

SEED COATING - SEBUAH METODE UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BENIH

Mohamad Arif

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan benih yang ditanam di lapangan terkadang dibatasi oleh faktor lingkungan yang tidak optimal. Selain itu, ukuran dan bentuk benih yang tidak seragam sering menyulitkan penanaman, khususnya jika kegiatan tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin. Kedua faktor pembatas tersebut dapat diperbaiki dengan *seed coating* yang merupakan teknik pelapisan permukaan benih dengan materi tertentu yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan benih yang dilapisi. Teknik perbaikan benih ini terbagi menjadi dua metode, *seed pelleting* dan *seed filming*, dimana tiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga pelaksanaan *coating* untuk benih tertentu harus memperhatikan karakteristik benih yang akan dilapisi.

PENDAHULUAN

Definisi

Seed coating merupakan teknik perbaikan benih dengan meletakkan materi spesifik pada permukaan materi tanaman tersebut dengan tujuan untuk (i) mengubah penampilan fisik, seperti berat dan bentuk benih, (ii) menyediakan materi khusus, misal pupuk, atau (iii) melindungi benih dari kondisi lingkungan yang tidak optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan bibit, seperti keberadaan hama dan penyakit atau kondisi agroklimat yang tidak mendukung, untuk menjamin kualitas dan kuantitas pertumbuhan bibit di lapang (Halmer, 2006; Copeland dan McDonald, 2001). Aplikasi *coating* telah dilakukan setidaknya sejak 1950an sebagaimana ditunjukkan oleh Yamada (1952) yang melapisi benih padi dengan

kalsium peroksida (CaO_2). Teknik *seed coating* terbagi dalam 2 metode, yaitu *seed pelleting* dan *seed filming*, yang dijelaskan lebih lanjut dalam tulisan ini.

Tujuan dan keuntungan *Seed coating*

Tujuan

Penerapan *seed coating* memiliki tujuan yang berbeda, tergantung pada materi yang diaplikasikan. Pada penggunaan secara umum, metode ini dimanfaatkan untuk aplikasi bahan kimiawi, seperti pupuk, pestisida, dan pengatur perkecambahan, langsung pada permukaan benih (Copeland dan McDonald, 2001; Scott, 1998).

Untuk *coating* dengan pupuk, Scott (1998) menyatakan bahwa aplikasi tersebut akan menyuplai nutrisi tambahan bagi benih, selain nutrisi yang tersedia pada endosperma, untuk pertumbuhan bibit pada tahap awal perkembangannya. Penulis juga menyatakan terjadinya peningkatan produksi pada berbagai spesies tanaman sebagai respon aplikasi *coating*, baik *seed pelleting* maupun *seed filming*, dengan menggunakan pupuk sebagai bahan pelapis.

Sebagaimana *coating* dengan pupuk, implementasi *coating* dengan pestisida telah dilakukan sebagai salah satu aktivitas pertanian. Dengan tujuan untuk mengendalikan hama dan penyakit, Schneider dan Renault (1997a) mencatat bahwa pestisida telah digunakan sebagai materi *coating* sejak tahun 1970an. Salah satu contoh pelaksanaan *coating* dengan menggunakan pestisida diperlihatkan oleh Kabaluk dan Ericsson (2007) yang berhasil menekan serangan *wireworm* pada pengecambahan benih jagung dengan melapisi bahan tanaman tersebut menggunakan *Metarhizium anisopliae*, salah satu musuh alami hama dimaksud.

Seed coating juga dapat digunakan untuk mengendalikan, baik mempercepat maupun

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

memperlambat, perkecambahan benih. Yamada (1952) menunjukkan bahwa dengan menggunakan kalsium peroksida (CaO_2) sebagai materi pelapis, perkecambahan benih padi meningkat secara signifikan. Diyakini hal ini disebabkan oleh kemampuan CaO_2 melepas oksigen sehingga oksigen tersedia dalam jumlah yang cukup bagi benih untuk berkecambah. Di sisi lain, *seed coating* juga dapat digunakan untuk menunda perkecambahan hingga kondisi lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman terjadi, khususnya pada benih yang ditanam di negara dengan empat musim. Fungsi ini diterapkan pada benih kanola yang ditanam diakhir musim gugur, sementara perkecambahan diharap terjadi pada awal musim semi (Upadhyay *et al.*, 2007).

