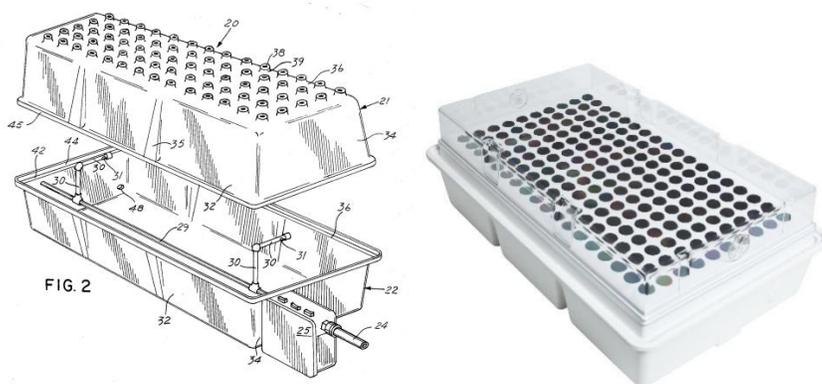


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Aero-hydroponic cutting*

Teknologi *aero-hydroponic cutting* ditemukan oleh Steven M. Schoor di Colorado, US pada tahun 1983 dan dipatenkan pada 7 Mei 1984 (Schorr *et al*, 1985). Sistem *aero-hydroponic cutting* merupakan metode perbanyakan tanaman dengan menempatkan zona perakaran pada area tertutup yang diberi asupan nutrisi dan hormon dalam bentuk partikel kabut dengan tekanan tertentu dan jadwal penyemprotan yang diatur menggunakan *timer*.

Penemuan teknologi *aero-hydroponic cutting* (gambar 1) dimaksudkan untuk pengembangan metode peningkatan perkembangan struktur akar batang dan daun. Teknologi aeroponik dilakukan dalam ruang tertutup sehingga stek mendapatkan kelembaban yang cukup serta penambahan nutrisi, pupuk, dan perangsang tumbuh pada larutan penyemprotan.



Gambar 1. Bak Tanam *Aero-hydroponic cutting*

Sistem aeroponik bekerja dengan mengabutkan larutan nutrisi pada perakaran stek dengan media udara bebas. Dibanding sistem budidaya lain sistem aeroponik memiliki keunggulan dapat mengontrol faktor pertumbuhan berupa nutrisi, fisik larutan, dan kondisi lingkungan. Penerapan aeroponik dilakukan pada industri farmasi herbal untuk produksi senyawa hasil metabolik sekunder tanaman. Menurut Hayden *et al* (2002) asam klorogenik (senyawa anti oksidan) yang dihasilkan di daerah perakaran stek Burdock (*Arctium lappa L.*) berbeda nyata dengan kontrol yang ditanam pada media tanah. Pengaturan faktor pertumbuhan pada aeroponik dapat dimanfaatkan pada proses stek dimana pada saat pertumbuhan akar adventif stek memerlukan mineral mineral spesifik serta hormon yang sulit didapat pada media stek konvensional ketika sistem perakaran belum terbentuk.

Perbanyakan vegetatif merupakan upaya pemuliaan tanaman dengan menggunakan organ vegetatif tanaman untuk ditumbuhkan menjadi individu baru, adapun istilah yang sering digunakan dalam perbanyakan vegetatif adalah sebagai berikut: 1) Klon, merupakan hasil perbanyakan yang memiliki sifat identik dengan induk; 2) Ortet, tanaman yang diambil materi genetiknya untuk diperbanyak; dan 3) Ramet, merupakan turunan dari ortet. Istilah tersebut digunakan dalam inventarisasi klon klon unggul pada pembangunan hutan klonal (Nurhasybi dkk. 2000).

Sistem perbanyakan vegetatif memiliki keunggulan berupa proses perbanyakan yang dapat dilakukan di sepanjang tahun tanpa bergantung dengan stok biji seperti halnya pada sistem perbanyak generatif. Adapun teknik perbanyakan vegetatif makro antara lain stek (*cutting*), runduk (*layering*), cangkok (*air layering*), Tempel (*budding*), dan Sambung Pucuk (*grafting*).

