di dalam membrane nukleus. Selama tahap ini berlangsung, suatu dinding sel baru mulai terbentuk di antara dua nukelus baru.
6. **Interfase** : Proses mitosis telah selesai dan terbentuk dua sel anak identik yang berasal dari satu sel induk.

2.5 Perbanyakan Temulawak secara *In Vitro*

Berkembangnya industri obat tradisional dan fitofarmaka menyebabkan permintaan bahan baku tanaman obat meningkat salah satunya temulawak. Salah satu upaya penyediaan bahan tanaman dalam jumlah massal adalah dengan perbanyakan benih melalui kultur jaringan. Teknik ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya: dapat menghasilkan benih dalam jumlah banyak dan waktu yang relatif singkat, tidak memerlukan ruangan yang luas karena biakan hanya ditumbuhkan dalam botol-botol kultur, tidak tergantung musim karena perbanyakan tanaman di laboratorium, bebas hama penyakit karena perbanyakan tanaman dilakukan dalam kondisi aseptik/steril sehingga benih yang dihasilkan terbebas dari bakteri, jamur, nematode maupun hama lainnya (Pierik, 1987). Metode perbanyakan benih temulawak secara kultur jaringan telah diperoleh oleh Syahid dan Hadipoentyanti (2000) menggunakan media MS dengan penambahan zat pengatur tumbuh Benzil Adenin 1,5 mg/l dan menghasilkan multiplikasi tunas sekitar 3-4 tunas dalam waktu delapan minggu. Multiplikasi tunas temulawak *in vitro* menggunakan zat pengatur tumbuh alami air kelapa, dapat menghasilkan 3-4

tunas dalam waktu 2 bulan (Seswita, 2011 *dalam* Syahid dan Hadipoentyanti, 2017). Plantlet temulawak hasil kultur jaringan dapat diaklimatisasi dengan baik di tingkat rumah kaca dan tanaman dapat tumbuh normal di lapang. Syahid dan Hadipoentyanti menyatakan bahwa perbanyakan temulawak secara *in vitro* melalui teknik kultur jaringan dapat dilakukan melalui serangkaian tahapan yaitu pemilihan sumber eksplan, sterilisasi eksplan, pembuatan media, penanaman eksplan, pemeliharaan dan pengamatan kultur serta aklimatisasi di rumah kaca.

2.6 Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D)

Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat atau dikenal dengan 2,4-D merupakan auksin sintetik yang sering digunakan dalam kultur jaringan tanaman serta telah digunakan dalam bidang perikanan sebagai zat perangsang tumbuh pada *Gracillaria verrucosa* (Djayawati, 1993 *dalam* Purwitasari, Alamsjah, dan Rahardja, 2012). Auksin merupakan salah satu hormon tanaman yang dapat mendukung proses fisiologi seperti pertumbuhan, pembelahan dan diferensiasi sel serta sintesa protein (Darnell *et al.*, 1986 *dalam* Purwitasari, Alamsjah, dan Rahardja, 2012). Zat pengatur tumbuh (Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat) mengandung bahan aktif 2,4 D serta unsur makro (N, P dan K) dan unsur mikro (Mg, Mn, S, Zn dan Cu). Unsur nutrien yang paling dibutuhkan *Nannochloropsis oculata* yaitu unsur nitrogen. Sumber nitrogen dalam penelitian ini didapat dari zat pengatur tumbuh (Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat). Berdasarkan hasil Uji Nitrogen yang dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya, konsentrasi Nitrogen dalam zat pengatur tumbuh (Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat) adalah 8,9 mg/ml (Purwitasari, Alamsjah, dan Rahardja, 2012)