Tujuan lain aplikasi *seed coating* adalah untuk mengubah penampilan fisik benih (Copeland dan McDonald, 2001; Scott, 1998). Dipercaya metode *coating* dapat meningkatkan ketepatan penanaman benih-benih kecil dan benih dengan bentuk tidak beraturan melalui perbaikan ukuran dan bentuk benih (Barut 2008; Grellier *et al.*, 1999), serta untuk benih-benih dengan struktur fisik berbulu yang tanpa *coating* sulit ditangani ketika proses dan penanaman (Scott, 1998). Untuk tujuan-tujuan tersebut, secara luas *coating* diaplikasikan pada benih bawang, selada, wortel (Copeland dan McDonald, 2001), dan biji wijen (Barut, 2008).

Keuntungan

Scott (1998) mencatat beberapa keuntungan penerapan *seed coating* yang sebagai hasil pelaksanaannya memberikan materi pelapis dalam jumlah kurang lebih sama untuk tiap butir benih. Pertama, benih berukuran sama akan diperoleh sehingga penanganan benih, baik ketika proses, penyimpanan, ataupun penanaman akan lebih mudah. Pernyataan ini didukung oleh Barut (2008) yang mengamati bahwa perlakuan *coating* meningkatkan kinerja mesin penanam dengan nilai *multiple index* – sebuah nilai yang mengindikasikan penanaman beberapa benih pada 1 lubang tanam – yang lebih rendah, dan ketepatan penanaman yang lebih tinggi.

Selain itu, *seed coating* dapat meningkatkan homogenitas bibit pada pertumbuhan awal karena tiap butir benih menerima bahan pelapis dalam jumlah yang sama (Scott, 1998). Pernyataan ini didukung oleh

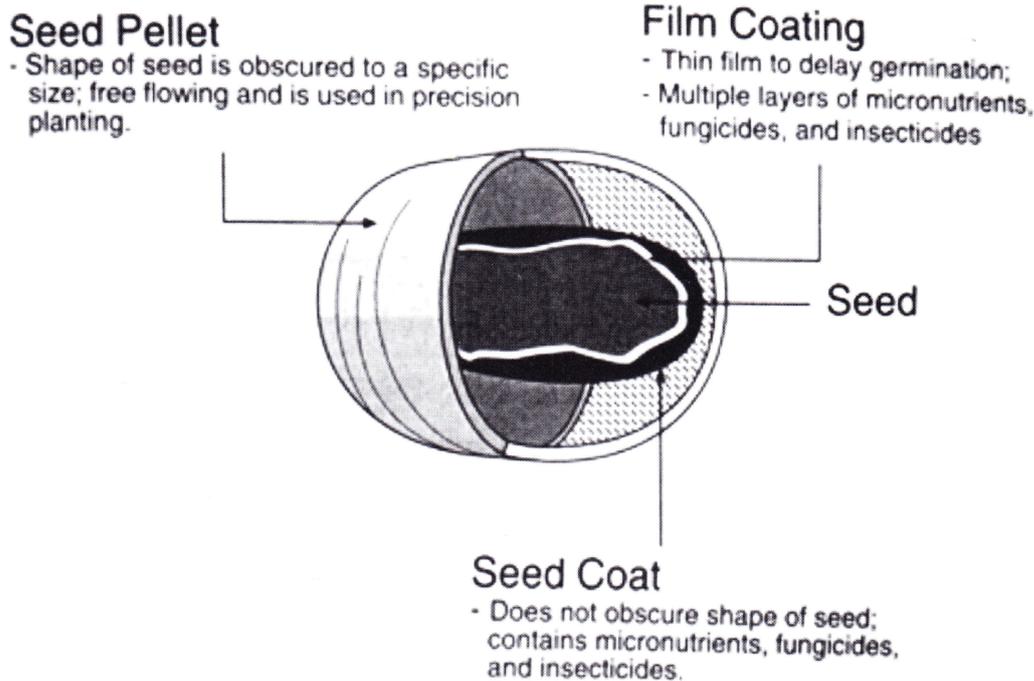
Barus (2008) yang menyatakan bahwa aplikasi metode *coating* pada benih wijen meningkatkan pertumbuhan benih yang ditunjukkan oleh penurunan nilai *skip index* (SI) pada areal penanaman benih yang *dicoating*.