Sistem perbanyak stek memanfaatkan sifat sel pada organ vegetatif tanaman yang dapat berdediferensiasi membentuk fungsi yang lain. Adapun organ vegetatif yang dapat digunakan sebagai bahan stek adalah batang, akar, pucuk, dan daun. Hampir seluruh produksi tanaman massal di dalam *green house* menggunakan metode stek. Klasifikasi stek batang berdasar karakter dan jenis batang terdiri *hardwood*, *semi-hardwood*, *softwood*, dan *herbacious*. Untuk melakukan stek batang dapat menggunakan metode banyak atau tidaknya jumlah tunas lateral atau tunas apikal pada bahan stek hal ini dapat menunjukkan keberadaan akar adventif pada batang. Salah satu yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan stek adalah adanya calon akar adventif (Van Overbeek, 1888).

Akar adventif memiliki struktur yang sama dengan akar yang berada di bawah permukaan tanah hanya saja memiliki fungsi yang berbeda misalnya pada tanaman bakau akar adventif berfungsi untuk melakukan penyerapan oksigen pada udara bebas dan sulit didapat oleh akar pada keadaan media yang terendam. Studi tentang keberadaan akar adventif telah dilakukan oleh anatomis tumbuhan selama puluhan tahun. Akar adventif tidak akan tumbuh jika kondisi lingkungan tidak mendukung, hal ini sulit untuk menentukan adanya akar adventif dalam batang. Namun jika lingkungan mendukung seperti pada proses stek akar adventif akan muncul, proses ini disebut dengan *induced root* atau *wound root*.

Akar adventif (*primordia root*) merupakan perkembangan dari jaringan meristem interkalar. Menurut prietsley (1929) akar adventif pada tanaman dikotil berada pada bagian luar atau tepat pada pembuluh vaskuler. Kumpulan kecil sel meristem kemudian membelah menjadi sel kecil yang sangat banyak dan membentuk

akar primordia. Kemudian kumpulan sel tersebut membentuk ujung akar, jaringan vascular kemudian terbentuk di dalam akar primordium dan terhubung dengan pembuluh vascular tanaman. Ujung akar kemudian tumbuh keluar menembus korteks muncul dibagian dibagian epidermis batang.

Sementara pada tanaman berkayu yang memiliki 2 atau lebih lapisan xylem dan phloem sekunder. Akar adventif berada pada lapisan termuda lapisan phloem sekunder, atau lebih tepatnya akar muncul dari bagian jaringan vascular, atau kambium. Secara umum perkembangan akar adventif berada diluar atau dari inti sel vascular. Saat akar tumbuh membentuk ujung akar dan muncul dari batang akar tetap memiliki jalinan pembuluh dengan pembuluh vascular batang (Stangler, 2001).

Selain bahan tanam hal lain yang perlu diperhatikan adalah aspek lingkungan untuk mendukung proses fisiologi stek untuk pembentukan tunas pucuk dan akar. Menurut Hartman (2002) peningkatan keberhasilan perbanyakan tanaman khususnya melalui stek dapat dilakukan dengan melakukan beberapa aspek berikut 1) *Microclimatic condition*; cahaya, kelembaban, suhu, dan ketersediaan gas (oksigen dan karbondioksida, etilen dan lain lain); 2) Faktor edafik; berupa kualitas fisika dan kimia medium pertumbuhan. 3). Faktor Biotik; atau interaksi bahan tanam dengan organisme lain seperti interaksi bahan tanam dengan mikroba yang menguntungkan (mikoriza) maupun patogen dan hama pengganggu. Manajemen ketiga faktor lingkungan di atas sangat diperlukan dalam melakukan stek.

Medium perakaran berperan sangat penting dalam perkembangan stek. Adapun menurut Long (1932) fungsi medium dalam stek adalah: 1) menegakkan

bahan stek hingga terbentuknya akar; 2) menjaga kelembaban lingkungan 3) menyediakan rongga udara untuk pertumbuhan stek. Media yang ideal untuk pertumbuhan stek media yang menyediakan pori makro yang besar untuk aerasi dan dapat mengikat air sebagai suplai makanan tumbuhan. Selain itu media juga harus memiliki nilai pH yang sesuai untuk pertumbuhan akar adventif.

