
PERBANDINGAN DESKRIPTIF KONSEPSIONAL BENIH KONVENSIONAL DENGAN BENIH ARTIFISIAL

Oleh : Prof. Dr. Ir. Darwati Susilastuti, MM

ABSTRAK

Melalui rekayasa genetik dan bioteknologi lainnya, keterbatasan teknik pemuliaan konvensional secara bertahap diharapkan dapat di atasi. Konsep manipulasi genetik secara langsung pada embrio melalui embriogenesis somatik menawarkan potensi untuk memproduksi benih super pada beberapa jenis tanaman. Namun, kesulitan teknis seperti menginduksi dormansi dan teknik enkapsulasi yang optimum untuk memungkinkan penanganan benih secara normal/konvensional perlu dikembangkan. Kendala lain adalah biaya yang masih tinggi untuk memproduksi benih artifisial. Dengan kemajuan teknologi, bidang teknologi benih harus dapat menciptakan kriteria-kriteria baru yang baku guna penilaian mutu benih yang dihasilkan oleh teknologi tersebut. Dengan demikian kepentingan petani tidak terabaikan, bahkan kemajuan itu semua adalah untuk meningkatkan kesejahteraan pelaku primer yaitu petani.

ABSTRACT

Through genetic engineering and other biotechnology, the limitations of conventional breeding techniques are gradually expected to overcome. Genetic manipulation directly concept of embryos through somatic embryogenesis offers the potential to produce super seed in some types of plants. However, technical difficulties such as encapsulation technique induces dormancy and optimum to allow normal handling of seed / conventional need to be developed. Another obstacle is still high cost of producing artificial seeds.

With the advancement of technology, the field of seed technology should be able to create new criteria for quality assessment of raw seeds produced by these technologies. Thus the interests of farmers are not left behind, even though progress is to improve the welfare of all the primary actors are farmers.

Keywords: conventional seeds, artificial seeds, encapsulation, seed production, somatic embryos

I. PENDAHULUAN

Memasuki abad XXI, sektor pertanian dihadapkan pada berbagai masalah dan tantangan yang semakin kompleks, namun hal ini juga merupakan suatu peluang. Masalah utamanya adalah terbatasnya SDA, kapital dan SDM yang berkualitas. Sedangkan tantangan yang memerlukan pemecahan adalah peningkatan produktivitas dan pendapatan, serangan hama dan penyakit tanaman, dan meningkatnya kebutuhan terhadap produk pertanian baik dalam jumlah maupun kualitas.

Keharusan pertanian Indonesia untuk bisa memenuhi pangan segenap rakyat yang jumlahnya akan melebihi 250 juta orang dan memenuhi kelestarian biosfera sebagaimana tuntunan masyarakat dunia terhadap wilayah tropika basah, merupakan dua “isyarat dunia” yang harus dihadapi kalangan perbenihan pada khususnya. Di satu sisi harus mengupayakan benih sebagai sarana

efisiensi produksi yang tinggi, dan di sisi lain untuk menjadi sarana yang berdimensi keanekaragaman hayati yang bersifat konservatif.

Penggunaan variates unggul tanaman harus disertai oleh tersediannya benih/bibit tanaman yang bermutu tinggi dalam jumlah dan waktu yang tepat. Untuk meningkatkan prduktivitas, efisiensi dan daya saing produk pertanian, maka bioteknologi perlu diintegrasikan dengan teknik konvensional. Penerapan teknik artifisial (sintetik) perlu terus dikembangkan sehingga meningkatkan kemampuan dan efisiensi dalam perbenihan.

Penggunaan variates unggul tanaman harus disertai oleh tersediannya benih/bibit tanaman yang bermutu tinggi dalam jumlah dan waktu yang tepat. Untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi dan daya saing produk pertanian, maka bioteknologi perlu diintegrasikan dengan teknik konvensional. Penerapan teknik in

vitro, seperti embriogenesis somatik untuk menghasilkan benih artifisial (sintetik) perlu terus dikembangkan sehingga meningkatkan kemampuan dan efisiensi sistem perbenihan .