Keuntungan berikutnya dari aplikasi *coating* adalah penekanan pengaruh lingkungan yang tidak sesuai untuk pertumbuhan benih, semisal faktor fisik atau biologis lingkungan. Salah satu contoh ditunjukkan oleh Furlan *et al.* (2006) yang mengamati kejadian kerusakan akar pada tanaman jagung berkurang secara signifikan akibat pelaksanaan *coating*, meski aplikasi tersebut tidak mengurangi populasi *western corn rootworm*, serangga yang menyerang akar jagung. Selain itu, pengaruh lingkungan fisik yang tidak sesuai dapat dikurangi dengan aplikasi *coating*. Upadhyay *et al.* (2007) meyakini bahwa *coating* polimer pada benih kanola, yang ditanam di awal musim semi, merupakan aplikasi yang sangat penting untuk menekan kehilangan hasil panen yang besarnya melebihi biaya pelaksanaan *coating* itu sendiri.

Kelebihan lain dari aplikasi *coating* adalah peningkatan efisiensi pemupukan (Scott, 1998) dengan dua alasan utama. Pertama, beberapa unsur hara, seperti Phosphor, Kalium, dan Magnesium, bersifat *immobile*. Oleh karena itu, hara-hara tersebut hendaknya dapat terjangkau akar bibit yang baru tumbuh. Kedua, *seed coating* menjamin tiap butir benih mendapatkan aplikasi pupuk (Scott, 1998). Selain itu, Peltonen-Sainio *et al.* (2006) juga percaya bahwa *coating* pupuk dapat menekan pengaruh negatif pupuk buatan, yang diaplikasikan dengan metode sebar, terhadap lingkungan. Karena alasan-alasan tersebut, Hampton (1987) menyimpulkan bahwa *seed coating* merupakan metode yang murah dan aman untuk mengaplikasikan bahan kimia secara langsung.

Kategorisasi *Seed coating*

Copeland dan McDonald (2001) dan Halmer (2000) mencatat bahwa terdapat 2 metode *coating*, yang digunakan dalam skala komersil secara luas, yaitu *seed pelleting* dan *seed filming* (Gambar 1). Karena masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, aplikasi *coating* pada benih spesies tertentu harus memperhatikan karakteristik benih dan materi *coating* yang diaplikasikan.



Gambar 1. Dua metode coating, seed pelleting dan seed filming (diadaptasi dari Copeland dan McDonald, 2001).

Seed Pelleting

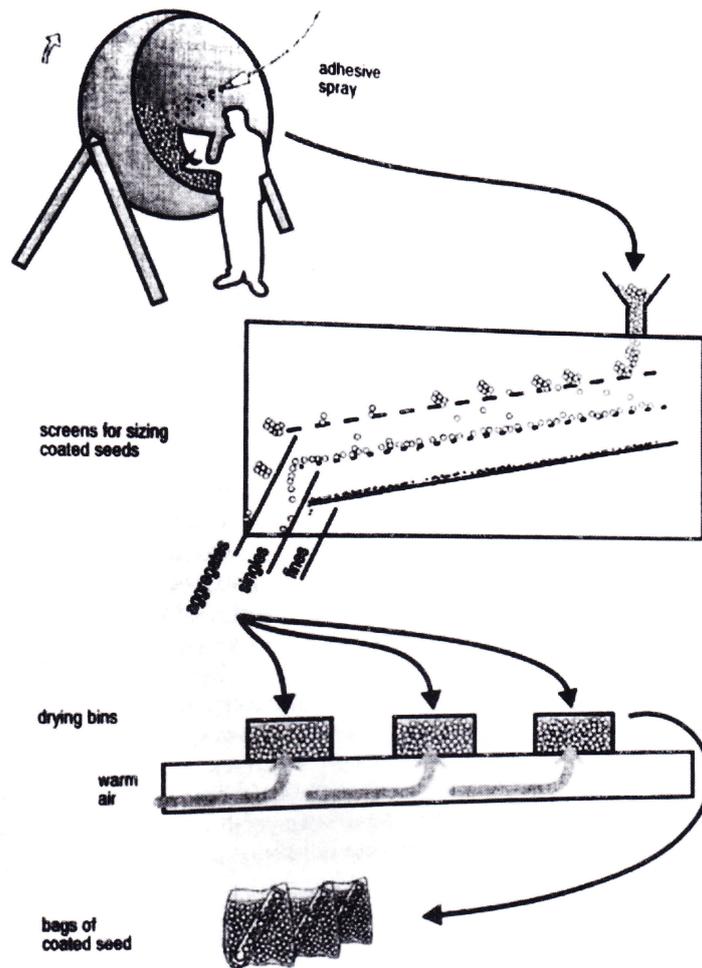
Copeland dan McDonald (2001) menjelaskan bahwa *seed pelleting* merupakan metode pelapisan benih dengan sejumlah materi tertentu, dimana bahan yang umum digunakan adalah liat, kapur, kalsium karbonat, talcum, dan vermikulit. Selain itu juga ditambahkan (i) bahan pemberi bentuk, seperti gelatin, polivinil alcohol, atau metilselulosa, dan (ii) materi lain sesuai kebutuhan, seperti pestisida, hara mikro, zat pengatur tumbuh, atau bahan lain yang dikehendaki. Hasil akhir proses ini adalah benih-benih yang tertutupi materi pelapis, menyebabkan perubahan bentuk awal benih. Copeland dan McDonald (2001) menambahkan bahwa metode *coating* ini diaplikasikan pada benih kecil atau benih dengan karakteristik bulu untuk meningkatkan presisi penanaman benih dengan menggunakan mesin.

