

BAB 2

TINJAUAN TEORI

2.1 Tanaman Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.)

2.1.1 Paradigma Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.)

Kedudukan tanaman anggrek bulan dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas	: Monocotylenonae
Ordo	: Orchidales
Famili	: Orchidaceae (Anggrek-anggrekan)
Genus	: <i>Phalaenopsis</i>
Spesies	: <i>Phalaenopsis amabilis</i> L.

(Sumber : Rukmana, 2000: 15)

Selama ini *Phalaenopsis* dianggap sebagai anggrek yang terindah. *Phalaenopsis* berasal dari kata “*phalae*” yang berarti kupu-kupu dan “*opsis*” berarti menyerupai. Jadi, anggrek *Phalaenopsis* berarti anggrek yang menyerupai kupu-kupu (Parnata, 2005: 64). Rukmana (2000: 09) menyatakan bahwa di antara jenis anggrek yang terdapat di Indonesia, anggrek bulan (*Phalaenopsis* sp.) merupakan salah satu anggrek kebanggaan nasional. Pada tanggal 5 juni 1990, anggrek bulan dari spesies *Phaleonopsis amabilis* resmi dinobatkan sebagai bunga nasional, dengan sebutan Puspa Pesona. Penetapan anggrek bulan sebagai bunga nasional mengacu pada kriteria sebagai berikut: (1) merupakan tumbuhan (flora) asli Indonesia; (2) disukai oleh masyarakat luas; (3) mudah diperoleh disembarang tempat; (4) mudah diperbanyak atau dikembangbiakan; (5) mempunyai kekhasan, berbau harum, keunikan, dan karakteristik semacamnya (Rukmana, 2000:9-10).

Genus *Phalaenopsis* atau lebih dikenal dengan anggrek bulan merupakan salah satu anggrek yang populer. Kekhasan *Phalaenopsis* adalah bentuk bunganya yang lebih besar dengan warna yang bervariasi dan panjang mekar bunga yang

lebih lama dibandingkan jenis anggrek lain. Namun keindahan *Phalaenopsis* tidak diikuti dengan ketersediaannya di alam (Jenny et al. 2009 dalam Fauziah dkk, 2014).

Angrek bulan asli Indonesia terdiri atas banyak jenis atau spesies. Dari 46-60 spesies anggrek bulan di dunia, 22 spesies di antaranya terdapat secara alami di wilayah Indonesia, terutama di hutan. Namun dengan adanya pemanfaatan hutan menjadi lahan pertanian dan pemukiman serta kegiatan pengambilan atau perburuan anggrek dari hutan secara tidak terkendali atau diperdagangkan, menyebabkan beberapa spesies anggrek bulan terancam punah (Rukmana, 2000:9-10).

2.1.2 Asal-Usul dan Penyebaran Tanaman Anggrek Bulan

Sentrum utama asal tanaman anggrek bulan ditemukan di kawasan Asia tropik, terutama Indonesia, Filipina, serta Malaysia. Sejarah (*historis*) ditemukannya tanaman anggrek bulan terjadi pada abad ke-17. Rumphius disebut-sebut sebagai orang yang pertama kali menemukan spesies anggrek bulan di Ambon, pada tahun 1650 yang kemudian diberi nama *Epidendrum albummajus*. Pada tahun 1753 Linneus memberikan nama *Epidendrum amabilis* pada spesies anggrek bulan di Nusakambangan, yang kemudian diberi nama *Phalaenopsis amabilis*. Sejak saat itu hingga sekarang anggrek bulan dikategorikan dalam genus *Phalaenopsis* (Rukmana, 2000 : 14).

Penyebaran aneka jenis atau spesies anggrek bulan sebagian besar terdapat di kawasan ASEAN. Di Indonesia, plasma nutfah anggrek bulan tumbuh secara alami dalam habitat hutan diberbagai daerah (wilayah), misalnya Maluku, Sulawesi, Seram, Ambon, Buru, Kalimantan, Sumatera, dan Jawa. Sedangkan diluar ASEAN, anggrek bulan ditemukan di Queensland (Australia), Papua New Guinea, dan pegunungan Himalaya (India). Kini penyebaran tanaman anggrek bulan sudah meluas ke daerah subtropis. Di Amerika Serikat anggrek bulan populer dengan sebutan *Moth Orchids*, karena bentuk bunganya mirip dengan kupu-kupu besar atau ngengat raksasa yang sedang terbang (Rukmana, 2000 : 14).

2.1.3 Karakteristik Tanaman Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis*. L).

Susunan tubuh tanaman anggrek bulan terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Tanaman anggrek bulan bersifat epifit (tanaman yang hidupnya menumpang pada tanaman lain, tanpa merugikan tanaman yang ditumpanginya (Rukmana, 2000: 15). *Phalaenopsis* termasuk anggrek yang tidak memiliki umbi semu, tetapi mempunyai daun yang cukup tebal untuk menyimpan cadangan makanan selain itu juga akar *Phalaenopsis* menempel ketat di pohon atau tempat tumbunya. (Parnata, 2005: 65).

Phalaenopsis mempunyai tipe pertumbuhan monopodial. Memiliki batang yang kecil sekali, daunnya yang beberapa jumlahnya dan tumbuh rapat satu sama lain kadang-kadang lebar sekali, dengan warna hijau gelap, mengkilap atau berbarik kelabu. Tangkai bunga tumbuh dari sisi di antara daun-daun, sering bercabang-cabang, dan menggelayut panjang, juga memiliki bunga seperti kupu-kupu hinggap (Lisa, 2008: 44).

Anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.) yang merupakan tumbuhan asli pulau jawa, Kalimantan, Maluku, Sulawesi, dan Filipina ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Rukmana, 2000: 15):

1. Akarnya terdiri atas akar lekat yang berfungsi untuk melekat dan menahan keseluruhan tanaman agar tetap berada pada posisinya.
2. Batang amat pendek.
3. Daun berbentuk jorong, tersusun rapat, berdaging, dengan panjang 20 cm – 30 cm dan lebar 7 cm – 12 cm.
4. Bunga tersusun dalam rangkaian berbentuk tandan, bercabang dan pada tiap tandan terdapat maksimal 25 kuntum. Daun mahkota berbentuk bundar melebar, dengan pangkal kecil dan ujung tumpul. Daun kelopak berbentuk jorong dengan ujung runcing. Bibir bunga bertaju tiga, berbentuk segitiga, berwarna kuning pucat hingga kuning tua dan bergaris-garis kemerahan disebelah dalam. Lama mekar bunga bertahan sampai 1 bulan.

2.1.4 Persyaratan Tumbuh Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.)

Tanaman anggrek bulan memerlukan persyaratan tumbuh yang berkaitan dengan keadaan iklim dan medium tumbuhnya untuk dapat tumbuh dan berbunga secara optimal. Tanaman anggrek bulan yang tumbuh di habitat alami, misalnya

di hutan-hutan belantara. Masing-masing jenis anggrek bulan mempunyai tempat hidup (tumbuhan inang) yang spesifik. Anggrek bulan *Phalaenopsis amabilis* L. lebih banyak tumbuh pada pohon jati, bungur, heuras, dan kiara (Rukmana, 2000: 31).

