

Pengaruh Penambahan Alginat Hasil Radiasi Gamma pada Bahan Pembawa Tepung Beras dan Tapioka Terhadap Viabilitas *Trichoderma Harzianum*

The Effect of Alginate Gamma Radiation in Rice and Tapioca Flour Carrier Materials on Viability of Trichoderma Harzianum

Nurrobifahmi*, Tita Puspitasari, Irawan Sugoro

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 24 Januari 2018

Direview: 25 Januari 2018

Disetujui: 02 Agustus 2018

Kata kunci:

Tepung beras

Tepung tapioka

Trichoderma harzianum

Alginat

Radiasi gamma

Keywords:

Rice flour

Tapioca flour

Trichoderma harzianum

Alginate

Gamma radiation

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan alginat hasil radiasi gamma pada bahan pembawa tepung beras dan tapioka terhadap viabilitas *T. harzianum*. Perlakuan terdiri atas bahan pembawa *T. harzianum* berupa tepung beras dan tapioka yang ditambah alginat hasil sterilisasi radiasi gamma (25, 50, dan 75 kGy) dan autoklaf (sebagai pembandingan) serta kontrol berupa alginat tidak disterilisasi. Inkubasi dilakukan selama 28 hari pada suhu ruang. Parameter yang dianalisis adalah pH dan viskositas pada sampel alginat hasil radiasi dan autoklaf, sedangkan pada perlakuan dianalisis kadar N-Total, P-total, C-organik, serta viabilitas spora *T. harzianum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi gamma mempengaruhi nilai pH dan viskositas alginat. Nilai pH dan viskositas mengalami penurunan yang sebanding dengan peningkatan dosis radiasi. Penambahan alginat yang diradiasi pada bahan pembawa tidak mempengaruhi kadar N-total, P-total, sebaliknya penambahan alginat yang diradiasi hanya berpengaruh pada C-organik. Spora *T. harzianum* yang disimpan di dalam media tepung beras dan tapioka yang dicampurkan dengan alginat yang diradiasi 25 kGy and 50 kGy memiliki viabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan autoklaf. Berdasarkan hasil yang diperoleh, penambahan alginat yang diradiasi pada bahan pembawa tepung beras dan tapioka berpotensi untuk menyimpan spora *T. harzianum*.

Abstract. The aim of this study was to determine the effect of gamma radiation alginate addition in rice and tapioca flour carrier materials on the viability of *T. harzianum*. The treatment consisted of *T. harzianum* carrier materials in the form of rice and tapioca flour which was added with alginate resulted from gamma radiation sterilization (25, 50, and 75 kGy) and autoclave (as comparison) and control alginate with no sterilization. Incubation was carried out for 28 days at room temperature. The parameters analyzed were pH and viscosity on the alginate samples resulted by radiation and autoclave, while for the treatments the total contents of N, P, and C-organic, as well as *T. harzianum* spore viability were analyzed. The results showed that gamma radiation affected the pH and viscosity of alginate. The pH and viscosity decreased with the increase of radiation intensity. The addition of radiated alginate to the carrier materials did not affect the total contents of N and P, but affected only C-organic content. *T. harzianum* spores stored in rice and tapioca flour media mixed with alginate which radiated in 25 kGy and 50 kGy had a better viability compared to the autoclaved ones. Based on the results obtained, the addition of radiation alginates to rice and tapioca flour materials has a good potential for *T. harzianum* storage.

Pendahuluan

Alginat adalah polimer linier organik polisakarida yang terdiri atas monomer α -L asam guluronat (G) dan β -D asam manuronat (M), atau dapat berupa kombinasi dari kedua monomer tersebut (Rowe *et al.* 2009, Szekalska 2016). Menurut Rowe *et al.* (2009), alginat mengandung pula abu sulfat, arsenik, dan klorida. Alginat dapat dijadikan sebagai bahan pupuk hayati yang dapat dicampur dengan bahan pembawa. Alginat yang ditemukan dalam