Proses

Proses *seed pelleting* dijelaskan oleh Copeland dan McDonald (2001) dan Scott (1998) sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2. Proses dimulai dengan

meletakkan benih pada tong berputar dimana kadar air permukaan benih sedikit ditingkatkan dengan menyemprotkan air ke benih. Tujuan dari penyemprotan ini adalah sebagai perekat materi pelapis, yang pada umumnya bersifat kering, pada permukaan benih. Setelah itu, materi pelapis ditambahkan. Semakin lama perputaran tong, semakin tebal lapisan materi. Proses pelapisan berakhir dengan penambahan bahan perekat untuk membentuk dan mengeraskan lapisan luar, untuk kemudian benih-benih tersebut dikeringkan. Setelah proses pengeringan, benih ditangani sebagaimana benih lainnya.

Terkait materi yang digunakan sebagai perekat, Scott (1998) menyatakan bahwa metil selulosa merupakan materi yang aman digunakan. Namun, bahan tersebut dikategorikan sebagai perekat lemah. Sedangkan polivinil alkohol yang merupakan perekat kuat, terlalu mahal untuk diaplikasikan secara komersil. Apapun materi perekat yang digunakan, penting untuk dicatat bahwa materi tersebut hendaknya tidak akan menghambat perkecambahan benih.



Gambar 2. Proses *seed pelleting* (diadaptasi dari Scott, 1998).

Keterbatasan *Seed Pelleting*

Dalam proses pelaksanaannya, *seed pelleting* memiliki beberapa permasalahan teknis. Menurut Copeland dan McDonald (2001), penting untuk memastikan bahwa:

- Karakter materi *coating* harus kompatibel dengan benih yang diperlakukan. Grellier *et al.* (1999) menunjukkan bahwa kandungan liat yang terlalu tinggi akan mengurangi akses oksigen ke embrio. Selain itu, karakter fisik materi *coating*, seperti kadar air, yang berlebih atau kurang, dapat mempengaruhi viabilitas benih.
- Lapisan hendaknya memiliki kekerasan yang sesuai. Materi *coating* yang terlalu keras akan menghambat pertumbuhan plumula dan radikula kecambah. Pada sisi lain, materi pelapis yang terlalu lunak dapat rusak selama proses penanganan benih setelahnya, seperti penyimpanan atau pengecambahan.
- Hendaknya tiap pelet hanya mengandung 1 butir benih. Copeland dan McDonald (2001) mencatat bahwa pada beberapa kasus, 1 pelet dapat mengandung lebih dari 1 benih, menyebabkan rendahnya presisi tanam dan meningkatkan persaingan tanaman yang dihasilkan untuk mendapat hara, air, dan cahaya.
- Hendaknya sebelum proses *pelleting* dimulai, benih-benih memiliki kemurnian yang tinggi. Kontaminan seperti benih *off type*, benih pecah, sampah tanaman (potongan daun, akar, atau