Pada dasarnya ada beberapa kondisi optimal yang menyebabkan tanaman anggrek tumbuh dengan baik. Kondisi tersebut berkaitan dengan cahaya matahari, suhu, angin, dan air.

a. Cahaya

Cahaya sangat penting bagi pertumbuhan tanaman anggrek. Cahaya merupakan sumber energi yang berguna untuk proses fotosintesis. Fotosintesis akan menghasilkan energi yang berguna bagi kehidupan tanaman anggrek, baik untuk tumbuh maupun membentuk daun, bunga, dan biji. Selain itu, juga berfungsi dalam membangun atau memperbaiki bagian tanaman yang rusak dan menyimpan cadangan makanan (Parnata, 2005: 23). Secara umum dapat dikatakan bahwa anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) memerlukan cahaya matahari sebanyak 15% - 30%, ini berarti bahwa jenis anggrek bulan menyukai tipe cahaya yang semi teduh (Rukmana, 2000: 32). Sedangkan menurut Lisa (2008: 44) *Phalaenopsis* tumbuh dengan baik dalam keteduhan kira-kira 30% sinar siang. Di bawah sinar dengan intensitas tepat, daunnya tampak kuat, segar, dan hijau tua.

b. Ketinggian Tempat

Anggrek tumbuh dengan baik di daerah tropis. Meskipun demikian, ketinggian tempat juga ikut menentukan pertumbuhannya. Anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) dapat tumbuh baik di dataran rendah sampai dataran tinggi atau sekitar 50m – 1000m di atas permukaan laut (Rukmana, 2000). Sedangkan menurut Parnata (2005: 64) anggrek bulan hidup diketinggian 400-1.300 mdpl.

c. Kelembaban

Tanaman anggrek dapat tumbuh dengan cukup baik pada kelembaban udara sekitar 50%, tetapi kelembaban udara yang paling baik untuk pertumbuhan tanaman anggrek sekitar 70%. Kelembaban udara yang tinggi bukan berarti

tanaman anggrek dapat tumbuh dengan baik jika kondisi akarnya terendam air, pada kondisi terendam air tanaman anggrek justru akan mudah terserang penyakit, seperti penyakit busuk daun dan busuk tunas (Parnata, 2005: 32).

d. Suhu

Suhu udara yang ideal berkisar antara $15^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ (Rukmana, 2000: 32). Anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) yang ditempatkan pada tempat yang memiliki temperatur tinggi maka kualitas bunganya akan buruk, selain itu, anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) juga dapat mengalami dehidrasi karena terlalu tingginya tingkat penguapan (Parnata, 2005: 31). Sedangkan menurut Lisa (2008: 44), Anggrek hanya tumbuh dengan baik dalam lingkungan yang panas dan lembab tak kurang dari $18,5^{\circ}\text{C}$ pada waktu malam dan sekitar $24^{\circ}\text{C}-27^{\circ}\text{C}$ selama siang.

Menurut Lisa (2008) *Phalaenopsis* adalah tanaman yang memerlukan banyak air. Hal ini dapat dilihat pada tubuhnya yang sebagian besar terdiri atas daun yang gemuk dan berair. Namun, karena tidak berumbi semu, air harus disediakan pada saat diperlukan. Oleh karena itu, berbagai media dapat digunakan untuk *Phalaenopsis*, asalkan dapat menahan kondisi basah.

2.2 Kultur Jaringan

2.2.1 Pengertian Kultur Jaringan

Kultur jaringan tanaman adalah suatu teknik isolasi bagian-bagian tanaman, seperti organ, ataupun embrio, lalu dikulturkan pada medium buatan yang steril sehingga bagian-bagian tanaman tersebut mampu beregenerasi dan berdiferensiasi menjadi tanaman lengkap, menurut Winata (1987) dalam Zulkarnain (2009: 1). Adapun Hartman *et al.* (1990) dalam Zulkarnain (2009: 1), menambahkan bahwa jaringan yang sering digunakan dalam teknik kultur jaringan tanaman adalah kalus, sel, dan protoplas; sedangkan organ tanamannya meliputi pucuk, bunga, daun dan akar.

Pengertian kultur jaringan menurut Yuliarti (2010) adalah teknik perbanyak tanaman dengan memperbanyak jaringan mikro tanaman yang ditumbuhkan secara *in vitro* menjadi tanaman yang sempurna dalam jumlah yang

tidak terbatas. Yang mendasari kultur jaringan adalah totipotensi sel, yaitu bahwa setiap sel organ tanaman mampu tumbuh menjadi tanaman sempurna bila ditempatkan di lingkungan yang sesuai. Sedangkan menurut Gunawan (1995) teknik kultur jaringan atau teknik kultur *in vitro* adalah teknik mengisolasi bagian-bagian tanaman seperti protoplasma, sel, jaringan dan organ, serta menumbuhkan bagian-bagian tersebut dalam media buatan aseptik yang kaya nutrisi serta zat pengatur tumbuh dalam wadah tertutup yang tembus cahaya (gelas putih bening) dengan tujuan agar bagian-bagian tersebut memperbanyak diri dan beregenerasi kembali menjadi tanaman lengkap.

2.2.2 Tujuan Dari Kultur jaringan

Teknik perbanyak tanaman dengan memperbanyak jaringan mikro tanaman atau yang disebut kultur jaringan memiliki beberapa tujuan menurut Henuhili (2013:3), di antara nya yaitu:

1. Memperbanyak tanaman, dalam jumlah banyak dengan waktu yang lebih singkat dan mempunyai sifat yang sama dengan induknya (misal : untuk tanaman obat, tanaman yang hampir punah, bunga potong dsb), tanaman yang tidak dapat diperbanyak secara *in vivo*, tanaman varietas unggul, tanaman induk silangan (sifat homozigot, untuk menghasilkan biji untuk pemuliaan tanaman) dan stok kultur tanaman dengan sifat-sifat tertentu (untuk pemuliaan tanaman).
2. Menghasilkan tanaman yang bebas penyakit.
3. Mempermudah pengiriman tanaman (lebih ringkas dalam pengiriman).

Kultur jaringan sangat menguntungkan karena memiliki sejumlah keunggulan menurut Yuliarti (2010: 2), diantaranya:

1. Untuk pengadaan bibit tidak lagi bergantung pada musim.
2. Bibit dapat diproduksi dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif cepat (dari mata tunas, dalam 1 tahun dapat dihasilkan minimal 10.000 bibit).
3. Bibit yang dihasilkan bersifat seragam.
4. Bibit yang dihasilkan bebas penyakit, asalkan diambil dari organ tertentu yang bebas penyakit.

5. Biaya pengangkutan bibit relatif murah dan rendah.
6. Proses pembibitannya bebas dari gangguan hama, penyakit dan daerah lingkungan lainnya.

Namun kultur jaringan juga memiliki kelemahan yaitu:

1. Diperlukan biaya awal yang relatif tinggi.
2. Hanya mampu dilakukan oleh orang-orang tertentu, karena memerlukan keahlian khusus.
3. Bibit hasil kultur jaringan memerlukan proses aklimatisasi, karena terbiasa dalam kondisi lembab dan aseptik.

2.2.3 Macam-macam Teknik Kultur Jaringan

Berbagai macam teknik kultur jaringan yang telah dikenal menurut Henuhili (2013) antara lain sebagai berikut:

- 1) Kultur meristem yaitu budidaya jaringan dengan menggunakan eksplan dari jaringan tanaman yang masih muda.
- 2) Kultur anthera yaitu budidaya jaringan dengan menggunakan serbuk sari dari tanaman tersebut.
- 3) Kultur embrio yaitu memisahkan embrio tanaman yang belum dewasa dan menumbuhkannya secara kultur jaringan untuk mendapatkan tanaman yang *viabile*.
- 4) Kultur protoplasma yaitu budidaya jaringan dengan menggunakan eksplan dari protoplasma. Dimana protoplasma adalah sel hidup yang telah dihilangkan selnya.

Teknik kultur jaringan yang sering diterapkan di kalangan bisnis dan hobiis ialah teknik kultur jaringan meristem karena sederhana dan mudah dilaksanakan. Selain itu, presentase keberhasilannya pun lebih besar (Nugroho dan Heru, 1996: Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan kultur jaringan yaitu (Yuliarti, 2010: 16-17):

- 1) Bentuk regenerasi dalam kultur: pucuk aksilar, pucuk adventif, embrio somatik, pembentukan *protocorm like bodies*, dan lain-lain.
- 2) Eksplan, adalah bagian tanaman yang dipergunakan sebagai bahan awal untuk memperbanyak tanaman. Bagian tanaman yang dapat digunakan sebagai

eksplan adalah pucuk muda, batang muda, daun muda, kotiledon, hipokotil, endosperm, ovari muda, anther, embrio, dan lain-lain.

- 3) Media tumbuh, yang mana di dalam media tumbuh itu terkandung komposisi garam anorganik dan zat pengatur tumbuh.
- 4) Zat pengatur tumbuh tanaman, yang mana faktor yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ZPT adalah konsentrasi, urutan penggunaan, dan periode masa induksi dalam kultur tertentu.
- 5) Lingkungan tumbuh yang mempengaruhi regenerasi tanaman, meliputi temperatur, panjang penyinaran, intensitas penyinaran, kualitas sinar, dan ukuran wadah kultur.