Dengan globalisasi perbenihan, maka bidang analisis benih yang merupakan ujung tombak komersialisasi benih, dituntut, untuk mampu menghadapi kepastian mutu benih yang menunjang berbagai kepentingan pembangunan pertanian yang bercorak konvensional dengan ecofarming yang biokonservatif maupun dengan techhofarming yang bioteknologis, baik menghadapi benih botani yang bersifat ragam genetik luas maupun benih artifisial yang spesifik .

Permasalahan yang dapat dirumuskan berkaitan dengan latar belakang di atas adalah:

1. Apa perbedaan batasan konsepsional benih konvensional dan benih artifisial dalam hubungannya dengan taraf budaya tani

2. Bagaimana perkembangan penggunaan benih artifisial dalam budaya tani di Indonesia

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengkaji dan memahami perbedaan konsepsi benih konvensional dan benih artifisial serta perkembangan penggunaan benih artifisial dalam budaya tani di Indonesia.

II. PERKEMBANGAN PERBENIHAN DAN BUDAYA PERTANIAN

Perbenihan tanaman adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan pengadaan, pengelolaan dan peredaran benih tanaman. Perbenihan dipandang sebagai suatu sistem pengadaan benih bermutu untuk memenuhi kebutuhan benih petani dalam usaha taninya yang terdiri dari subsistem makro dan sub sistem mikro.

Berdasarkan sejarah, manusia awal mulanya menggantungkan bahan pangannya kepada produk suatu tumbuhan yang dikumpulkan dari hutan. Dengan perkembangan budaya manusia, tumbuhan

tidak hanya sebagai penghasil biji sebagai bahan pangan (grains), namun diberi fungsi untuk menghasilkan biji sebagai bahan tanam. Biji yang berfungsi sebagai bahan tanam disebut dengan benih (seeds). Penggunaan benih oleh manusia menandai transisi dari pengumpulan makanan secara nomaden (berkelana) ke sivilisasi berdasar pertanian. Proses tersebut terjadi berbeda dari satu Negara dengan Negara lainnya. Seleksi, domestikasi, introduksi dan pemuliaan modern merupakan tahapan evolusi yang penting dalam suplai benih pada berbagai jenis tanaman yang berkembang menjadi tipe baru, varietas baru, dan atau spesies baru.

Pada tataran (taraf) I, pertanian dilakukan secara berkelana (primitif, berpindah-pindah), teknologi budidaya taninya masih minim. Belum ada usaha untuk mendapatkan benih, bahan tanam yang digunakan asal biji (non benih) yang dapat tumbuh sehingga dikatakan benih dalam taraf struktural.

Pada tataran II yaitu pertanian non agronomi (sederhana), benih sebagai bahan tanam telah dibedakan dari biji, tetapi asal berproduksi saja, belum dikenal mutunya. Pada taraf ini, petani mendapatkan benihnya dalam usahatannya sendiri dengan teknologi yang sederhana untuk kepentingan sendiri. Dengan telah memfungsikan biji yang telah diseleksi sebagai bahan tanam, pengertian dasar benih berada pada taraf fungsional dengan status benih non mutu non komersial.

Pada taraf selanjutnya yaitu tataran III, budaya tani berada pada pertanian agronomik minim teknologi (teknologi madya), disini benih dituntut untuk dapat menghasilkan tanaman yang berproduksi normal (viabel potensial), sehingga disyaratkan benih yang bermutu baik (good seeds) pada pengertian agronomis, berdasarkan kepercayaan namun tanpa garansi mutu. Status mutu benih dikenal namun tanpa sertifikat legalisasi. Pada taraf ini, petani mendapatkan benih dengan membeli benih yang tidak bersertifikat.

Pada taraf ini benih berfungsi sebagai sarana berproduksi maksimum, jelas spesiesnya dengan varietas yang belum jelas genetiknya.