- batang) dapat terlapis jika materi-materi tersebut masuk dalam tong proses.
- Ketebalan materi pelapis benih hendaknya dikendalikan. Materi pelapis yang terlalu tebal dapat menghambat masuknya oksigen dan air yang dibutuhkan embrio benih untuk berkecambah. Selain itu, untuk benih-benih yang akan dipasarkan, ukuran pelet harus disesuaikan dengan permintaan konsumen.
 - Beberapa lapis materi dapat diaplikasikan pada permukaan benih, yang berarti lebih dari satu pembatas lingkungan dapat kendalikan;
 - Metode *filming* dikategorikan sebagai metode yang lebih bersahabat bagi lingkungan karena penggunaan materi *coating*, yang pada umumnya merupakan bahan kimia, yang lebih sedikit. Tipisnya materi *coating* juga berarti sedikitnya jumlah pengotor ketika proses pengecambahan dilakukan;
 - Teknik *filming* hanya menambah bobot benih antara 1 hingga 10% sehingga penanganan benih cenderung lebih mudah.

Seed filming

Seed filming didefinisikan sebagai salah satu metode perbaikan kualitas benih melalui pelapisan bahan tanaman tersebut dengan satu atau lebih lapisan tipis bahan kimia. Karena pelapisan diaplikasikan dengan lapisan tipis, bentuk awal benih tidak berubah. Metode *filming* telah diaplikasikan pada biji-biji berbagai spesies, seperti gandum (Gesch dan Archer, 2005; Schneider dan Renault, 1997b), kanola (Upadhyay *et al.*, 2007; Johnson *et al.*, 2004), dan benih Rumput Bermuda (Peacock dan DiPaola, 1992).

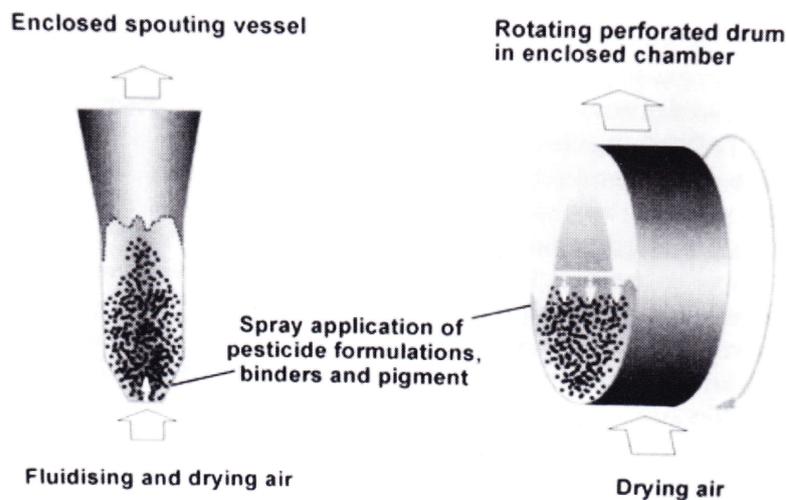
Menurut Copeland dan McDonald (2001) dan Halmer (2000), dibanding dengan *seed pelleting*, *seed filming* memiliki beberapa kelebihan, seperti:

- Hasil akhir proses *coating* tidak mengubah bentuk fisik benih;
- Proses *filming* lebih sederhana dan membutuhkan waktu lebih sedikit;

Proses Seed Filming

Untuk aplikasi *seed filming*, Copeland dan McDonald (2001) dan Scott (1998) menyarankan agar proses dilakukan dengan perendaman atau penyemprotan larutan polimer yang diinginkan pada permukaan benih. Setelah aplikasi, benih hendaknya dikeringkan dan diperlakukan sebagaimana benih yang tidak dilapisi. Penjelasan secara ringkas proses *seed filming* dijelaskan pada Gambar 3.

Selama proses *filming*, bahan yang hendak dijadikan sebagai materi dicampur dengan bahan perekat (polivinil asetat, polivinil alkohol, atau polivinil pirolidon). Penambahan pewarna untuk menarik konsumen atau untuk membedakan antar grup benih, juga dimungkinkan (Halmer, 2000).



Gambar 3. Dua metode pelaksanaan *seed filming* (diadaptasi dari Halmer, 2000).

Penelitian yang dilaksanakan oleh Duan dan Burris (1997) pada benih bit gula menunjukkan bahwa *filming* benih bit gula dengan air atau larutan H₂O₂ dibutuhkan untuk meningkatkan daya kecambah benih.