alga coklat hadir sebagai garam campuran (natrium, kalium, kalsium, magnesium) dari asam alginat (McHugh 2003). Alginat dapat diperoleh dari ganggang coklat yang berasal dari genus *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Durvillaea*, *Laminaria*, *Lessonia*, *Macrocystis*, *Sargassum*, dan *Turbinaria* (Rowe *et al.* 2009). Kandungan alginat pada rumput laut coklat didominasi oleh polisakarida yang mencapai 40% dari berat kering (Gholamipoor *et al.* 2013). Ekstraksi rumput laut coklat menghasilkan alginat sebesar 18-40% dari total tanaman yang dinyatakan sebagai asam alginat (Zaman *et al.* 2006).

* Corresponding author: nurrobifahmi@gmail.com

Alginat mengandung hormon tumbuh yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Akan tetapi hormon tumbuh di dalam alginat dalam bentuk senyawa yang terikat sehingga diperlukan metode untuk dapat membuatnya bebas sehingga mempercepat dampak ketika diberikan ke tanaman. Salah satu cara untuk melepas hormon tumbuh adalah dengan bantuan radiasi gamma. Radiasi sinar gamma dapat mendegradasi senyawa kompleks menjadi sederhana. Efek radiasi pada polisakarida seperti kitosan, natrium alginat, karaginan, selulosa, dan pektin telah banyak diteliti untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Polisakarida dan turunannya yang terpapar radiasi pengion telah lama dikenal sebagai jenis polimer yang dapat terdegradasi. Polisakarida yang terdegradasi oleh radiasi dapat meningkatkan aktivitas biologis seperti aktivitas anti mikroba, pemacu pertumbuhan tanaman, mengurangi logam berat, induksi phytoalexins (Huang *et al.* 2007).

Alginat yang diradiasi dapat digunakan sebagai komponen tambahan bahan pembawa (*carrier*) pupuk hayati. Bahan pembawa seperti gambut, arang, kompos, zeolit, tepung, dan sebagainya yang berfungsi sebagai tempat hidup dan menjaga efektivitas mikroba dalam kurun waktu tertentu (Sindy 2010). Komponen bahan pembawa yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka dan beras serta spora *Trichoderma harzianum*. Menurut Hardika *et al.* (2013), tepung tapioka mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi air yang menyebabkan melekatnya partikel satu dengan partikel yang lainnya pada bahan baku sehingga terbentuk granular. Selain itu menurut penelitian Wijayanti 2010 melaporkan bahwa formula natrium alginat dan tepung tapioka dengan perbandingan 2:1 (b/v) merupakan formula bahan pembawa terbaik yang mempertahankan viabilitas sel *Azospirillum brasilense* selama 40 hari masa simpan.

T. harzianum merupakan jamur filamen yang banyak digunakan sebagai agen pengendali hayati patogen tanaman tanah seperti *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii* (Harman *et al.* 2004). Polimer alginat yang diradiasi mengalami degradasi, sehingga banyak karbon yang terlarut. Dengan demikian sumber karbon tersebut dimanfaatkan oleh *T. harzianum* sebagai sumber energi untuk pertumbuhan sehingga akan mempengaruhi kadar N-Total, P-total, dan C-organik. Pertumbuhan *T. harzianum* dapat dilihat dari viabilitasnya berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis. Adanya *T. harzianum* dalam penelitian ini digunakan untuk membantu agar dapat merombak senyawa yang ada di dalam alginat, sehingga ketersediaan unsur hara serta zat hormon tumbuh yang ada di dalam alginat lebih banyak lagi yang larut tersedia.