Benih yang bemutu baik dan benar (*good and true seeds*) didapatkan berdasarkan proses sertifikasi yaitu merupakan sarana teknologi pada pertanian yang berorientasi untuk mencapai produksi optimum dan melestarikan pada pertanian agronomik teknologik plus (teknologi modern). Petani mendapatkan benih baik dan benar dengan yang bervigor (kekuatan tumbuh) tinggi cara membeli benih bersertifikat dengan label yang memberikan informasi mutu dan garansi. Pada taraf ini (tataran IV), benih merupakan sarana produksi lestari yang biokonservatif pada teknologi budidaya pertanian yang bersifat komersial.

Perkembangan budaya pertanian yang semakin canggih (tataran V, berkaidah bioteknologi non agronomi), orientasi pengusaha tani adalah untuk mencapai efisiensi maksimal. Pada taraf ini mulai

digunakan benih artifisial (benih buatan/sintetis) hasil rekayasa bioteknologi sebagai sarana produksi pertanian bioteknologi. Benih dalam pengertian ini dapat berupa biji hasil rekayasa genetik ataupun bahan tanam vegetatif bersertifikat yang mempunyai sifat genetik yang spesifik. Pada tingkat kemajuan teknologi ini, bidang teknologi benih harus dapat menciptakan kriteria-kriteria baru yang baku guna penilaian mutu benih yang dihasilkan teknologi tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa perkembangan mutu benih selalu sejajar dengan perkembangan budaya pertanian karena adanya tuntutan mutu benih sebagai sarana untuk dapat memenuhi perkembangan budaya tani atau sebaliknya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Teori Kesejajaran Sadjad (Susilastuti, 2016).

III. BATASAN KONSEPSIONAL BENIH KONVENSIONAL DAN BENIH ARTIFISIAL

Secara konvensional benih didefinisikan sebagai suatu wadah yang di dalamnya terdapat tanaman mini (embrio) yang sedang istirahat. Berdasarkan Keppres No. 72 th. 71, dikemukakan bahwa benih adalah segala bahan tanam untuk dikembangkan baik berupa biji maupun bibit .

Dengan implikasi yang meningkat, pengertian benih dapat diajukan sebagai berikut : Benih secara terstruktur adalah sebagai bakal biji yang dibuahi, secara fungsional merupakan biji tumbuhan untuk tujuan pertanaman, yang dalam konteks agronomi menjadi sarana produksi yang mampu mencapai produksi maksimum, dan dalam konteks teknologi benih mampu melestarikan identitas genetik dengan mencapai derajat kemurnian genetik setinggi-tingginya, serta dalam rekayasa bioteknologi merupakan produk merupakan produk artifisial yang sangat spesifik dan efisien .

Untuk tataran selanjutnya benih akan berupa produk manufaktur. Bukan lagi benih alami yang mengandung tanaman mini embrional yang dipersiapkan untuk menghadapi kondisi lingkungan tumbuhnya dan terlindungi oleh kulit benih dari yang metabolismenya mengikuti kaidah alami secara rinci dan sistematis . Benih dilahirkan oleh rekayasa manusia untuk suatu kepentingan yang spesifik, dan lebih bersifat spesifik pula dalam perumbuhannya, atau tanaman mini dalam kapsul yang bukan embrional lagi. Oleh karena itu, benih yang lahir dari upaya bioteknologi dan rekayasa genetik yang sangat canggih dan menunjang budidaya tanaman yang sangat lain dari budaya konvensional yang ada sekarang. Sebagai wahana bioteknologi, benih memerlukan kaidah yang lain baik dalam pembicaraan struktur anatomisnya, dalam konteks pengawasan mutunya, maupun dalam kaitan nilai ekonomisnya .

Pengembangan industri perbenihan di INDONESIA terkait erat dengan pengembangan variates unggul. Penyediaan variates unggul merupakan awal dari system produksi dan distribusi benih bermutu yaitu benih bermutu genetik, fisiologik maupun maupun fisik. Runut kegiatan dalam proses pengolahan dan distribusi benih harus ditangani secara cermat sesuai prosedur perbenihan di Indonesia. Identitas genetik yang jelas dari variates agar tidak terjadi kontaminasi genetik dan campuran fisik di pertanaman dan pengolahan. Pembersihan terhadap tanaman campuran perlu dilakukan untuk menjaga kemurnian genetiknya. Benih bermutu dapat dihasilkan apabila seluruh prosedur benih yang berawal dari persiapan lahan yang menjamin bebas dari konstaminasi genetik, penanganan benig sumber bermutu sampai bermutu sampai dengan pengolahan dan penanganan benih sesudah panen hingga di tangan konsumen harus dilaksanakan secara sempurna .