ZPT 2,4 D sebagai salah satu zat pengatur tumbuh golongan auksin sintetik memiliki fungsi merangsang pembelahan dan perbesaran sel. Menurut Heddy (1986) auksin mendorong pembelahan sel dengan cara mempengaruhi dinding sel. Adanya induksi auksin dapat mengaktifasi pompa proton yang terletak pada membran plasma sehingga menyebabkan pH pada bagian dinding sel lebih rendah, yaitu mendekati pH pada membran plasma sekitar pH 4,5. Aktifnya pompa proton tersebut dapat memutuskan ikatan hidrogen diantara serat selulosa dinding sel. Putusnya ikatan hidrogen menyebabkan dinding mudah merenggang sehingga tekanan dinding sel akan menurun dan dengan demikian terjadilah

pelenturan sel. pH rendah ini juga dapat mengaktivasi enzim tertentu pada dinding sel yang dapat mendegradasi bermacam-macam protein pada dinding sel yang lunak dan lentur sehingga pemanjangan, pembesaran dan pembelahan sel dapat terjadi (Catala, *et al.*, 2000 dalam Aslamsyah, 2002 dalam Purwitasari, Alamsjah, dan Rahardja, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian Lestari, Nurhidayati, dan Nurfadilah (2013), menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4-D berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan biji *D.laxiflorum* ($P \leq 0,05$). Pada konsentrasi 0 mg/l persentase pertumbuhan biji relatif rendah (1,39% - 15,16%), persentase pertumbuhan biji meningkat pada konsentrasi 0,1 mg/l (8,83%-36,34%) dan 0,3 mg/l (4,8%-21,47%), sedangkan pada konsentrasi 0,5 mg/l persentase pertumbuhan biji relatif menurun (0,76%-15,23%). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi 2,4-D yang optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan biji *D.laxiflorum* yakni 0,1 mg/l dan 0,3 mg/l, sedangkan konsentrasi 2,4-D 0,5 mg/l dapat menghambat pertumbuhan biji *D.laxiflorum*.

2.7 Interaksi Genetik dan Lingkungan dalam Kultur Jaringan

Pertumbuhan pada tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor internal yang berasal dari genotip tanaman dan faktor eksternal yang berasal dari lingkungan tumbuh tanaman, dimana kedua faktor tersebut dapat dilihat atau tampak sehingga dapat dilakukan penilaian secara visual maupun dengan pengukuran. Perwujudan yang tampak tersebut disebut fenotipe, yaitu penampilan suatu genotipe tertentu pada suatu lingkungan dimana mereka tumbuh dengan ketergantungan pada faktor genetik dan pengaruh lingkungan. Keragaman tanaman atau hasil yang tidak konsisten terhadap perubahan lingkungan merupakan indikasi adanya interaksi genotipe dan lingkungan. Besarnya pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman dan adanya perbedaan tanggapan/respon tiap galur terhadap lingkungan memerlukan kajian khusus mengenai interaksi galur dan lingkungan (Nur, Azrai, dan Trikoesoemoningtyas, 2014).

Salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam kultur jaringan yaitu penggunaan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Dimana dengan pemberian ZPT dengan konsentrasi yang berbeda maka akan memberikan pengaruh yang berbeda pada pertumbuhan tanaman. Muda, Khalid,

dan Ibrahim (2004) menginformasikan bahwa jahe dengan varietas *halia*, *halia bara*, dan *halia padi* yang ditumbuhkan dalam media MS dan diberikan perlakuan *benzyl amino purine* (BAP) pada taraf 0-10,0 mg.L⁻¹ memberikan hasil bahwa pada varietas *halia* dan *halia bara* menunjukkan respon pertumbuhan optimal pada konsentrasi BAP 1,0 mg.L⁻¹ sedangkan varietas *halia padi* menunjukkan respon pertumbuhan optimal pada konsentrasi BAP 3,0 mg.L⁻¹. Selain itu, ada faktor lain yang menjadi kendala dalam kultur jaringan yaitu kontaminasi yang dapat menyebabkan media perlakuan rusak dan planlet mati. Kontaminasi tersebut disebabkan oleh cendawan atau fungi (jamur) dan bakteri. Dari kedua faktor penyebab kontaminasi, jamur atau cendawan yang menjadi penyebab paling dominan karena media yang telah terkontaminasi cendawan sangat sulit untuk dibersihkan atau disterilkan kembali, dimana jika media telah terkontaminasi sebelum proses penanaman maka tidak dapat digunakan untuk menanam. Dengan demikian, sebelum dilakukan penanaman maka harus diganti dengan pembuatan media yang baru untuk selanjutnya dapat dilakukan proses penanaman (Tuhuteru, Hehanussa, dan Raharja, 2012).