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan alginat

hasil radiasi gamma pada bahan pembawa tepung beras dan tapioka terhadap kadar N-Total, P-total, C-organik, serta viabilitas spora *T. harzianum*. Selain itu, dengan viabilitas *T. harzianum* yang tinggi diharapkan dapat membantu melarutkan unsur hara N, P, C-organik, serta zat penghasil hormon tumbuh yang ada di dalam media alginat. Dengan larutnya unsur hara N, P, C-organik, serta zat penghasil hormon tumbuh maka diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan produksi tanaman.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemupukan dan Nutrisi Tanaman Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional Jakarta. Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli-September 2014. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: Alga coklat (*Sargassum crassifolium*, J.G. Agard), *T. harzianum* koleksi PT Riset Perkebunan Nusantara Bogor, HCl teknis, Na₂CO₃, alkohol 95%, NaOH, tepung beras, tepung tapioka. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain: irradiator gamma Chamber 4000 A sumber radiasi Co-60, timbangan (analitik Precissa XT-220), pH meter, Viscometer Coolmate-105 IR, Mikroskop merek Novel dengan pembesaran 400 x.

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas: Faktor pertama yaitu bahan pembawa spora *T. harzianum* berupa tepung beras dan tepung tapioka. Faktor kedua yaitu metode sterilisasi alginat berupa alginat tidak disterilisasi, alginat diradiasi dosis 25 kGy, alginat diradiasi dosis 50 kGy, alginat diradiasi dosis 75 kGy, alginat disterilisasi dengan autoklaf. Dari faktor perlakuan tersebut diperoleh 10 satuan perlakuan dan masing-masing kombinasi perlakuan diulang dua kali, sehingga seluruhnya berjumlah 20 sampel. Penentuan percobaan dilakukan secara acak dengan waktu pengamatan 7, 14, 21, 28 hari. Parameter yang diamati adalah pH, analisis viskositas alginat, kadar N-total, P-total, C-organik, viabilitas spora *T. harzianum*. Analisis statistik dengan menggunakan *software* SAS 9.1. Analisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Hasil analisis yang menunjukkan adanya pengaruh nyata pada perlakuan diuji lanjut dengan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95%.

Pembuatan Alginat Hasil Ekstraksi Alga Coklat (*S. crassifolium*, J.G. Agard)

Ekstraksi alga coklat (*Sargassum crassifolium* J.G. Agard) untuk memperoleh alginat mengacu pada metode yang dilakukan Zailanie *et al.* (2010). Sebanyak 5 gram ekstrak alginat yang diperoleh dicampur dengan ke dalam

100 ml air. Selanjutnya dilakukan radiasi gamma (0, 25, 50, dan 75 kGy), serta kontrol dengan perlakuan autoklaf (121°C dan 15 menit). Setelah itu, sampel alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf dianalisis nilai pH dan viskositas.

Pencampuran Alginat dan Inokulan *T. harzianum* Menggunakan Media Tepung Beras dan Tapioka

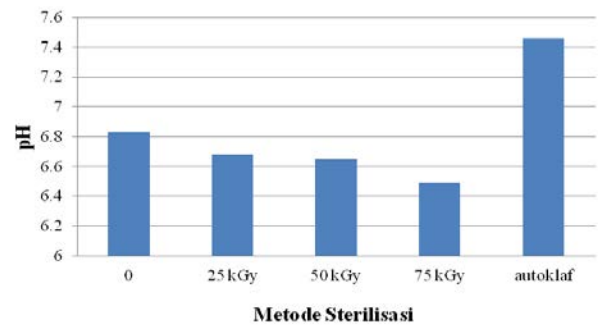
T. harzianum ditumbuhkan di media PDA yang diinkubasi selama tiga hari pada suhu ruang. Kemudian spora *T. harzianum* dilarutkan ke dalam aquades steril sebanyak 5 ml untuk memperoleh suspensi inokulum. Kerapatan spora ditentukan dengan cara penghitungan langsung menggunakan hemasitometer. Setelah diketahui jumlah spora, suspensi diinokulasikan ke dalam bahan pembawa sebanyak 10% v/v (1×10^8 sel ml^{-1}). Bahan pembawa terdiri atas 8,42 ml volume alginat yang dicampurkan ke dalam 15 gram tepung beras dan tapioka. Selanjutnya diinkubasi selama 7, 14, 21, 28 hari. Parameter yang diamati adalah pH, viskositas alginat, N-total, P-total, C-organik, dan viabilitas spora *T. harzianum*, sesuai dengan waktu pengamatan yang ditentukan.