Dalam menangani berbagai runut kegiatan dalam proses sistem perbenihan, maka penggunaan teknik bioteknologi dapat membantu untuk meningkatkan kualitas benih yang dihasilkan dan tersedia dalam jumlah dan waktu yang tepat. Berbagai teknik bioteknologi telah tersedia untuk menunjang sistem perbenihan yang lebih efisiensi antara lain adalah :

- Pembentukan Varieatas Unggul (Pemuliaan konvensional, rekayasa genetik, kultur anter, marka molekuler dll).
- Kultivar True to type dengan teknik isozim
- Perbanyak mikro (kultur in vitro).

Penyediaan benih melalui bioteknologi telah diterapkan pada beberapa tanaman pertanian penting. Teknologi alternatif ini digunakan terutama bila tanaman sukar atau tidak dapat menghasilkan biji, atau terdapat inkompatibilitas dengan metode

konvensional dan tujuan dapat dienkapsulasi menjadi benih artifisial sehingga memudahkan penangan dan penanaman di lapang. Seperti benih konvensional, benih artifisial (dari embrio somatik) dapat sewaktu-waktu dikecambahkan dan ditanam di lapang dengan metode *'fluid drilling'*

Benih artifisial ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain dalam sistem pengangkutan dan sebagai *'carrier'* karena dapat disertakan juga nutrisi dan pestisida/fungsional sehingga dapat tumbuh lebih baik serta pada umumnya mempunyai mutu yang spesifik.

Kelemahan dari benih artifisial ini antara lain adalah tidak konsistennya perkecambahan dan pendewasaan embrio somatik. Oleh karena itu masih diperlukan penelitian menyeluruh yang mencakup inisiasi, perkembangan dan pendewasaan embrio somatik sehingga dapat dihasilkan embrio somatik dewasa yang berkualitas tinggi. Problem kritikal yang harus

dipecahkan untuk pengembangan dan pendewasaan embrio somatik sehingga dapat dihasilkan embrio somatik dewasa yang dipecahkan untuk pengembangan benih artifisial adalah *'daya simpan'* yang mungkin dipengaruhi oleh lingkungan anaerobik di dalam kapsul. Hal ini merupakan problem karena perkembangan embrioid tidak terhenti sama sekali akibat respirasinya karena embrio yang dienkapsulasi tidak berada pada fase perkembangan yang optimal untuk konservasi. Setiap bentuk benih artifisial yang dihasilkan dengan teknologi tertentu mempunyai keuntungan dan kelemahan tertentu (spesifik) pula.

IV. PRODUKSI BENIH ARTIFISIAL

Kelemahan benih hasil reproduksi secara seksual yaitu benih konvensional adalah (1). Benih yang dihasilkan tidak serupa secara genetik, walaupun dikembangkan secara hibrida yang dapat menghasilkan tanaman terbaik, setelah rekombinasi meiosis secara genetik tidak

serupa; (2). Biaya produksi benih hibrida mahal, terutama jika diproduksi secara manual; (3). Hasil benih hibrida biasanya rendah dan hibridisasi tidak selalu berhasil; dan (4). Petani harus membeli benih baru setiap akan bertanam karena potensi segregasi gen pada banyak tanaman yang benihnya diproduksi secara konvensional termasuk hibrida.