Nilai pH yang optimum untuk proses perakaran adalah 6, 5, jika media terlalu asam akan menghambat proses perakaran sementara pada medium yang basa tidak menunjukkan hasil yang signifikan untuk pertumbuhan akar. Aras pertukaran kalsium berpengaruh terhadap jumlah akar dan panjang akar peningkatan kapasitas tukar kalsium akan menyebabkan menurunnya jumlah akar bahan stek.

Penyediaan oksigen yang cukup oleh media juga sangat mutlak diperlukan untuk pembentukan akar. Akar pada stek pada medium hidroponik yang diberi aerator tumbuh lebih banyak dibanding yang tidak diberi aerator. Kadar oksigen minimum yang harus ada dalam media adalah sebesar 1 ppm namun menurut *English ivy* (sebuah perkumpulan universitas) kadar minimum yang harus ada dalam media stek adalah 10 ppm. Menurut Tinga (1952) aerasi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan akar stek, percobaan stek tanaman Dedalu (willow; *Salix L.*) dengan variasi panjang bahan stek di dalam air dan pemberian aerasi menunjukkan bahwa unit percobaan yang diberi aerator memiliki akar di sepanjang bagian yang terendam sementara pada stek yang tidak diberi aerator, akar hanya tumbuh pada bagian yang dekat dengan permukaan air dimana lebih banyak kandungan udara dari udara bebas.

Menurut Trueman dkk (2013) *Corymbia citriodora* menyerap nutrisi pada media sebanyak 17% hingga 31% menjadi massa tanaman selama pertumbuhan stek

dengan total N yang diserap 27-46 %. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun tanaman tidak memiliki organ penyerapan nutrisi secara sempurna tetap melakukan proses penyerapan nutrisi dan tidak hanya mengandalkan cadangan makanan yang ada pada organ vegetatif. Jenis mineral yang berperan dalam pembentukan akar adventif adalah vitamin B yang secara alamiah terdapat pada tanaman namun sifatnya yang *imobilize* sehingga perlu ditambahkan pada proses stek.

Parameter yang dicermati untuk memastikan tanaman dalam kondisi normal dalam perbanyakan stek adalah intensitas sinar matahari, tegangan air daun, dan temperatur daun hasil dari pengamatan tersebut kemudian digunakan sebagai perhitungan nilai perbedaan tekanan uap daun atau VPD (*Vapour Pressure Deficit*). Nilai VPD yang tinggi akan meningkatkan laju transpirasi yang menyebabkan tumbuhan dehidrasi dan layu. Dari parameter fisiologis yang telah dijelaskan sebelumnya kemudian diterjemahkan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk stek. Salah satu inovasi untuk meningkatkan keberhasilan stek dilakukan oleh Badan Litbang Kehutanan bekerja sama dengan Komatsu Ltd dengan mengenalkan teknik perbanyakan *Komatsu Forda Fog cooling System* (KOFFCO). Teknik stek KOFFCO adalah dengan menciptakan kelembaban untuk mengurangi transpirasi stek yang dilakukan dengan mesin pengembun air, selain itu tanaman stek juga disungkup menggunakan sungkup PVC.

B. *Electric Conductivity* (EC)

Electric conductivity (EC) merupakan satuan konduktivitas larutan untuk menghantarkan arus listrik dari anion menuju kation. Semakin banyaknya molekul

terlarut maka nilai EC akan semakin tinggi. Nilai EC juga mengacu pada kesuburan media pertumbuhan (ketersediaan mineral pertumbuhan). Nilai EC yang terlalu kecil menyebabkan nutrisi tidak dapat diserap oleh akar tanaman secara optimum sementara pada nilai EC yang terlalu tinggi justru akan menjadi racun untuk tanaman itu sendiri. Pencarian nilai EC yang optimum sangat diperlukan untuk menunjang pertumbuhan tanaman.