Hasil dan Pembahasan

Analisis pH dan Viskositas Alginat

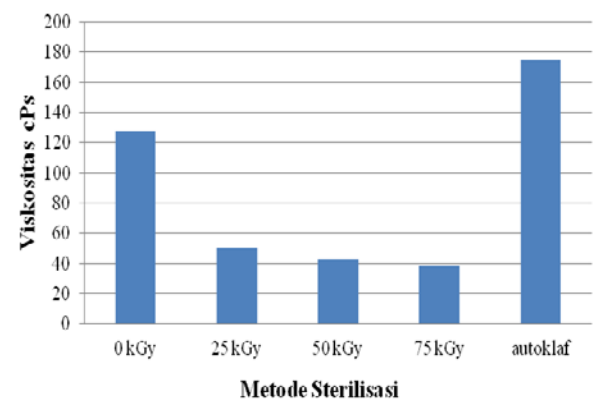
Hasil analisis pH dan viskositas alginat menunjukkan adanya pengaruh radiasi gamma (Gambar 1 dan 2). Nilai pH dan viskositas mengalami penurunan sebanding dengan semakin tingginya dosis radiasi dan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (alginat yang disterilisasi dengan autoklaf). Radiasi menyebabkan polimer dari alginat mengalami degradasi dan terbentuk campuran senyawa oligomer/monomer yang bersifat asam seperti asam manuronat dan guluronat. Terbentuknya oligomer/monomer akan berakibat pula pada semakin rendahnya nilai viskositas. Terdegradasinya polimer alginat disebabkan oleh efek radiolisis terhadap air yang menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan yang lebih cepat (Puspitasari 2007). Tingginya nilai pH dan viskositas pada kontrol yang disterilisasi dengan autoklaf, karena pemanasan dan tekanan yang tinggi menyebabkan polimer alginat mengalami koagulasi.

Sterilisasi autoklaf menyebabkan penurunan viskositas hingga 64% bila kondisi proses pada suhu 138°C (282°F) selama 30 menit dan tekanan 30 psi. Adanya perbedaan kondisi sterilisasi autoklaf pada penelitian menyebabkan hasil yang berbeda. Pada kondisi sterilisasi autoklaf 121°C selama 15 menit dan tekanan 1,5 atm, alginat cenderung mengalami koagulasi (Hadar *et al.* 1997).



Gambar 1. pH alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf

Figure 1. The pH of alginate resulted by gamma radiation and autoclave



Gambar 2. Viskositas alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf

Figure 2. Alginate viscosity resulted by gamma radiation and autoclave

Kadar N, P, dan C-Organik Serta Viabilitas Spora *T. harzianum* pada Bahan Pembawa Tepung Beras dan Tapioka yang Ditambahkan Alginat Hasil Radiasi

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penambahan spora *T. harzianum* dan alginat yang diradiasi yang disimpan pada bahan pembawa tepung beras dan tapioka tidak berpengaruh terhadap kadar N dan P (Tabel 1 dan 2). Hal ini kemungkinan karena *T. harzianum* diketahui merupakan fungi selulolitik perombak selulosa (Worthington 1988, Aslam *et al.* 2010, Sarjono *et al.* 2012) sehingga kadar N dan P pada tepung beras dan tapioka yang mengandung alginat tidak berubah secara signifikan. *T. harzianum* yang ditumbuhkan pada tepung beras atau tapioka tidak akan memfermentasi kedua tepung tersebut (kedua tepung tersebut tidak mengandung selulosa). Kadar N dan P berasal dari komponen bahan pembawa yang terdiri atas tepung beras (1,2 dan 0,96%) (NFI 2009) dan tapioka (1,1 dan 0,125%) (Purwanita 2013).