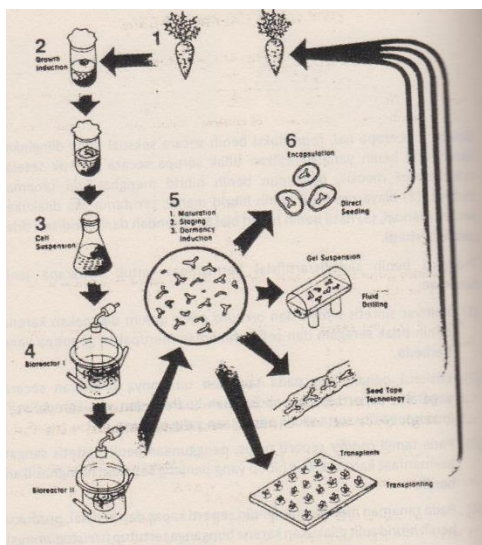
Produksi benih artifisial diharapkan dapat mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada benih konvensional termasuk hibrid. Manfaat benih artifisial pada beberapa tanaman menurut Ilyas (2012, 113-114) adalah sebagai berikut :

(1). Kultivar artifisial *alfalfa* dan *orchard grass* umum digunakan karena benih tidak seragam dan setiap tanaman menurapan genotipa yang berbeda; (2). Efisiensi penanaman pada tanaman umumnya dibiakkan secara vegetatif, seperti pada tanaman buah-buahan dan *nut* karena adanya *self-incompatibility* serta siklus pemuliaan yang panjang; (3). Pada famili conifer seperti pinus, penggunaan benih

artifisial sangat bermanfaat karena siklus hidup yang panjang sebelum menghasilkan benih; (4). Pada tanaman menyerbuk sendiri seperti kapas dan kedelai, produksi benih hibrida sulit dilakukan karena bunga tertutup (*cleistogamous*) saat polinasi, sehingga memerlukan polinasi manual; (5). Pada tomat, asparagus, dan semangka tak berbiji, kebutuhan akan benih hibrida cukup tinggi, sehingga produksi benih artifisial lebih kompetitif; (6). Penggunaan benih artifisial untuk konservasi plasma nutfah; dan (7). Spesies tanaman yang menghasilkan benih rekalsitan diuntungkan dengan embrio somatik dengan sifat daya simpan yang lebih baik.

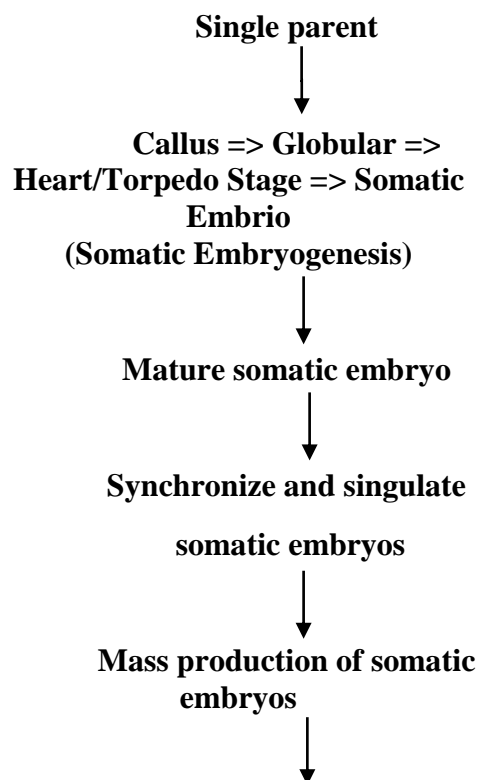
Benih artifisial dihasilkan dari produksi embrio somatik, bukan dari embrio zigotik yang terbentuk dari fertilisasi seksual tetua jantan dan betina. Sifat totipotensi sel, nutrisi dan lingkungan spesifik menyebabkan sel-sel vegetatif yang semula tidak terdeferensiasi dapat membentuk bagian-bagian embrio.