2.2.4 Eksplan Daun Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.)

Eksplan yaitu bagian dari tanaman yang digunakan dalam kulturisasi. Eksplan ini menjadi bahan dasar bagi pembentukan kalus (bentuk awal calon tunas yang kemudian mengalami proses perlengkapan bagian tanaman seperti daun, batang dan akar). Sebagai eksplan sebagainya dipilih pucuk tanaman muda tanaman dewasa yang diketahui asal-usul dan varietasnya, tidak terinfeksi penyakit dan jenis unggul (Nugroho & Heru, 1996: 4).

Eksplan yang digunakan untuk memulai kultur jaringan haruslah yang masih muda (*primordial*), sel-selnya masih bersifat meristematis dan sudah mengalami proses diferensiasi (Yuliarti, 2010: 3). Bagian tanaman yang dapat digunakan sebagai eksplan adalah pucuk muda, batang muda, daun muda, kotiledon hipokotil, endosperm, ovari muda, anther, embrio dan lain-lain (Yuliarti, 2012: 16-17). Pada penelitian ini peneliti menggunakan eksplan daun anggrek bulan yang akan dikulturkan secara *in vitro*. Hal ini karena bagian tanaman yang sebaiknya digunakan adalah yang sedang mengalami pertumbuhan pesat atau pusat pertumbuhan, salah satu contohnya yaitu pada daun muda yang sifatnya meristematis atau masih aktif membelah.

Selain bagian tanaman yang akan dijadikan eksplan sebagai faktor keberhasilan kultur jaringan, besar kecil atau ukuran eksplan juga ikut mempengaruhi keberhasilan kultur jaringan. Eksplan yang berukuran besar mempunyai respon pertumbuhan yang lebih cepat dan lebih tahan lama saat

dikulturkan, sehingga tingkat keberhasilannya lebih besar. Namun, untuk eksplan yang besar dan steril sulit diperoleh. Sementara itu, eksplan berukuran kecil memerlukan bahan sedikit dan mudah didapatkan, Namun eksplan yang kecil biasanya kurang tahan dengan lingkungan kultur jaringan, sehingga pertumbuhannya terganggu (Parnata, 2005: 120). Faktor eksplan yang penting selain dari ukuran adalah: genotip/varietas, umur eksplan, letak pada cabang, dan seks (pohon jantan dan betina) (Gunawan, 1995: 41).

2.2.5 Media Kultur Jaringan

Keberhasilan dalam penggunaan metode kultur *in vitro* sangat bergantung pada media yang digunakan. Media ini tidak hanya menyediakan unsur hara (mikro dan makro) tetapi juga karbohidrat (gula) untuk menggantikan karbon yang biasanya didapat dari atmosfer melalui fotosintesis. Hasil yang lebih baik akan diperoleh, bila ke dalam media tersebut ditambahkan vitamin, asam amino dan zat pengatur tumbuh (Gunawan, 1998: 46).

Keberhasilan dalam teknologi serta penggunaan metode *in vitro* terutama disebabkan pengetahuan yang lebih baik tentang kebutuhan hara sel dan jaringan yang dikulturkan. Hara terdiri dari komponen yang utama dan komponen tambahan. Komponen utama meliputi garam mineral, sumber karbon (gula), vitamin dan pengatur tumbuh. Komponen lain seperti senyawa nitrogen organik, berbagai asam organik, metabolit dan ekstrak tambahan tidak mutlak, tetapi dapat menguntungkan ketahanan sel dan perbanyakannya (Wetter dan Constabel, 1991: 2).

Media kultur jaringan bisa dibuat dalam dua bentuk, yaitu cair dan padat. Media cair memiliki kelebihan dalam memperluas interaksi antara media dan permukaan jaringan. Media cair lebih sering dipakai karena memberikan hasil yang lebih bagus walaupun membutuhkan investasi peralatan yang lebih besar. Sementara itu, media padat biasanya hanya digunakan pada kultur proliferasi *protocorm* adalah pembiakan biji yang sangat kecil dan tidak dapat ditunjukkan bagian yang akan tumbuh menjadi batang dan bagian yang akan tumbuh menjadi akar (Parnata, 2005: 123-124).

Yang mana di dalam media tumbuh itu terkandung komposisi garam anorganik dan zat pengatur tumbuh. Terdapat 13 komposisi media dalam kultur jaringan, antara lain Murashige dan Skoog (MS), Woody Plant Medium (WPM), Knop, Knudson-C, Anderson, dan lain-lain. Media yang paling sering digunakan adalah MS (Yuliarti, 2010: 17). Media MS adalah media yang paling banyak digunakan. Media ini merupakan media yang sangat lengkap kandungan unsur hara nya dan biasanya diperkaya juga oleh adanya vitamin dan hormon. Selanjutnya, media MS merupakan media yang banyak digunakan saat ini. Media ini mengandung garam dan nitrat dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibanding media lain, sukses digunakan pada berbagai tanaman dikotil (Yuliarti, 2010: 22).

2.2.6 Zat Pengatur Tumbuh (ZPT)

Zat pengatur tumbuh (ZPT) didefinisikan sebagai senyawa organik bukan nutrisi yang aktif dalam jumlah kecil ($10^{-6} - 10^{-5}$ mM) yang disintesis pada bagian tertentu tanaman pada umumnya diangkut ke bagian yang lain tanaman dimana zat tersebut menimbulkan tanggapan serta biokimia, fisiologis dan morfologis (Wattimena, 1992 dalam Widyastuti, 2017). Zat pengatur tumbuh ini mempengaruhi tumbuhan dan morfogenesis dalam kultur sel dan organ. Interaksi dan perimbangan antara zat pengatur tumbuh yang diberikan dalam media dan yang diproduksi oleh sel-sel secara endogen menentukan arah perkembangan suatu kultur (Gunawan, 1998). ZPT sangat dibutuhkan sebagai komponen media bagi pertumbuhan dan diferensiasi. Tanpa penambahan ZPT dalam medium biasanya pertumbuhan tanaman akan sangat lambat. Pembentukan kalus dan organ-organ tanaman ditentukan oleh penggunaan yang tepat dari ZPT tersebut.

Zat pengatur tumbuh terdiri dari golongan sitokinin dan auksin. Auksin mempunyai peran ganda tergantung pada struktur kimia, konsentrasi, dan jaringan tanaman yang diberi perlakuan. Pada umumnya auksin digunakan untuk menginduksi pembentukan kalus, kultur suspensi, dan akar, yaitu dengan memacu pemanjangan dan pembelahan sel di dalam jaringan kambium untuk memacu pembentukan kalus embriogenik dan struktur embrio somatik seringkali auksin diperlukan dalam konsentrasi yang relatif tinggi (Lestari, 2011: 64).

Sejak ditemukan hormon tanaman yang terkenal dengan nama *auxin* dan rumus kimiawinya sehingga memungkinkan untuk menciptakan jenis-jenis hormon tanaman secara sintetis, penelitian yang ada sangkut-pautnya dengan pertumbuhan tanaman dapat dilaksanakan secara luas dan intensif. Menurut Rismunandar (1994: 12-13), berkembang penggunaan *auxin* misalnya sebagai bahan untuk:

- a. Merangsang pertumbuhan biji.
- b. Merangsang perakan setek, cangkokan, dan bagian tanaman lainnya dalam usaha perbanyak tanaman secara vegetatif.
- c. Merangsang pertumbuhan bibit sambung pucuk (*grafting*).
- d. Merangsang pertumbuhan buah-buahan.
- e. Mengambat pertumbuhan gulma.

Sitokinin merupakan hormon yang berperan dalam proses fisiologis di dalam tanaman. Peranan fisiologis sitokinin adalah berhubungan dengan proses pembelahan sel, modifikasi apikal dominan, diferensiasi tunas dan sebagainya (Yuswanti dkk, 2015). Fungsi utama sitokinin adalah memacu pembelahan sel Skoog dan beberapa kawannya juga mendapati bahwa jika nisbah sitokinin terhadap auksin dipertahankan, akan tumbuh sel meristem pada kalus tersebut; sel itu membelah dan mempengaruhi sel lainnya untuk berkembang menjadi kuncup, batang, dan daun (Salisbury & Cleon, 1995: 68).