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa kadar C-organik dipengaruhi oleh perlakuan penyimpanan spora *T.*

harzianum di dalam bahan pembawa tepung beras dan tapioka yang mengandung alginat hasil sterilisasi (Tabel 3). Kadar C-organik pada perlakuan alginat yang diradiasi maupun kontrol tanpa radiasi dengan bahan pembawa tepung beras menunjukkan hasil berbeda nyata dengan hasil sterilisasi autoklaf, sedangkan di bahan pembawa tepung tapioka pada perlakuan alginat yang diradiasi 25 dan 75 kGy terjadi perbedaan nyata dengan kontrol tanpa radiasi dan autoklaf. Hal ini karena polimer alginat yang diradiasi mengalami degradasi, sehingga banyak karbon yang terlarut. Dengan demikian sumber karbon tersebut dimanfaatkan oleh *T. harzianum* sebagai sumber energi untuk berkembang. Alginat yang diradiasi 50 kGy di dalam bahan pembawa tepung beras memiliki nilai C-organik tertinggi sebesar 6,958% dan berbeda nyata

dengan perlakuan autoklaf. Alginat yang diradiasi 25 kGy di dalam bahan pembawa tepung tapioka memiliki nilai C-organik tertinggi sebesar 7,004% dan tidak berbeda nyata hanya dosis 75 kGy yang memiliki kadar sebesar 7,001%. Degradasi alginat menyebabkan C-organik terlarut lebih tinggi. Hal ini kemungkinan alginat yang diradiasi 50 kGy di dalam bahan pembawa tepung beras, alginat yang diradiasi 25 kGy dan 75 kGy di dalam bahan pembawa tepung tapioka, banyak alginat yang rantai polimernya terdegradasi, sehingga karbon banyak yang larut. Adanya C-organik terlarut menyebabkan terjadinya pertumbuhan spora *T. harzianum* dan dibuktikan dari hasil pengamatan mikroskopis yang menunjukkan adanya pertumbuhan (Gambar 3). Tepung tapioka memiliki tekstur yang kuat dan nilai karbonnya lebih tinggi daripada tepung beras

Tabel 1. Kadar N-total (%) bahan pembawa tepung beras dan tapioka yang ditambah alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf dengan inokulum spora *T. harzianum* pada umur 28 hari

Table 1. The total contents of N (%) of rice and tapioca flour carrier materials added with alginate resulted by gamma radiation and autoclave with *T. harzianum* spore inoculum at 28 days

Bahan pembawa	N-total				
	Kontrol (tidak steril)	25 kGy	50 kGy	75 kGy	Autoklaf
	%				
Tepung beras	1,411 A	1,560 A	1,378 A	1,363 A	1,948 A
Tepung tapioka	0,145 A	0,143 A	0,149 A	0,095 A	0,046 A

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi huruf yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf kepercayaan 5%.

Tabel 2. Kadar P-total (%) bahan pembawa tepung beras dan tapioka yang ditambah alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf dengan inokulum spora *T. harzianum* pada umur 28 hari

Table 2. The total contents of P (%) of rice and tapioca flour carrier materials added with alginate resulted by gamma radiation and autoclave with *T. harzianum* spore inoculum at 28 days

Bahan pembawa	P-total				
	Kontrol (tidak steril)	25 kGy	50 kGy	75 kGy	Autoklaf
	%				
Tepung beras	0,0758 A	0,0667 A	0,0717 A	0,0625 A	0,1033 A
Tepung tapioka	0,0117 A	0,0125 A	0,0267 A	0,0175 A	0,0133 A

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi huruf yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf kepercayaan 5%.

Tabel 3. Kadar C-organik (%) bahan pembawa tepung beras dan tapioka yang ditambah alginat hasil radiasi gamma dan autoklaf dengan inokulum spora *T. harzianum* pada umur 28 hari