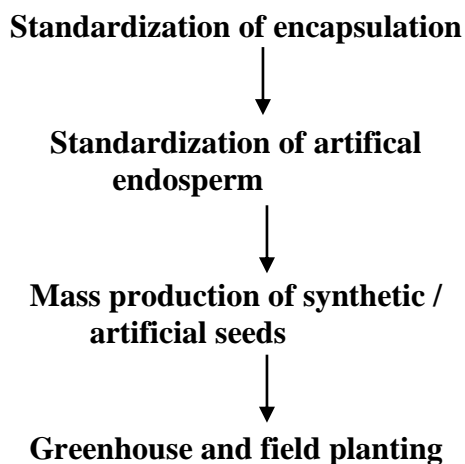
Hasilnya adalah embrio somatik berupa klon yang memiliki genotipa identik. Baik embrio somatik maupun zigotik menunjukkan karakteristik perkembangan embrio seperti pada monokotil dan dikotil. Perbedaan, embrio somatik dalam jumlah yang banyak (*multiple somatic embryos*) dihasilkan dari kalus tunggal, sedangkan embrio zigotik tunggal dihasilkan dari setiap fertilisasi. Prinsip pembiakan vegetatif untuk produksi benih artifisial disajikan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Skema pembiakan Vegetatif Melalui Embriogenesis Somatik untuk Menghasilkan Benih Artifisial (Sumber : Redenbaugh, 1992 dalam Ilyas, 2012: 114)

Secara umum, prosedur produksi artifisial benih menurut Dhabhai dan Prakash (2012) digambarkan pada Gambar 23. Terdapat beberapa sistem produksi yang dipengaruhi beberapa faktor antara lain: 1). Tipe benih artifisial yang akan diproduksi; 2). Tujuan produksi; 3). Kelayakan ekonomi yang disediakan; dan 4). Keragaman genetik antar spesies. Produksi yang ideal, *quiescent* (embrio tidak mudah bergerak), *dan* biaya murah, dilakukan dengan 10 langkah seperti yang digambarkan pada Gambar 2 di bawah ini.





Gambar 2. Prosedur Produksi Benih Artifisial (Dhabhai dan Prakash (2012))

Kelemahan dan tantangan dalam memproduksi benih artifisial menurut Ilyas (2012: 115) adalah sebagai berikut: (1). Produksi embrio somatik diperlukan skala besar. Kultur embriogeni diperbesar skalanya di dalam kultur cair pada bioreaktor, namun embrio seringkali tidak berkembang baik atau tidak seragam pada kondisi demikian hasil dan kualitasnya pun tidak bagus; (2). Embrio harus disortir bentuk dan ukurannya untuk menghasilkan mutu yang tinggi. *Multiple somatic embryos* sering ditemukan pada kalus tunggal, dimana terlihat banyak stadia perkembangan embrio. Hal ini menyebabkan embrio yang tidak seragam

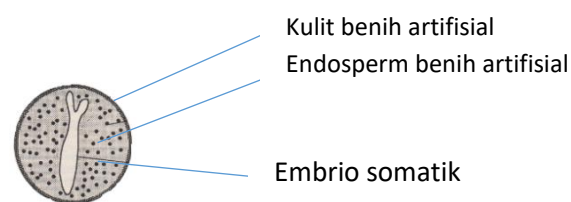
tersebut mengalami kondisi nutrisi yang berubah-ubah karena terserapnya nutrisi oleh jaringan yang sedang berkembang dan kemudian nutrisi diperbarui. Akibatnya, banyak embrio somatik yang memiliki organ berkembang dengan laju berbeda, sehingga perkembangan embrio menjadi tidak sinkron. Pada kasus lain, hal ini mengakibatkan perkecambahan dini. Sementara itu, lingkungan nutrisi dapat menginduksi perkembangan tajuk atau akar, tetapi tidak keduanya. Pada kasus lain, embrio somatik sering menghasilkan kotiledon ekstra atau meristem pucuk yang lemah. Perkembangan embrio yang tidak sinkron ini membuat permanen embrio somatik masak yang tidak seragam menyulitkan produksi benih artifisial; (3). Embrio yang telanjang tidak dapat ditanam di lapang harus dienkapsulasi; (4). Embrio somatik tidak memiliki dormansi yang merupakan fase karakteristik benih ortodoks. Biasanya embrio somatik tumbuh terus menjadi kecambah atau kembali menjadi jaringan kalus yang tidak

terorganisir. Ketidakmampuan menghasilkan fase istirahat, dimana semua embrio berada pada status fisiologis yang sama, juga merupakan tantangan bagi perkembangan benih artifisial. Tanpa stadia dormansi, benih artifisial tidak dapat disimpan atau diberi perlakuan; (5). Tingginya biaya produksi benih artifisial.