Yang termasuk golongan sitokinin antara lain BA (*benzil adenin*), kinetin (*furfuril amino purin*), 2-*Ip* (*dimethyl allyl amino purin*), dan zeatin. Yang termasuk dalam golongan auksin antara lain IAA (*indole acetic acid*), NAA (*naphtalene acetic acid*), IBA (*indole butiric acid*), 2,4-D (*2,4-dichlorophenoxy acetic acid*), dicamba (*3,6-dicloro-o-anisic acid*), dan piclo-ram (*4-amino-3,5,6-tricloropicolinic acid*) (Lestari, 2011: 64).

Penggunaan zat pengatur tumbuh di dalam kultur jaringan tergantung pada arah pertumbuhan jaringan tanaman yang diinginkan. Untuk pembentukan tunas pada umumnya digunakan sitokinin sedangkan untuk pembentukan akar atau pembentukan kalus digunakan auksin. Namun demikian sering pula dibutuhkan keduanya tergantung pada perbandingan/rasio sitokinin terhadap auksin atau

sebaliknya. Adanya salah satu zat pengatur tumbuh tertentu dapat meningkatkan daya aktivitas zat pengatur tumbuh lainnya (Lestari, 2011: 64).

Penelitian ini menggunakan hormon auksin jenis *Naphtalene Acetic Acid* (NAA). NAA adalah senyawa kimia yang memiliki fungsi utama mendorong kuncup yang sedang berkembang. NAA tidak mudah terurai oleh enzim yang dikeluarkan oleh sel dan tahan terhadap pemanasan pada proses sterilisasi (Intan, 2008 dalam Widyastuti, 2017: 25). Merujuk pada hasil penelitian Utami dkk (2007) yang menunjukkan bahwa NAA 2 mg/L adalah konsentrasi yang optimum untuk kalus embriogenik dan inisiasi embrio somatik dari eksplan pangkal daun anggrek bulan *Phalaenopsis amabilis* (L) Blume.

2.2.7 Perbanyak Tanaman dengan Teknik Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah teknik pebanyakan tanaman dengan memperbanyak jaringan mikro tanaman yang ditumbuhkan secara *in vitro* menjadi tanaman yang sempurna dalam jumlah yang tidak terbatas. Tujuan dari penggunaan teknik kultur jaringan adalah memperbanyak tanaman dengan waktu yang lebih singkat (Yuliarti, 2010: 1-2).

Ada beberapa langkah kerja yang harus dilakukan dalam kultur jaringan menurut Gunawan (1994: 50-75) yaitu:

a. Pembuatan Media

Mata rantai pertama dalam pelaksanaan kultur *in vitro* adalah persiapan media tanam. Dalam media diberikan berbagai garam mineral, air, gula, asam amino, vitamin, zat pengatur tumbuh, pematat media untuk pertumbuhan dan perkembangan, dan kadang-kadang arang aktif untuk mengurangi efek penghambatan dari persenyawaan *polifenol* (warna coklat-hitam) yang keluar akibat pelukaan jaringan pada jenis-jenis tanaman tertentu (Gunawan, 1994: 50).

Tergantung dari jenisnya, media kultur jaringan ada yang hanya mengandung garam makro serta vitamin, ada juga yang lengkap sampai hormon dan gula. Formula ini memang memudahkan pekerjaan. Namun, suatu penelitian atau pembuatan media untuk komoditas (jenis tanaman) yang memerlukan perubahan komposisi dalam satu atau beberapa komponen maka pemisahan

komponen-komponen penyusun media perlu dilakukan (Nugroho & Heru, 1996: 25-26).

b. Sterilisasi Eksplan

Dari semua sumber kontaminan, kontaminan dari eksplanlah yang paling sulit di atasi karena dalam hal ini metode sterilisasi harus selektif, hanya mengeleminasi organisme mikro yang tidak diinginkan dengan gangguan seminimal mungkin terhadap bahan tanaman (Gunawan, 1994: 58).

Problem terbesar yang dihadapi para *tissue culturist* adalah kontaminasi mikroba pada kultur, baik oleh bakteri maupun jamur. Dua cara dapat digunakan untuk mengurangi kontaminasi kultur, yaitu dengan metode fisik atau kimiawi. Metode fisik ditujukan untuk mengatasi kontaminasi mikroba dengan mengurangi ukuran populasi mikroba. Metode kimia dapat dilakukan dengan larutan sodium hypochlorite (NaOCl). Kebanyakan laboratorium menggunakan *bleach* (pemutih) yang mengandung 4% chlorine (Yuliarti, 2010: 33-34).

c. Pengkulturan

Pekerjaan aseptik dilakukan di dalam *laminar air flow cabinet*. Alat ini dipergunakan dalam pekerjaan persiapan bahan tanaman, penanaman, dan pemindahan tanaman dari satu botol ke botol yang lain dalam kultur in vitro. Alat ini disebut *laminar air flow cabinet* karena meniupkan udara steril secara kontinu melewati tempat kerja. Dengan demikian, tempat kerja bebas dari debu dan spora-spora yang mungkin jatuh ke dalam media pada saat pelaksanaan penanaman (Gunawan, 1994: 63). Selanjutnya Nugroho & Heru (1996: 46) menyatakan bahwa penanaman eksplan (*inokulasi*) adalah kegiatan penanaman eksplan ke dalam botol kultur atau penanaman ulang eksplan pada media dengan jenis yang sama atau pertumbuhan selanjutnya.

d. Aklimatisasi

Kultur in vitro selesai pada saat terbentuk plantlet (tanaman kecil) yang mempunyai pucuk pada ujung yang satu dan akar yang berfungsi pada ujung lainnya. Selanjutnya adalah pemindahan plantlet ke tanah, masa ini merupakan masa yang kritis dalam rangkaian perbanyakan tanaman. Plantlet harus menyesuaikan diri dari kondisi heterotrop menjadi autotrop. Masa penyesuaian

diri ini disebut aklimatisasi (Gunawan, 1994: 75). Aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasi tanaman hasil kultur terhadap lingkungan baru (di luar botol kultur) sebelum ditanam di lahan yang sebenarnya (Nugroho & Heru, 1996: 50).

2.2.8 Permasalahan Kultur Jaringan

Dalam kegiatan kultur jaringan tidak sedikit masalah yang dapat muncul sebagai penghambat atau bahkan penyebab kegagalan. Gangguan kultur dapat muncul dari bahan yang ditanam, dari lingkungan kultur, maupun dari manusianya. Permasalahan dalam kultur jaringan ada yang dapat diprediksi, tidak dapat di atasi dengan cara preventif, tetapi harus diselesaikan setelah kasusnya muncul. Fenomena umum yang sering terjadi di dalam sistem kultur jaringan tanaman menurut Zulkarnain (2009:160) yaitu: (1) *Habitus sitokini*; (2) Vitrifikasi; (3) Nekrosis; (4) Fasiasi; (5) dan keseragaman Somaklon.

Selain fenomena umum juga terdapat masalah-masalah yang sering terjadi dalam kultur jaringan menurut Yuliarti (2010: 11-12), antara lain:

1. Kontaminasi, adalah gangguan yang sangat umum terjadi dalam kegiatan kultur jaringan. Munculnya gangguan ini bisa dipahami sebagai konsekuensi yang sangat wajar atas penggunaan media yang diperkaya. Fenomena kontaminasi sangat beragam, dapat dilihat dari jenis kontamiasinya (bakteri, jamur, virus dll).
2. Pencokelatan, adalah suatu keadaan dimana muncul warna cokelat atau hitam yang menyebabkan tidak terjadinya pertumbuhan dan perkembangan pada eksplan. Peristiwa pencokelatan sesungguhnya merupakan peristiwa alami yang biasa terjadi. Pencokelatan umumnya merupakan tanda akan adanya kemunduran fisiologi eksplan. Tidak jarang kondisi itu diakhiri dengan kematian eksplan.
3. Vitrifikasi, menunjuk pada problem kultur jaringan yang ditandai dengan: (1) Terjadinya pertumbuhan yang tidak normal; (2) Tanaman yang dihasilkan pendek atau kerdil; (3) Pertumbuhan batang cenderung ke arah penambahan

diameter; (4) Tanaman utuhnya menjadi sangat *turgescenti*; (5) Daunnya tidak memiliki jaringan palisade.