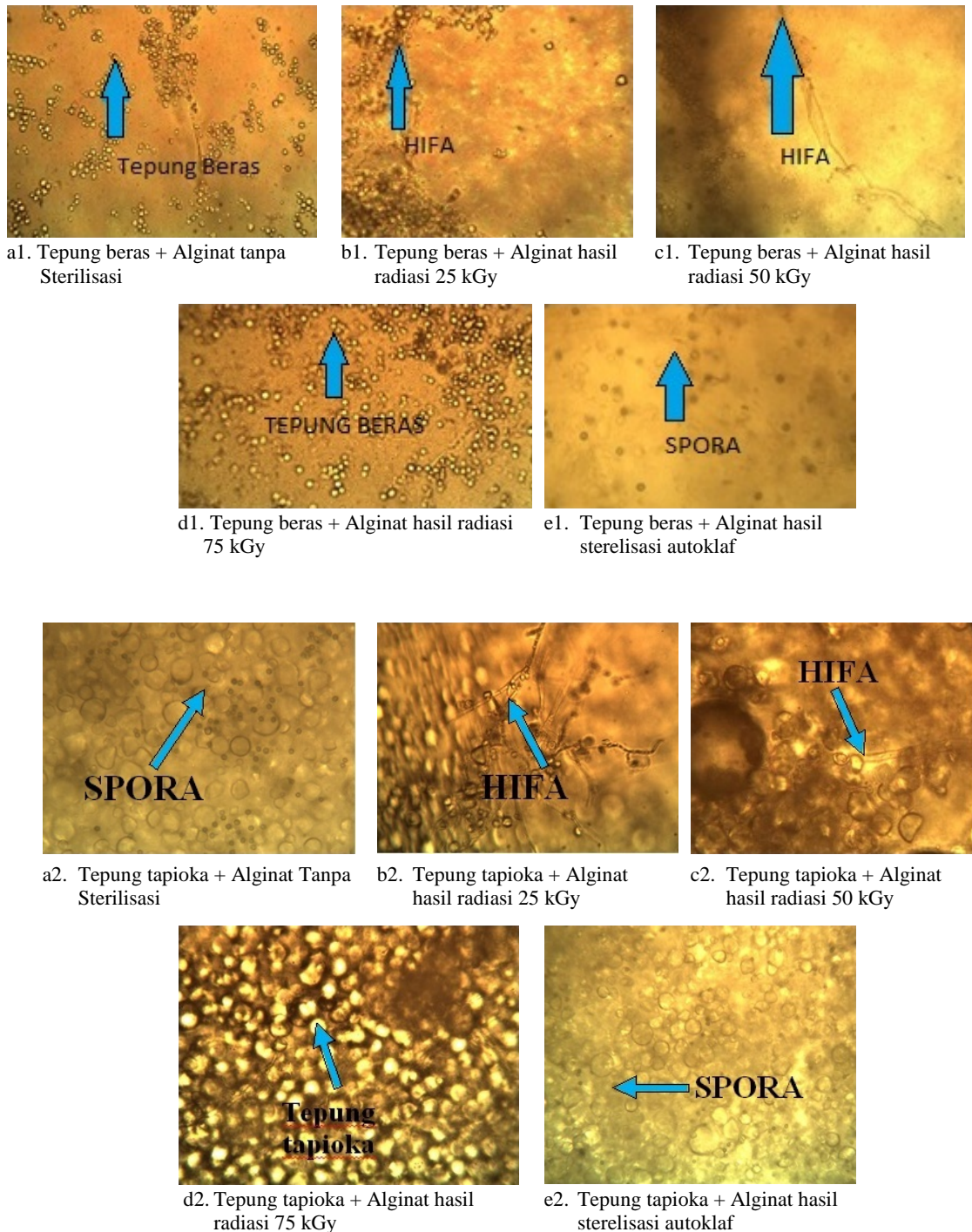
Table 3. C-organic content (%) of rice and tapioca flour carrier materials added with alginate resulted by gamma radiation and autoclave with *T. harzianum* spore inoculum at 28 days

Bahan pembawa	C-organik				
	Kontrol (tidak steril)	25 kGy	50 kGy	75 kGy	Autoklaf
	%				
Tepung beras	6,501 AB	6,396 ABC	6,958 A	6,50 AB	5,292 D
Tepung tapioka	5,615 CD	7,004 A	6,621 AB	7,001 A	6,066 BCD

Keterangan : Angka yang diikuti dengan notasi huruf yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf kepercayaan 5%.

sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan miselium *T. harzianum*. Menurut Tjokrokusumo *et al.* (2004), sebagian besar unsur karbon yang dibutuhkan oleh jamur yaitu sebagai sumber energi yang digunakan dalam pertumbuhan dan perbanyakkan sel, sedangkan nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan melalui proses sintesis protein.