2.8 Heritabilitas dan Keragaman Genetik

Keragaman merupakan parameter yang perlu dicermati dalam memilih suatu populasi yang akan diseleksi, disamping rerata populasinya. Besar kecilnya keragaman dan tinggi rendahnya rata-rata populasi tanaman yang digunakan sangat menentukan keberhasilan pemuliaan tanaman. Keragaman genetik merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan usaha pemuliaan tanaman. Komponen keragaman genetic terdiri dari ragam fenotip, ragam genotip, dan ragam lingkungan. Genotip sangat berpengaruh terhadap kualitas tanaman, sehingga setiap tanaman memiliki genotip berbeda (Poespodarsono, 1988 *dalam* Aprilianti, Soetopo, dan Respatijarti, 2016).

Keragaman genetik merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan usaha pemuliaan tanaman. Dengan adanya keragaman genetik dalam suatu populasi berarti terdapat variasi nilai genotip antar individu dalam populasi tersebut (Sofiari dan Kirana, 2009).

Heritabilitas suatu karakter merupakan parameter genetik yang perlu diketahui dalam hubungannya dengan proses seleksi dan penggabungan karakter-

karakter penting dalam suatu genotip. Heritabilitas adalah parameter yang digunakan untuk mengukur seberapa besar keragaman fenotip akan diwariskan (Syukur, Sujiprihati, dan Yulianti, 2012). Heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena dapat memberikan petunjuk suatu sifat lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau faktor lingkungan (Raffi dan Nath, 2004). Gusrina (2014) memberikan informasi bahwa heritabilitas memiliki nilai berkisar antara 0-1. Heritabilitas dengan nilai 0 memiliki arti bahwa keragaman fenotip hanya disebabkan oleh lingkungan, sedangkan jika memiliki nilai 1 maka berarti keragaman hanya disebabkan oleh genetik. Seleksi untuk suatu karakter yang diinginkan akan lebih berarti jika karakter tersebut mudah diwariskan. Mudah tidaknya pewarisan suatu karakter dapat diketahui dari besarnya nilai heritabilitas (Hakim, 2007). Syukur, Sujiprihati, dan Yuniarti (2012) memberikan informasi bahwa tidak ada standart nilai heritabilitas, namun beberapa tulisan di jurnal menyatakan nilai heritabilitas dikatakan rendah apabila $H < 0,2$, sedang atau cukup tinggi apabila nilainya $0,2 \leq H \leq 0,5$, dan tinggi $H > 0,5$. Akan tetapi nilai-nilai ini sangat tergantung dari metode dan populasi yang digunakan.

2.9 Keragaman Pertumbuhan dan Jumlah Kromosom pada Tanaman secara *In Vitro*

Keragaman dalam karakter agronomi dapat terlihat pada kultur anter padi yang menyebutkan adanya perbedaan yang nyata pada karakter umur berbunga, tinggi tanaman, jumlah anakan per rumpun, dan panjang malai (Lestari dan Nugraha, 2007). Terdapat variasi ploidi pada regeneran hasil kultur anter *Anthurium* dengan rasio ploidi 33,5% haploid, 62,7% diploid, dan 5,7% triploid. Hal ini membuktikan bahwa variasi ploidi regeneran merupakan ciri umum regeneran yang dihasilkan melalui kultur anter. Variasi ini umumnya terkait dengan regenerasi eksplan kalus, aplikasi hormon, dan aktivitas subkultur berulang (Winarto, 2011).