4. Variabilitas genetik, bila kultur jaringan digunakan untuk upaya perbanyakan tanaman yang seragam dalam jumlah yang banyak, bukan sebagai upaya pemuliaan tanaman, maka variasi genetik merupakan kendala.
5. Pertumbuhan dan perkembangan, problem utama berkaitan dengan proses pertumbuhan adalah apabila eksplan yang ditanam mengalami stagnasi, mulai dari tanam hingga kurun waktu tertentu tidak mati dan tidak tumbuh.
6. Praperlakuan, masalah yang terjadi pada kegiatan invitro bukan hanya pada penanaman eksplan saja. Pertumbuhan dan perkembangan eksplan dalam botol sangat dipengaruhi oleh pemenuhan persyaratan dalam kegiatan praperlakuan. Masalah serius akan muncul bila kegiatan praperlakuan tidak dilakukan dengan baik.
7. Lingkungan mikro, lingkungan inkubator tidak boleh diabaikan karena juga sering menjadi masalah. Suhu ruangan inkubator sangat menentukan optimalitas pertumbuhan eksplan. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan eksplan.

2.3 Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan seperangkat materi yang disusun secara sistematis, baik tertulis maupun tidak, sehingga tercipta lingkungan atau suasana yang memungkinkan peserta didik untuk belajar. Adapula yang berpendapat bahwa bahan ajar adalah informasi, alat, dan teks yang diperlukan guru atau instruktur untuk perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran (Prastowo, 2014: 138). Sedangkan pendapat lain Menurut Amri & Ahmadi (2010 : 159-160), bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar dikelas. bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis.

Adapun tujuan disusun atau pembuatan bahan ajar itu sendiri menurut Amri & Ahmadi (2010: 159-160) yaitu:

- a. Menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan Kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan peserta didik, yakni bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik dan lingkungan sosial peserta didik.
- b. Membantu peserta didik dalam memperoleh alternatif bahan ajar disamping buku-buku teks yang terkadang sulit diperoleh.
- c. Memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran.

Bahan ajar disusun dengan tujuan; (1) membantu peserta didik dalam mempelajari sesuatu; (2) menyediakan berbagai jenis pilihan bahan ajar; (3) memudahkan pendidik dalam melaksanakan pembelajaran; serta (4) agar kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik (Depdiknas, 2008).

Pembuatan bahan ajar juga memiliki berbagai manfaat baik bagi guru maupun bagi siswa. Menurut Prastowo (2014:141), terdapat beberapa manfaat penyusunan bahan ajar bagi guru yaitu:

- 1) Diperoleh bahan ajar yang sesuai tuntutan Kurikulum dan sesuai dengan kebutuhan belajar peserta didik.
- 2) Tidak lagi tergantung kepada buku teks yang terkadang sulit untuk diperoleh.
- 3) Memperkaya karena dikembangkan dengan menggunakan berbagai referensi.
- 4) Manambah khasanah pengetahuan dan pengalaman guru dalam menulis bahan ajar.
- 5) Membangun komunikasi pembelajaran yang efektif antara guru dengan peserta didik karena peserta didik akan merasa lebih percaya kepada gurunya.
- 6) Menambah angka kredit jika dikumpulkan menjadi buku dan diterbitkan.

Lebih lanjut Amri & Ahmadi (2010: 160), juga mengatakan bahwa bahan ajar sangat banyak manfaatnya bagi peserta didik oleh karena itu harus disusun secara bagus, manfaatnya yaitu: (1) kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik, (2) kesempatan untuk belajar secara mandiri dan mengurangi ketergantungan terhadap kehadiran guru, (3) mendapatkan kemudahan dalam mempelajari setiap kompetensi yang harus dikuasainya.

Berdasarkan pihak-pihak yang menggunakan bahan ajar, fungsi bahan ajar dibedakan menjadi dua macam, yaitu fungsi bagi pendidik dan fungsi bagi peserta didik. Menurut Prastowo (2014: 139-140), fungsi bahan ajar bagi pendidik yaitu:

- a. Menghemat waktu pendidik dalam mengajar.
- b. Mengubah peran pendidik dari seorang pengajar menjadi seorang fasilitator.
- c. Meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif.
- d. Pedoman bagi pendidik yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran dan merupakan substansi kompetensi yang semestinya diajarkan kepada peserta didik.

Sedangkan fungsi bahan ajar bagi peserta didik menurut Prastowo (2014: 140), yaitu :

- a. Peserta didik dapat belajar tanpa harus ada pendidik atau teman peserta didik yang lain.
- b. Peserta didik dapat belajar kapan saja dan dimana saja ia kehendaki.
- c. Peserta didik dapat belajar sesuai dengan kecepatannya masing-masing.
- d. Peserta didik dapat belajar menurut urutan yang dipilihnya sendiri.
- e. Membantu potensi peserta didik untuk menjadi pelajar/mahasiswa yang mandiri.
- f. Pedoman bagi peserta didik yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran dan merupakan substansi kompetensi yang seharusnya dipelajari atau dikuasainya.

Menurut Amri & Ahmadi (2010: 161), juga mengatakan jenis bahan ajar disesuaikan dulu dengan kurikulumnya dan setelah itu dibuat rancangan pembelajaran, seperti contoh dibawah ini :

- a. Bahan ajar pandang (visual) terdiri atas bahan cetak (*printed*) seperti antara lain handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *leaflet*, *wallchart*, foto/gambar, dan non cetak (*non printed*), seperti model/maket.
- b. Bahan ajar dengar (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan *compact disk audio*.
- c. bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti *compact disk*, film.
- d. Bahan ajar multimedia interaktif (*interactive teaching material*) seperti *Computer Assisted Instuction* (CAI), *compact disk* (CD) multimedia pembelajaran interaktif, dan bahan ajar berbasis web (*web based learning materials*).

Lebih lanjut Amri & Ahmadi (2010: 161), menggunakan teknik penyusunan bahan ajar harus disesuaikan dengan kurikulum dasarnya, seperti dibawah ini:

- a. Analisis KD (Kurikulum Dasar) - Indikator.
- b. Analisis sumber belajar
- c. Pemilihan dan penentuan bahan ajar

2.3.1 Pengertian Modul

Menurut Buku Pedoman Umum Pengembangan Bahan Ajar dalam Prastowo (2011: 104), Modul diartikan sebagai sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Selanjutnya modul adalah satuan program pembelajaran terkecil yang dapat dipelajari oleh peserta didik secara perseorangan. Sedangkan Menurut Sukiman (2012: 131), Modul adalah satu kesatuan program yang dapat mengukur tujuan.

Modul merupakan jenis kesatuan kegiatan belajar yang terencana, dirancang untuk memabantu para peserta didik secara individual dalam mencapai tujuan-tujuan belajarnya. Modul juga dimaksudkan untuk mempermudah siswa mencapai seperangkat tujuan yang telah ditetapkan (Wena, 2011: 230). Pengajaran modul juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar menurut cara asing-masing, oleh sebab itu mereka menggunakan teknik yang berbeda-beda untuk memecahkan masalah tertentu berdasarkan latar belakang pengetahuan dan kebiasaan masing-masing (Nasution, 200: 205).

2.3.2 Fungsi dan Tujuan Modul

Terdapat beberapa fungsi modul sebagai salah satu bentuk bahan ajar, menurut Prastowo (2014: 210-2011) modul memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Bahan ajar mandiri, Maksudnya penggunaan modul dalam proses pembelajaran berfungsi meningkatkan kemampuan peserta didik untuk belajar sendiri tanpa tergantung kepada kehadiran pendidik.
- b. Pengganti fungsi pendidik, Maksudnya modul sebagai bahan ajar yang harus mampu menjelaskan materi pembelajaran dengan baik dan mudah dipahami oleh peserta didik sesuai dengan tingkat pengetahuan dan usianya, fungsi

- penjelas sesuai itu juga melekat pada pendidik. Maka dari itu, penggunaan modul bisa berfungsi sebagai pengganti fungsi atau peran fasilitator pendidik.
- c. Sebagai alat evaluasi, Maksudnya dengan modul peserta didik dituntut untuk dapat mengukur dan menilai sendiri tingkat penguasaannya terhadap materi yang telah dipelajarinya.
 - d. Sebagai bahan ajar rujukan bagi siswa, maksudnya karena modul mengandung berbagai materi yang harus dipelajari oleh siswa, maka modul juga memiliki fungsi sebagai bahan rujukan bagi siswa.