Keterbatasan Seed Filming

Seed filming telah diaplikasikan pada benih-benih berbagai spesies tanaman. Beberapa penelitian menunjukkan hasil yang tidak memuaskan, misal penelitian yang dilaksanakan oleh Furlan *et al.* (2006) pada benih gandum dengan menggunakan insektisida Fipronil, Imidacloprid, dan Thiamethoxam sebagai materi *filming*. Penulis menyimpulkan bahwa metode ini tidak dapat mengendalikan populasi *Diabrotica virgifera virgifera*, salah satu hama utama pada pengecambahan benih gandum di Italia. Pada sisi lain, manfaat dari penerapan *filming* ditunjukkan pada beberapa percobaan. Aplikasi metode ini dengan menggunakan polimer yang sensitif terhadap perubahan suhu, disebut *intelliocat*, dilaksanakan pada benih jagung yang digunakan sebagai bahan tanaman bagi 4.468 ha area (Anonym, 2000). Sebagai hasil, penulis yakin bahwa *seed filming* dapat menunda benih tetua jantan untuk berkecambah sehingga waktu anthesis bunga jantan terjadi pada waktu yang sesuai dengan reseptifnya bunga betina. Senada dengan hal itu, Copeland dan McDonald (2001) percaya bahwa *filming* benih dengan materi yang kedap air, yang berarti menunda perkecambahan, dapat bermanfaat ketika benih diharapkan berkecambah pada waktu yang diinginkan, misalnya saat lingkungan di sekeliling benih telah sesuai bagi kecambah untuk tumbuh dan berkembang. Lamanya penundaan pengecambahan tergantung pada lamanya degradasi materi pelapis. Karena itu, Copeland dan McDonald (2001) menyatakan bahwa degradasi materi *filming*, yang merupakan faktor yang sulit dikendalikan, merupakan batasan aplikasi metode ini.

Pengaruh Coating Terhadap Daya Kecambah

Pengaruh yang Muncul

Meski memiliki pengaruh yang berbeda, tergantung pada materi pelapis yang diberikan, dapat dipastikan bahwa aplikasi *seed coating*, baik *pelleting* maupun *filming*, memiliki dampak langsung terhadap perkecambahan. Beberapa pustaka menyebutkan bahwa aplikasi *coating* dapat menunda, bahkan mengurangi daya kecambah benih sebagaimana

diperlihatkan oleh Barut (2008) pada benih wijen dimana benih yang diberi materi pelapis memiliki daya kecambah yang lebih rendah (66,3%) dengan laju perkecambahan yang lebih lama (6,45 hari) dibanding benih kontrol (86,69% selama 6,14 hari). Penulis menduga penurunan daya kecambah terjadi karena materi pelapis menghalangi imbibisi air oleh benih yang merupakan fase penting selama proses perkecambahan. Hasil serupa juga ditemukan pada benih jagung (Schneider dan Renault, 1997b). Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa *coating* berpotensi meningkatkan daya kecambah benih. Gesch dan Archer (2005) percaya bahwa kemampuan materi pelapis untuk membatasi imbibisi air pada benih dapat bermanfaat untuk mempertahankan daya kecambah bagi benih yang ditanam di musim dingin. Selain itu, dengan menggunakan benih kanola, Upadhyay *et al.* (2007) menyatakan bahwa materi *coating* dapat menyerap air, yang akan berguna untuk inisiasi perkecambahan di musim semi yang merupakan waktu yang tepat bagi benih tersebut untuk berkecambah.

Dampak Negatif Coating dan Cara Penanggulangannya

Beberapa pustaka menyatakan bahwa *coating* dapat memberikan efek negatif terhadap daya kecambah dengan setidaknya dua alasan utama. Alasan pertama adalah adanya prosedur selama proses *coating* yang dapat menurunkan vigor benih. Kim *et al.* (2000) menyimpulkan bahwa rendahnya persentase daya kecambah benih selada yang *dicoating* disebabkan prosedur hidrasi dan dehidrasi selama proses *coating* berlangsung.

Selain itu, materi *coating* membutuhkan waktu untuk terurai sebelum imbibisi air berlangsung (Gesch dan Archer, 2005). Karenanya, penulis berpendapat bahwa pada kondisi lingkungan optimum, benih yang *dicoating* akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berkecambah, menyebabkan semakin tingginya potensi ketidakseragaman bibit yang dapat mempengaruhi hasil panen. Nafziger *et al.* (1991) menunjukkan bahwa perkecambahan benih jagung yang tidak seragam akibat *coating* dapat menurunkan produksi hingga 20%.