Gambar 3 menunjukkan bahwa spora *T. harzianum* yang disimpan di dalam media tepung beras dan tapioka yang dicampurkan dengan alginat yang diradiasi sampai umur 28 hari masih memiliki viabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan autoklaf. Hal ini karena di dalam media alginat yang diradiasi maupun yang di autoklaf masih terdapat nutrisi yang ada, sehingga dengan adanya



Gambar 3. Pengamatan penyimpanan spora *T. harzianum* dan alginat yang disterilisasi menggunakan radiasi gamma dan autoklaf di dalam bahan pembawa tepung beras (a1-e1) dan tapioka (a2-e2)

Figure 3. Spore storage observation of *T.harzianum* and sterilized alginates using gamma radiation and autoclave in rice (a1-e1) and tapioca flour (a2-e2) carrier materials

sumber makanan yang berasal dari alginat maka spora *T. harzianum* masih hidup. Viabilitas *T. harzianum* terjadi pada perlakuan alginat hasil radiasi gamma 25 kGy, 50 kGy yang ditandai dengan adanya hifa *T. harzianum* baik pada bahan pembawa tepung beras atau tapioka. Radiasi alginat pada dosis 75 kGy tidak terjadi pertumbuhan spora menjadi hifa pada bahan pembawa tepung beras dan tapioka, Radiasi berfungsi untuk mendegradasi alginat menjadi oligoalginat yang akan meningkatkan kadar nutrisi di dalamnya. Adanya rantai polimer yang panjang dari alginat menjadi oligoalginat, sehingga semakin banyak metabolit sekunder yang ada di dalam rantai oligoalginat akan terekspose keluar (Nagasawa *et al.* 2000).

Kesimpulan

Radiasi gamma mempengaruhi nilai pH dan viskositas alginat. Nilai pH dan viskositas mengalami penurunan sebanding dengan peningkatan dosis radiasi. Penambahan alginat yang diradiasi tidak mempengaruhi kadar N, P, viabilitas spora, namun berpengaruh C-organik. Penambahan alginat hasil radiasi gamma dosis 25 kGy ke dalam bahan pembawa tepung beras dan tapioka mampu meningkatkan viabilitas spora *T. harzianum* sehingga dapat digunakan untuk pupuk hayati dan diaplikasikan ke tanaman.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Dian, Ibu Dewi, Bapak Santoso bagian Proses Radiasi PAIR BATAN dan kelompok Tanah PAIR BATAN yang telah membantu dalam proses kegiatan di laboratorium.

Daftar Pustaka

Aslam N, Sheikh AM, Ashraf M, Jamil A. 2010. Expression pattern of *Trichoderma* cellulases under different carbon sources. Pak. J. Bot. 42(4): 2895-2902.

Gholamipoor S, Ghanavati YN, Oromiehie AR, Mohammadi M. 2013. Extraction and Characterization of Alginat from *Sargassum angustifolium* collected from northern coasts of Persian Gulf, Bushehr. International Symposium on Advances in Science and Technology., Iran.

Harman GE, Howell C, Viterbo R, Chet AI, Lorito M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews (Microbiology). 2: 43-56.

Hadar J, Tirosh T, Grafstein O, Korabelnikov E. 1997. Autoclave emissions hazardous or not. Journal of the American Biological Safety Association. 2(3): 44-51.

Hardika G, Warji B. Lanya. 2013. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Granulator Beras Jagung. Jurnal Teknik Pertanian. 2(2):67-76.

Huang L, Zhai MJ, Peng J, Li, Wei G. 2007. Carbohydr. Polym. 67. 305.