Adapun tujuan dalam penyusunan modul menurut Prastowo (2011: 108-109) adalah:

- a. Agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan pendidik.
- b. Agar peran pendidik tidak terlalu dominan dan otoriter dalam kegiatan pembelajaran.
- c. Melatih kejujuran peserta didik.
- d. Mengakomodasi berbagai tingkat dan kecepatan belajar peserta didik.

Agar peserta didik mampu mengukur sendiri tingkat penguasaan materi yang telah dipelajari.

Selain memberi kesempatan kepada murid untuk maju menurut kecepatan masing-masing, modul juga mempunyai tujuan lain yakni (a) memberikan kesempatan untuk memilih di antara sekian banyak topik dalam rangka suatu program, (b) mengadakan penilaian yang sering tentang kemajuan dan kelemahan siswa, dan (c) memberikan modul remedial untuk mengolah kembali seluruh bahan yang telah diberikan guna pementapan dan perbaikan, atau mengulang bahan pelajaran untuk lebih memantapkannya dengan menggunakan cara-cara lain daripada modul semula, sehingga mempermudah pemahaman oleh murid (Nasution, 2000: 66).

2.3.3 Karakteristik Modul

Modul memiliki beberapa karakteristik, antara lain dirancang untuk sistem pembelajaran mandiri, merupakan program pembelajaran yang utuh dan sistematis,

mengandung tujuan, bahan atau kegiatan, dan evaluasi (Prastowo, 2011: 110). Menurut Wena (2010: 232), modul yang baik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Modul merupakan paket pembelajaran yang bersifat *self-instruction*.
- b. Pengakuan adanya perbedaan individual belajar.
- c. Membuat rumusan tujuan pembelajaran secara eksplisit.
- d. Adanya asosiasi, struktur, dan urutan pengetahuan.
- e. Penggunaan berbagai macam media.
- f. Partisipasi aktif dari peserta didik.
- g. Adanya *reinforcement* langsung terhadap respon peserta didik.
- h. Adanya evaluasi terhadap penguasaan peserta didik terhadap hasil belajar.

2.3.4 Jenis Modul

Jenis modul dibagi menjadi dua (1) menurut penggunaannya dan (2) menurut tujuan penyusunannya. Lebih lanjut dilihat dari penggunaannya modul terbagi menjadi dua macam, yaitu modul untuk peserta didik dan modul untuk pendidik. Modul untuk peserta didik berisi kegiatan belajar yang dilakukan oleh peserta didik, sedangkan modul untuk pendidik, tes akhir, dan kunci jawaban tes akhir modul (Prastowo, 2011: 110-111).

Jenis modul lainnya, yakni menurut tujuan penyusunnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu: modul inti (modul dasar) dan modul pengayaan. Pertama, modul inti merupakan modul yang disusun dari kurikulum dasar, yang merupakan tuntutan dari pendidikan dasar umum yang diperlukan oleh seluruh warga negara Indonesia. Kedua, modul pengayaan adalah salah satu bentuk modul yang merupakan hasil dari penyusunan unit-unit program pengayaan yang berasal dari program pengayaan yang bersifat memperluas dan bersifat memperdalam program pendidikan dasar yang bersifat umum tersebut (Vembriarto dalam Prastowo, 2011: 111).

2.3.5 Unsur-unsur Modul

Modul memiliki unsur-unsur tertentu sebagai salah satu ciri pembelajaran individual. Unsur-unsur modul menurut RISTEKDIKTI (2017), sebagai berikut, bagian pendahuluan yang terdiri dari: (1) Deskripsi singkat; (2) Relevansi; (3) Capaian Pembelajaran. Bagian Penyajian yang terdiri dari: (1) Uraian materi, (2)

Latihan; (3) Rangkuman; (4) Pustaka. Dan penutup yang terdiri dari (1) Tugas/Lembar Kerja dan (2) Tes formatif/kunci jawaban soal latihan.

Sedangkan menurut Prastowo (2014: 214) Modul memiliki beberapa unsur yaitu (1) judul, (2) petunjuk belajar (petunjuk peserta didik atau pendidik), (3) kompetensi yang akan dicapai, (4) informasi pendukung, (5) latihan-latihan, (6) dan (7) evaluasi.

2.3.6 Langkah-langkah Pembuatan Modul

Menyusun sebuah modul, menurut Prastowo (2011: 118) ada empat tahapan yaitu:

- 1) Analisis kurikulum, menentukan materi mana dari hasil pemetaan kompetensi inti, kompetensi dasar, dan indikator, serta jaringan tema, yang memerlukan modul sebagai bahan ajar;
- 2) Penentuan judul modul, kita harus mengacu kepada kompetensi dasar atau materi pokok yang ada dalam kurikulum;
- 3) Pemberian kode modul, memudahkan kita untuk mengelola modul adalah angka-angka yang diberi makna;
- 4) Penulisan modul, perumusan kompetensi dasar yang harus dikuasai, menentukan alat evaluasi atau penilaian, penyusunan materi, urutan pengajaran dan struktur bahan ajar (modul).

2.3.7 Keuntungan Pengajaran Modul Bagi Mahasiswa

Pembelajaran dengan modul terdapat keuntungan-keuntungan, Nasution (2000: 206), mengatakan bahwa modul yang disusun dengan baik dapat memberikan banyak keuntungan bagi pelajar antara lain:

- a. Balikan atau *feedback*, modul memberikan *feedback* yang banyak dan segera sehingga siswa dapat mengetahui taraf hasil belajarnya. Kesalahan segera dapat diperbaiki dan tidak dibiarkan begitu saja seperti halnya pengajaran tradisional.
- b. Penguasaan tuntas atau materi, pengajaran modul tidak menggunakan kurva normal sebagai dasar distribusi angka-angka. setiap siswa mendapat kesempatan untuk mencapai angka tertinggi dengan menguasai bahan

pelajaran secara tuntas. Dengan penguasaannya bahwa itu sepenuhnya ia memperoleh dasar yang lebih mantap untuk menghadapi pelajaran baru.

2.3.8 Aspek Yang Dinilai Dalam Modul

Untuk menghasilkan modul pembelajaran yang mampu memerankan fungsi dan peranannya dalam pembelajaran yang efektif, maka modul harus berkualitas sehingga dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Dalam hal ini kualitas modul dinilai dari empat aspek, yaitu aspek-aspek yang didasarkan pada standar penilaian bahan ajar. Aspek-aspek tersebut adalah aspek kelayakan isi, aspek kelayakan penyajian, penilaian bahasa, aspek kelayakan kegrafikaan (Depdiknas, 2008:28).

- e. Kelayakan isi, meliputi kesesuaian materi dengan cakupan materi dan kemampuan yang diharapkan, keakuratan materi, pendukung materi pembelajaran, dan kemutakhiran materi.
- f. Kelayakan penyajian, meliputi teknik penyajian, pendukung penyajian, penyajian pembelajaran, serta kelengkapan penyajian.
- g. Penilaian bahasa, meliputi lugas, komunikatif, dialogis dan interaktif, kesesuaian dengan perkembangan peserta didik, keruntutan dan keterpaduan alur pikir, serta penggunaan istilah, simbol atau ikon.
- h. Kelayakan kegrafikaan, meliputi ukuran modul, desain kulit modul (*cover*), serta desain isi modul.

2.3.9 Pembelajaran Menggunakan Modul

Pembelajaran dengan modul adalah suatu proses pembelajaran mengenai suatu satuan bahasan tertentu yang disusun secara sistematis, operasional dan terarah untuk digunakan oleh peserta didik, disertai dengan pedoman penggunaannya untuk guru (Amri & Ahmadi, 2010: 197). Sedangkan menurut Nasution (2000: 65), pengajaran modul termasuk salah satu sistem individual yang paling baru dan menggabungkan keuntungan dari berbagai metode pengajaran individual lainnya, seperti tujuan spesifik dalam bentuk kelakuan yang dapat diamati dan diukur, belajar menurut kecepatan masing-masing, dan balikan yang banyak.