Alasan lain penurunan daya kecambah akibat proses *coating* adalah karena faktor lingkungan yang dibutuhkan untuk inisiasi perkecambahan seperti air dan oksigen (Mayer dan Poljakoff-Mayber, 1989;

Hadas, 2004), terhalangi oleh materi *coating*. Schneider & Renault (1997a) dan Schneider & Renault (1997b) menyatakan bahwa proses imbibisi dihalangi oleh materi *coating*, menyebabkan rendahnya daya kecambah benih. Penulis menambahkan bahwa penghambatan imbibisi makin besar dengan semakin tebalnya materi pelapis. Selain itu, *seed coating* juga berpotensi menghambat ketersediaan oksigen untuk embrio dengan beberapa mekanisme (Grellier *et al.*, 1999; Duan dan Burris, 1997). Mekanisme pertama adalah karena ketebalan materi *coating* yang menghalangi oksigen tersedia bagi embrio, sedangkan mekanisme kedua disebabkan struktur materi *coating* yang digunakan. Grellier *et al.* (1999) menunjukkan bahwa tanah liat dapat menekan jumlah oksigen tersedia, khususnya ketika benih ditanam di tanah yang lembab. Fenomena ini diduga karena tanah liat tersusun atas partikel dengan pori-pori berukuran sangat kecil. Pori-pori tersebut akan terisi air dalam kondisi kelembapan tanah yang tinggi, membatasi masuknya oksigen ke embrio benih.

Untuk mengatasi permasalahan ini, disarankan untuk menggunakan materi *coating* yang sesuai sehingga infiltrasi oksigen atau air dapat berlangsung (Grellier *et al.*, 1999). Menurut Scott (1998), hingga saat ini para peneliti benih masih mencari dosis dan komposisi materi *coating* yang sesuai untuk benih-benih berbagai spesies tanaman. Selain itu, Barut (2008) dan Grellier *et al.* (1999) juga menyarankan agar materi *coating* di aplikasikan setipis mungkin. Grellier *et al.* (1999) menambahkan bahwa ketebalan *pellet* dapat dikendalikan dengan mengontrol jumlah putaran selama proses *coating*.

Meskipun aplikasi *coating* dengan menggunakan bahan kimia tertentu, seperti Kalsium Proksida (CaO_2), dapat meningkatkan ketersediaan oksigen bagi benih yang ditanam pada areal dengan aerasi yang kurang baik tanpa memberikan dampak negatif bagi tanaman ataupun properti tanah (Yamada, 1952), Yamauchi *et al.* (2000) berpendapat bahwa pengaplikasian CaO_2 sebagai materi *coating* tidak efisien dari sisi biaya dan tenaga kerja.

Penurunan daya kecambah benih akibat aplikasi *coating* juga disebabkan karena materi pelapis berpotensi mempertahankan zat penghambat perkecambahan yang mungkin ada pada benih (Duan dan Burris, 1997). Dengan menggunakan bit gula

sebagai bahan penelitian, penulis menunjukkan bahwa senyawa fenolik, yang berkompetisi dengan embrio benih untuk mendapatkan oksigen, tertahan pada lapisan *pericarp* benih akibat penerapan *filming coating*.

KESIMPULAN

Seed coating, yang terdiri atas *seed pelleting* dan *seed filming*, merupakan metode yang digunakan untuk mengendalikan pengaruh faktor lingkungan yang tidak sesuai bagi perkembangan benih dengan melapisi bahan tanaman dengan sejumlah materi. Selain itu, pada kasus tertentu, metode ini dapat meningkatkan daya kecambah benih, serta memberi bentuk dan ukuran yang sama pada tiap butir benih.