Muljowati JS, Purnomowati. 2010. Pengaruh Kombinasi Jenis Bahan Pembawa dan Lama Masa Simpan yang Berbeda terhadap Produksi Pelet Biofungisida *Trichoderma harzianum*. Biosfera 27 (1).

McHugh, Dennis J. 2003."A Guide to the Seaweed Industry, FAO Fisheries Technical Paper." Food and Agriculture 941 Organization of the United Nations.

Nagarajan A, Shanmugam A, Zackaria A. 2016. Mini review on Alginate: Scope and Future perspectives J. Algal Biomass Utln. 7(1): 45-55.

Nagasawa N, Mitomo H, Yoshii F, Kume, T. 2000. Radiation induced degradation of sodium alginate. Polymer Degradation and Stability 69:279-285.

National Food Institute. 2009. <http://www.foodcomp.dk> . (1 July 2018).

Purwanita, Sulistyani R. 2013. Pembuatan egg roll tepung sukun (*Artocarpus altilis*) dengan penambahan jumlah tepung tapioka yang berbeda. Jurnal Penelitian UNDIP. Semarang. 1(3):1-157.

Puspitasari T, Iramani. 2007. Pengaruh oligoalginat radiasi terhadap pertumbuhan tanaman bayam yang secara hidroponik. Majalah Polimer Indonesia. 10(1):36-40.

Remminghorst U, Rehm BHA. 2006. "Bacterial alginates: from biosynthesis to applications," Biotechnology Letters. 28(21):1701-1712.

Roew CR, Sheskey JP, Quinn EM. 2009. Adipic Acid. Handbook of Pharmaceutical Excipients Sixth edition. pp. 20-22.

Sarjono PR, Mulyani NS, Setyani WS. 2012. Kadar glukosa dari hidrolisis selulosa pada eceng gondok menggunakan *Trichoderma viride* dengan variasi temperatur dan waktu fermentasi. Molekul. 7(2):163-171.

Saltmarsh, Michael, Barlow S. 2013. Essential Guide to Food Additives. 4th. Edited by Mike Saltmarsh. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. 2016. Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant (*Solanum lycopersicum*). International J of ChemTech Research. 9(9):285-293.

Sindy MP, Anas I, Hazra F, Citraresmini A. 2010. Viabilitas inokulan dalam bahan pembawa gambut, kompos, arang batok dan zeolit yang disteril dengan radiasi sinar gamma Co-60 dan mesin berkas elektron. J Tanah dan Lingkungan. 12(1): 9-16. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Szekalska M, Pucibowska A, Szymanska E, Ciosek P, Winnicka K. 2016. Review Article Alginate: Current Use and Future Perspectives in Pharmaceutical and Biomedical Applications. Internat. J of Polymer Science. pp 1-17.

Tjokrokusumo D, Hendritomo HI, Widyastuti N. 2004. Pengaruh penambahan dedak dan molasses pada substrat pertumbuhan jamur tiram coklat (*Pleurotus cystidiosus*). J. Biotika 3(2):8-12.

Wijayanti G. 2010. Viabilitas *Azospirillum brasilense* pada Enkapsulasi Menggunakan Campuran Natrium Alginat dan Tepung Tapioka. Skripsi. jurusan biologi fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam Universitas Diponegoro. Semarang.

Worthington CE. (1988). Worthington Enzyme Manual. Worthington biochemical corporation, freehold. NJ. 76-79.

Zailanie K, Susanto T, Simon BW. 2010. Ekstraksi dan pemurnian alginate dari *Sargasusum filipendula* kajian dari bagian tanaman, lama ekstraksi dan konsentrasi isopropanol. J. Teknologi Pertanian. 2(1).

Zaman K, Hashim K, Ghazali Z, Mahmood MA, Sharif J. 2006. "Radiation processing of natural polymer", Proc. of the FNCA Workshop on Application of Electron Accelerator-EB Treatment of Wastewater, (Proc. Workshop, Daejeon, Korea. JAEA-Conf. Japan Atomic Energy Research Institute. Tokai-mura, Japan. 14-22.