Pembelajaran menggunakan modul bermanfaat untuk hal-hal sebagai berikut: (1) meningkatkan efektivitas pembelajaran tanpa harus melalui tahap muka secara teratur karena kondisi geografis, sosial ekonomi, dan situasi masyarakat; (2) menentukan dan menetapkan waktu belajar yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan belajar peserta didik; (3) secara tegas mengetahui pencapaian kompetensi peserta didik secara bertahap melalui kriteria yang telah ditetapkan dalam modul; (4) mengetahui kelemahan atau kompetensi yang belum dicapai peserta didik berdasarkan kriteria yang ditetapkan dalam modul sehingga tutor dapat memutuskan dan membantu peserta didik untuk memperbaiki belajarnya serta melakukan remediasi (Depdiknas, 2008).

2.3.10 Validasi dan Revisi Modul

Validasi adalah proses permintaan persetujuan atau pengesahan terhadap kesesuaian modul dengan kebutuhan. Untuk mendapatkan pengakuan kesesuaian tersebut, maka validasi perlu dilakukan dengan melibatkan pihak praktisi yang ahli sesuai dengan bidang-bidang terkait modul. Validasi modul bertujuan untuk memperoleh pengakuan atau pengesahan kesesuaian modul dengan kebutuhan sehingga modul tersebut layak dan cocok digunakan dalam pembelajaran. Validasi modul meliputi: isi materi atau substansi modul; penggunaan bahasa; serta penggunaan metode instruksional (Depdiknas: 2008).

Validasi dapat dimintakan dari beberapa pihak sesuai dengan keahliannya masing-masing antara lain (Depdiknas: 2008). :

- a. Ahli substansi dari industri untuk isi atau materi modul.
- b. Ahli bahasa untuk penggunaan bahasa; atau
- c. Ahli metode instruksional untuk penggunaan instruksional guna mendapatkan masukan yang komprehensif dan objektif.

Untuk melakukan validasi *draft* modul dapat diikuti langkah-langkah sebagai berikut (Depdiknas: 2008):

- a. Siapkan dan gandakan *draft* modul yang divalidasi sesuai dengan banyaknya validator yang terlibat.
- b. Susun instrument pendukung validasi.
- c. Distribusikan *draft* modul dan instrument validasi kepada peserta validator.

- d. Informasikan kepada validator tentang tujuan validasi dan kegiatan yang harus dilakukan oleh validator.
- e. Kumpulkan kembali *draft* modul dan instrument validasi.
- f. Proses dan simpulkan hasil pengumpulan masukkan yang dijamin melalui instrument validasi.

Dari kegiatan validasi *draft* modul akan dihasilkan *draft* modul yang mendapatkan masukan dan persetujuan dari para validator, sesuai dengan bidangnya. Masukan tersebut digunakan sebagai bahan penyempurnaan modul.

Revisi atau perbaikan merupakan proses penyempurnaan modul setelah memperoleh masukan dari kegiatan uji coba dan validasi. Kegiatan revisi *draft* modul bertujuan untuk melakukan finalisasi atau penyempurnaan akhir yang komprehensif terhadap modul, sehingga modul siap diproduksi sesuai dengan masukan yang diperoleh dari kegiatan sebelumnya, maka perbaikan modul harus mencakup aspek-aspek penting penyusunan modul diantaranya yaitu (Depdiknas: 2008):

- a. Pengorganisasian materi pembelajaran.
- b. Penggunaan metode instruksional.
- c. Penggunaan bahasa dan;
- d. Pengorganisasian tata tulis dan perwajahan.

Mengacu pada prinsip peningkatan mutu berkesinambungan, secara terus menerus modul dapat ditinjau ulang dan diperbaiki.

2.4 Penelitian Pengembangan

Pengertian penelitian pengembangan menurut Borg & Gall (1983) dalam Setyosari (2013: 222), yaitu suatu proses yang dipakai untuk mengembangkan dan memvalidasi produksi pendidikan. Tujuan penelitian pengembangan adalah ingin menilai perubahan-perubahan yang terjadi dalam kurun waktu tertentu (Setyosari, 2013: 224). Sedangkan menurut Sukmadinata (2008: 164-165), Penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan. Produk tersebut tidak selalu berbentuk benda dan

perangkat keras (*hardware*), seperti buku, modul, alat bantu pembelajaran dikelas atau dilaboratorium, tetapi biasa juga perangkat (*software*), seperti program komputer untuk pengolahan data, pembelajaran di kelas, perpustakaan atau laboratorium, ataupun model-model pendidikan, pembelajaran, pelatihan, bimbingan, evaluasi, manajemen dan lain-lain.

Pada umumnya penelitian R & D bersifat *longitudinal* (beberapa tahap). Untuk penelitian analisis kebutuhan sehingga mampu dihasilkan produk yang bersifat hipotetik sering digunakan metode penelitian dasar (*basic research*). Selanjutnya untuk menguji produk yang masih bersifat hipotetik tersebut, digunakan eksperimen, atau *action research*. Setelah produk teruji, maka dapat diaplikasikan. Proses pengujian produk dengan eksperimen tersebut, dinamakan penelitian terapan (*applied research*) (Sugiyono, 2012: 11).

Produk-produk sebagai hasil R&D dalam bidang pendidikan menurut Sanjaya (2013: 131-132) diantaranya:

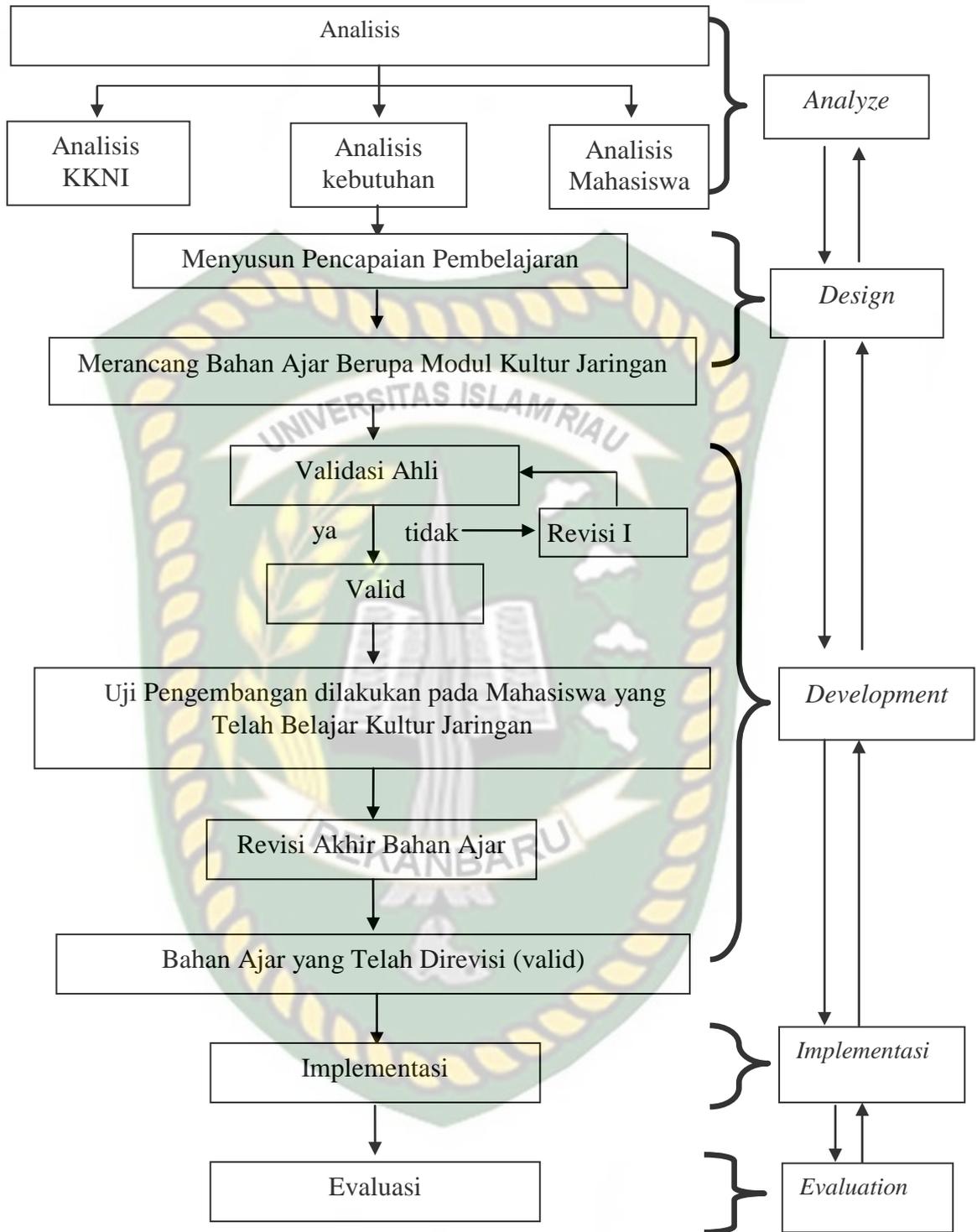
- a. Berbagai macam media pembelajaran dalam berbagai bidang studi baik media cetak seperti buku dan bahan ajar tercetak lainnya, maupun media non cetak seperti pembelajaran melalui audio, video dan audiovisual termasuk media CD.
- b. Berbagai macam strategi pembelajaran berbagai bidang studi bersama langkah-langkah atau tahapan pembelajaran, untuk perbaikan proses dan hasil belajar.
- c. Paket-paket pembelajaran yang dapat dipelajari oleh peserta didik secara mandiri, seperti modul pembelajaran, atau pengajaran berprogram.
- d. Desain sistem pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan tuntutan kurikulum.
- e. Berbagai jenis metode dan prosedur pembelajaran yang sesuai dengan tujuan dan isi/materi pembelajaran.
- f. Sistem perencanaan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik ataupun sesuai dengan tuntutan kurikulum.