Upaya mensinkronkan perkembangan embrio somatik antara lain: (1). Pemisahan secara fisik kultur proembrio, sehingga ukuran kalus seragam; (2). Sinkronisasi fisiologis dengan menambahkan asam absisat ke dalam media kultur. Asam absisat menyebabkan kandungan air sel (turgor) menurun, sehingga memperlambat pertumbuhan embrio, dengan demikian dapat menghambat perkecambahan dini pada embrio.

Enkapsulasi benih artifisial dilakukan bertujuan untuk: (1). Embrio somatik yang telah dikeringkan harus dilindungi dengan *seed coating* dari kemungkinan pelukaan selama penanganan

atau penanaman; (2). Enkapsulasi dirancang untuk memberikan proteksi fisik dan di dalam kapsul dapat dimasukkan nutrisi esensial, zat pengatur tumbuh, antibiotik dan fungisida untuk membantu embrio selama perkecambahan. Gambar 3 menunjukkan struktur benih artifisial yang terdiri atas embrio somatik yang ditutupi oleh endosperma sintetis dan kulit benih sintetis di bagian terluar.



Gambar 3. Benih artifisial (Redenbaugh dalam Ilyas, 2012: 117)

Terdapat dua metoda enkapsulasi, yaitu basah (*wet/hydrated* encapsulation) dan kering. Enkapsulasi basah (*wet/hydrated*) paling efektif untuk embrio somatik yang tidak dorman, dapat langsung ditanam tanpa penyimpanan. Enkapsulasi basah, misalnya di dalam hydrogel, terutama terdiri atas calcium alginate. Namun, keberhasilannya di lapang masih

terbatas. Enkapsulasi kering lebih disukai, palapisan benih yang kuat membungkus embrio somatik memungkinkan benih disimpan dan ditangani secara konvensional.

V. PENUTUP

Dalam menghadapi masalah yang semakin kompleks, bioteknologi sebagai alat perlu diintegrasikan dengan teknik konvensional. Aplikasi bioteknologi akan membuka peluang yang lebih besar bagi pemecahan berbagai masalah tersebut dan efisiensi pelaksanaan sistem produksi pertanian. Aplikasi teknik pemuliaan konvensional dalam pembentukan varietas unggul mengalami berbagai keterbatasan. Identifikasi dan ketersediaan gen serta efisiensi pelaksanaan kombinasi gen masih perlu ditingkatkan. Melalui rekayasa genetik dan teknologi bioteknologi lainnya, keterbatasan teknik pemuliaan konvensional secara bertahap diharapkan dapat diatasi.

Dengan kemajuan teknologi seperti di atas, bidang teknologi benih harus dapat

menciptakan kriteria-kriteria baru yang baku guna penilaian mutu benih yang dihasilkan oleh teknologi tersebut. Dengan demikian kepentingan petani tidak terabaikan, bahkan kemajuan itu semua adalah untuk meningkatkan kesejahteraan pelaku primer yaitu petani.

Konsep manipulasi genetik secara langsung pada embrio melalui embriogenesis somatik menawarkan potensi untuk memproduksi benih super pada beberapa jenis tanaman. Namun, kesulitan teknis seperti menginduksi dormansi dan teknik enkapsulasi yang optimum untuk memungkinkan penanganan benih secara normal/konvensional perlu dikembangkan. Kendala lain adalah biaya yang masih tinggi untuk memproduksi benih artifisial.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhabbai R., and Prakash A., 2012. *Production and Applications of Artificial Seeds: A Review*. International Research Journal of Biological Sciences. Vol. 1(5), 74-78.

Ilyas, S. 2012. Ilmu dan Teknologi Benih. Teori dan Hasil Penelitian. IPB Press, Bogor.

Pond S., and Cameron S., 2003. Artificial Seeds, Tissue Culture. Elsevier Ltd.

Redenbaugh, K., 1992. Synseeds. CRC Press, Boca Raton, America.

Susilastuti, D. 2016. Dasar Ilmu dan Teknologi Benih. Cintya Press. Jakarta

Widayati, E. Dkk. 2013. Dasar Ilmu dan Teknologi Benih. IPB Press. Bogor.