Di sisi lain, metode ini juga dapat menurunkan laju perkecambahan karena tahapan tertentu pada proses *coating* yang dapat menurunkan viabilitas benih, atau karena penggunaan materi pelapis tertentu yang menghalangi embrio dari faktor-faktor yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan, seperti air dan oksigen. Sehingga penting untuk dicatat bahwa penggunaan jenis dan dosis materi pelapis amat bergantung pada tujuan pelaksanaan *coating*, serta pada jenis dan karakteristik benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous 2000, Polymer seed coatings regulate seed germination. *Successful Farming*. Vol. 98, No. 11, h. Sb2.
- Barut, Z. 2008. Seed coating and tillage effects on sesame stand establishment and planter performance for single seed sowing. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 24, No. 5, hh. 565-571.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. *Principles of seed science and technology*. 4th edition, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Duan, X. and J. Burris. 1997, Film coating impairs leaching of germination inhibitors in sugar beet seed. *Crop Sci*. Vol. 37. hh. 515-520.
- Furlan, L., S. Canzi, A. Di Bernardo, and C. Edwards. 2006, The ineffectiveness of insecticide seed

- coatings and planting-time soil insecticides as *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte population suppressors, *J. Appl. Entomol.*, vol. 130, no. 9-10, hh. 485-490.
- Gesch, R. and D. Archer. 2005. Influence of sowing date on emergence characteristics of maize seed coated with a temperature-activated polymer. *Agron. J.*, vol. 97, hh. 1543-1550.
- Grellier, P., L. Riviere, and P. Renault. 1999. Transfer and water-retention properties of seed-pelleting materials, *European Journal of Agronomy*, vol. 10, hh. 57-65.
- Halmer, P. 2000. Commercial seed treatment technology, in M. Black & J.D. Bewley (eds), *Seed technology and its biological basis*, Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, England, hh. 257-286.
- Halmer, P. 2006. Coating. in M. Black, J.D. Bewley & P. Halmer (eds), *The encyclopedia of seeds science, technology and uses*, CAB International, London, UK, h. 85.
- Hadas, A. 2004. Seedbed preparation-The soil physical environment of germinating seeds. in R.L. Benech-Arnold & R.A. Sanchez (eds), *Handbook of seed physiology – Application to Agriculture*, Haworth Press, USA, hh. 3-37.
- Hampton, J.G. 1987. Principles of seed treatment. in R.C. Close & IC Harvey eds), *Cereal seed treatment*, Lincoln University College of Agriculture, Canterbury, New Zealand, hh. 9-21.
- Johnson, E., P. Miller, R. Blackshaw, Y. Gan, K. Harker, G. Clayton, K. Kephart, D. Wichman, K. Topinka, and K. Kirkland. 2004. Seeding date and polymer seed coating effects on plant establishment and yield of fall-seeded canola in the Northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 84. hh. 955-963.
- Kabaluk, J. and J. Ericsson. 2007. *Metarhizium anisopliae* seed treatment increases yield of field corn when applied for wireworm control. *Agron. J.*, vol. 99, hh. 1377-1381.
- Kim, D., M. Pavon, and J. Cantliffe. 2000. Germination of primed, pelleted, and film-coated lettuce seeds before and after storage. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, vol. 113, hh. 256-259.
- Mayer, A.M. and A. Paljakoff-Mayber. 1989. *The germination of seed*, 4th edn, Pergamon Press, New South Wales.
- Nafziger, E., P. Carter, and E. Graham. 1991. Response of corn to uneven emergence. *Crop Sci.*, vol. 31, hh. 811-815.
- Peacock, C. and J. DiPaola. 1992. Bermudagrass response to reactive layer coated fertilizers', *Agron. J.*, vol. 84, hh. 946-950.
- Peltonen-Sainio, P., M. Kontturi, and J. Peltonen. 2006. Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. *Agron. J.*, vol. 98, hh. 206-211.
- Schneider, A. and P. Renault. 1997a. Effects of coating on seed imbibition: I. Model estimates of water transport coefficient. *Crop Sci.*, vol. 37, hh. 1841-1849.
- Schneider, A. and P. Renault. 1997b. Effects of coating on seed imbibition: II. Effect of coating rates. *Crop Sci.*, vol. 37, hh. 1850-1857.
- Scott, J.M. 1998. Delivering fertilizers through seed coatings. in Z Rengel (ed), *Nutrient use in crop production*, The Haworth Press, Inc., New York, USA, hh. 197-220.
- Upadhyay, B., E. Smith, G. Clayton, K. Harker, J. O'Donovan, and R. Blackshaw. 2007. Economic value of polymer seed coat for fall-seeded canola. *Agron. J.*, vol. 99, hh. 489-493.
- Yamada, N. 1952. Calcium peroxide as an oxygen supplier for crop plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* vol. 21, hh. 65-66.
- Yamauchi, M., D. Aragonés, P. Casayuran, P. Cruz, J. Asis, CA, and R. Cruz. 2000. Seedling establishment and grain yield of tropica.