Nilai EC pada larutan hidroponik dapat diukur dengan menggunakan EC meter. Satuan EC adalah milimos per senti meter (mmho/cm) dan atau milisiemen per sentimeter (mS/cm). Perhitungan nilai EC juga dapat dilakukan dengan menggunakan TDS meter (*total dissolved solids*) yang menghasilkan pengukuran dengan satuan ppm (*part per milion*). Adapun konversi hasil pengukuran TDS ke satuan mS/cm adalah sebagai berikut :

$$\text{Hanna: } 1\text{ms/cm} = 1 \times 1000 / 2 = 500 \text{ ppm}$$

$$\text{Truncheon: } 1\text{ms/cm} = 1 \times 1000 / 1,4285 = 700 \text{ ppm}$$

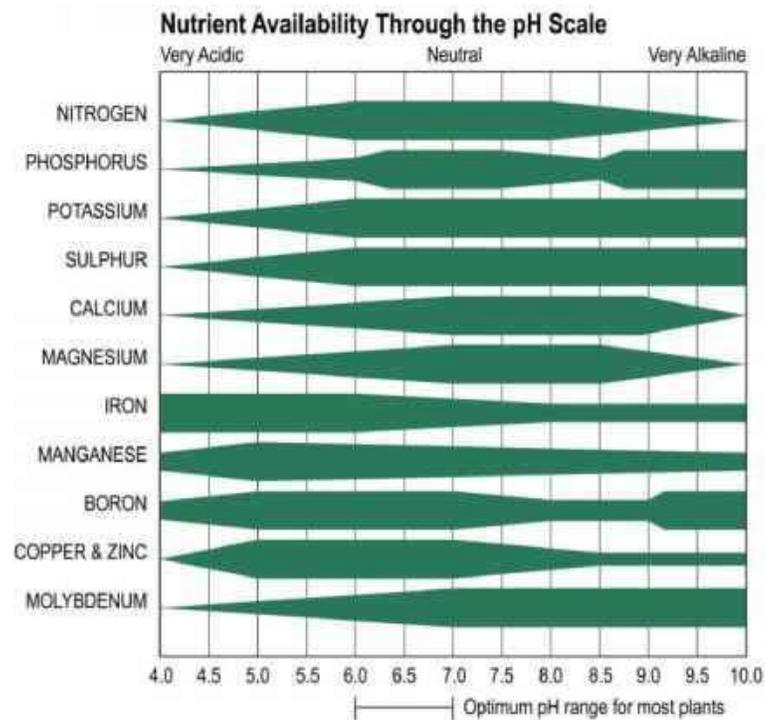
$$\text{Eutech: } 1 \text{ ms/cm} = 1 \times 1000 / 1,5625 = 640 \text{ ppm.}$$

Meskipun memiliki korelasi dengan kepekatan larutan nilai EC juga bergantung pada suhu dan jenis nutrisi yang ada dalam nutrisi, listrik hanya mampu dihantarkan oleh molekul yang bersifat konduktor khususnya garam-garaman. Berikut tabel jumlah ion garam minimum dalam green house menurut Rohmaniah dkk (2015).

Tabel 1. Daftar Konsentrasi Mineral Maksimum pada Larutan Nutrisi Didalam *Green House*.

Elemen	Konsentrasi Maksimum (ppm)
Nitrogen (NO ₃ - N)	5
Phosphor (H ₂ PO ₄ - P)	5
Potassium (K ⁺)	5
Calcium (Ca ⁺⁺)	120
Magnesium (Mg ⁺⁺)	25
Chlorida (Cl ⁻)	100
Sulphat (SO ₄ ⁻⁻)	200
Bicarbonat (HCO ₃ ⁻)	60
Sodium (Na ⁺⁺)	30
Iron (Fe ⁺⁺⁺)	5
Boron (B)	0.5
Zinc (Zn ⁺⁺)	0.5
Manganese (Mn ⁺⁺)	1.0
Copper (Cu ⁺⁺)	0.2
Molybdenum (Mo)	0.02
Fluoride (F ⁻)	1