- g. Sistem evaluasi baik proses maupun evaluasi hasil untuk pengambilan keputusan yang berhubungan dengan penentuan kualitas pembelajaran atau pencapaian target kurikulum.
- h. Prosedur penggunaan fasilitas-fasilitas pendidik seperti laboratorium *microteaching* termasuk prosedur penyelenggaraan praktik mengajar dan lain sebagainya.

2.5 Model Perancangan Pengembangan

Merancang suatu pembelajaran yang baik tidak lepas dari pendekatan yang akan digunakan tersebut diharapkan mampu menarik perhatian siswa sehingga siswa menjadi lebih fokus akan pelajaran. Hal tersebut dapat mempermudah bagi siswa dan guru untuk mencapai tujuan pembelajaran. Terdapat berbagai model rancangan pembelajaran dengan berbagai pendekatan yang bisa digunakan dalam penelitian pengembangan. Model pengembangan yang akan ditetapkan mengacu kepada model pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Molenda (2003).

Model tersebut terdiri dari lima tahapan yaitu Analisis (*Analysis*), Perancangan (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi/penerapan (*Implementation*) dan Evaluasi/umpan balik (*Evaluation*). Adapun uraian tahapan tersebut pada Gambar 1. sebagai berikut:



Sumber : Modifikasi Peneliti dari Molenda 2003.

Gambar 1. Langkah-langkah ADDIE (*Analisis* Sampai Tahap *Evaluation*)

Adapun uraian dari tahapan ADDIE Modifikasi Peneliti dari Harahap (2017) tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Analysis (Analisis)*

Tahap pertama yang dilakukan sebelum melakukan pengembangan modul adalah dengan melakukan Analisis terdiri dari: Analisis Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), Analisis Kebutuhan dan Analisis Mahasiswa. Analisis materi dilakukan dengan cara mengidentifikasi materi utama yang perlu diajarkan, mengumpulkan dan memilih materi yang relevan, dan menyusunnya kembali secara sistematis dan sebelum menulis modul, capaian pembelajaran yang hendak diajarkan perlu dirumuskan terlebih dahulu. Hal ini berguna untuk membatasi peneliti supaya tidak menyimpang dari tujuan semula pada saat mereka sedang menulis modul.

2. *Design (Perancangan)*

Pada konteks pengembangan modul, pertama tahap ini melaksanakan eksperimen kultur jaringan, dan kemudian merancang hasil dari eksperimen kultur jaringan dalam bentuk modul. Disamping itu, perlu juga dipertimbangkan sumber-sumber pendukung lain seperti sumber belajar yang sesuai dan sebagainya.

3. *Development (Pengembangan)*

Pengembangan merupakan proses untuk mewujudkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Langkah pengembangan meliputi membuat materi ajar. Pada kegiatan ini dilakukan evaluasi oleh ahli dalam bidangnya. Saran-saran yang diberikan digunakan untuk memperbaiki materi dalam modul yang telah disusun.

4. *Implementation (Implementasi/penerapan)*

Implementasi merupakan langkah untuk menerapkan modul yang telah dirancang dengan tatap muka dan asesmen. Pada tahap ini semua yang dikembangkan diatur sedemikian rupa sesuai dengan peran atau fungsinya agar dapat diimplementasikan dengan baik.

5. *Evaluation (Evaluasi/umpan balik)*

Evaluasi merupakan program pembelajaran, perbaikan, proses untuk melihat sejauh mana tingkat keberhasilan dari modul yang telah dibuat, apakah sesuai dengan harapan awal atau tidak. Evaluasi sangat dibutuhkan karena dapat menjadi

bahan untuk mengukur kevalidan modul yang telah diterapkan, jika terdapat kekeliruan dapat dilakukan tahap revisi atau rancangan tersebut.

2.6 Penelitian Relevan

Berikut ini akan disajikan beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini, yaitu:

Harahap, Nurhasanah (2017) yang berjudul "Pengembangan Modul Mata Kuliah Tanaman Obat Pada Materi Budidaya Tanaman Obat Keluarga di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Islam Riau, Dari hasil penelitian dapat disimpulkan, modul Tanaman Obat yang dikembangkan mendapat tanggapan Sangat valid digunakan dalam proses pembelajaran. Hal ini dapat dilihat dari rata-rata respon peserta didik dengan rata-rata presentasi 92,07% (Sangat valid).

Mahadi, I, Wan S, dan Suci, A, (2015), yang berjudul "Kultur Jaringan Jeruk Kasturi (*Citrus Microcarpa*) Dengan Menggunakan Hormon Kinetin Dan Naftalen Acetyl Acid (NAA) " Hasil penelitian menunjukkan pengaruh Kinetin dan NAA secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan eksplan Jeruk Kasturi. Persentase tumbuh eksplan 100% tumbuh, kecuali perlakuan K5A0, waktu muncul akar tercepat pada perlakuan K0A0,5 yaitu dengan rerata 2,3 hari setelah tanam (HST). Muncul tunas eksplan biji jeruk kasturi yang paling cepat pada perlakuan K5A0 yaitu 5 (HST). Jumlah tunas terbanyak yaitu pada perlakuan K3A2 adalah 2.4 tunas, panjang tunas tertinggi yaitu pada perlakuan K3A0 adalah 7.1 tunas, dan jumlah akar terbanyak yaitu pada perlakuan K0A0,5 adalah 8,1 akar.

Syah, F, Imam, M, Darmawati (2016) yang berjudul "Mikropropagasi In Vitro Jeruk Kuok (*Citrus Nobilis Lour*) Menggunakan Hormon 2,4-D Dan Tdz (Thidiazuron) Sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi Di SMA" dapat disimpulkan interaksi 2,4-D dan TDZ berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan eksplan biji jeruk Kuok. Sehingga pemberian konsentrasi yang tepat pada setiap perlakuan memberikan perbedaan di setiap perlakuan. Rancangan modul pembelajaran di SMA dapat di kembangkan dan terapkan di dalam proses pembelajaran Biologi pada materi Bioteknologi Modren.

Yuswanti, H, I putu, D, Utami, dan I wayan, W (2017) yang berjudul “Mikropropagasi Anggrek Phalaenopsis dengan Menggunakan Eksplan Tangkai Bunga” dapat disimpulkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan M2 ada kecenderungan menunjukkan pertumbuhan terbaik yang dicerminkan pada variabel saat pembengkakan mata tunas (23,77 HST), saat terbentuk tunas (49,33 HST) dan tinggi tunas (2,12cm).