Pada situasi tertentu nilai EC yang terlalu tinggi dapat menyebabkan nilai pH tanaman yang justru dapat menurunkan ketersediaan nutrisi. Molekul garam yang ada pada nutrisi mempengaruhi pH larutan jika larutan memiliki pH lebih dari 8.5 justru dapat menjadi racun bagi sel. Oleh sebab itu pengukuran pH pada larutan nutrisi harus dilakukan sebelum aplikasi. Nilai optimum pH larutan hidroponik adalah 5, 5-6, 5. Larutan dengan pH > 6, 5 akan ditemukan unsur yang mengendap hal ini justru mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur terkait (Rohmaniah dkk, 2015). Hal ini sesuai dengan grafik ketersediaan unsur hara terhadap pH pada instalasi aeroponik (Florence Grovida Gardening, 2015). Pada kondisi pH larutan nutrisi diatas 6, 5 (basa) maka dibutuhkan penambahan larutan asam berupa H₂SO₄ (Asam Sulfat) hingga pH turun menjadi 6,5 asam sulfat dipilih karena unsur sulfur dibutuhkan tanaman dalam proses pertumbuhan. Sementara pada keadaan larutan yang terlalu asam maka dilakukan penambahan larutan basa berupa KOH (kalium hidroksida).



Gambar 2. Diagram Ketersediaan Unsur Hara pada Berbagai Nilai pH

Pada teknologi hidroponik nilai EC optimum nutrisi adalah 1,5 - 3,5 mS/cm. kecuali tanaman tomat yang dapat hidup pada nilai EC hingga 7 mS/cm. Nilai EC yang tinggi akan menyebabkan keracunan sel serta klorosis. Larutan yang terlalu pekat juga menyebabkan larutan keluar dari sel (osmosis). Nilai EC yang optimum berkorelasi positif dengan pertumbuhan tanaman. Mudahnya unsur hara untuk diserap tanaman EC yang tinggi juga merupakan tingginya nutrisi terlarut. Hal ini menunjukkan pentingnya pengaturan nilai EC dalam proses budidaya tanaman. Penyelidikan nilai EC optimum suatu komoditas dalam masa pertumbuhan dapat dilakukan dengan menggunakan unit percobaan dengan variasi perlakuan nilai EC larutan nutrisi dari nilai EC minimum hingga maksimum.

D. Tanaman Murbei

Tanaman murbei (*Morus spp*) berasal dari dataran Cina. Domestifikasi murbei berlangsung ketika mulai adanya industri serat sutera di Indonesia. Sentra industri murbei terbesar di Indonesia berada di Sulawesi Selatan dengan luas lahan produksi tanaman sebesar 1.713 hektar (Isnain, 2015). Tanaman murbei juga digunakan sebagai sumber protein pakan ruminansia sebagai pengganti konsentrat. Kandungan protein kasar pada daun murbei berkisar 22-23% dan lebih tinggi dibanding pakan hijauan lain (Tee, 2014).

Taksonomi murbei masuk dalam Divisi: spermatophyta; Kelas: Angiospermae; Ordo: Urticales; Famili Moraceae; Genus: *Morus*. Murbei masuk dalam jenis tanaman perdu dengan percabangan yang banyak serta tinggi tajuk dapat mencapai 9 meter. Daun murbei berbentuk hati dengan tepian bergerigi dan memiliki bulu halus pada permukaannya. Bunga tanaman murbei berbentuk tandan dengan mahkota berbentuk tajuk berwarna putih terdapat jenis bunga jantan dan betina pada satu individu tanaman murbei, bunga tanaman muncul tumbuh pada ketiak daun. Buah murbei masuk dalam jenis buah buni dengan warna hijau dan biru kehitaman ketika masak.

Tanaman murbei dapat tumbuh diberbagai lokasi dengan variasi Suhu, pH, dan ketinggian yang berbeda dan mudah untuk dibudidaya. Lokasi pertumbuhan tanaman murbei berada pada suhu rata rata 21 °C -25 °C dengan kelembaban udara 60% - 90% serta curah hujan rata-rata tahunan 2000 mm-3000 mm dan juga intensitas penyinaran matahari penuh (Minarningsih, 2016).

E. Hipotesis

Penggunaan teknologi *aero-hydroponic cutting* dengan nilai EC 8 mS/cm dapat meningkatkan keberhasilan stek murbei.