

Sintesis *Super Water Absorbent* (SWA) Pati Singkong co Akrilat dengan Teknik Radiasi sebagai Bahan *Soil Conditioner*

Tita Puspitasari, Dewi Sekar Pangerteni, dan Darmawan Darwis

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan

Email: titapus2000@yahoo.com

Diterima: 24-Sep-2015 Diperbaiki: 30-Okt-2015 Disetujui: 21-Des-2015

ABSTRAK

Sintesis *Super Water Absorbent* (SWA) Pati Singkong co Akrilat dengan Teknik Radiasi sebagai Bahan *Soil Conditioner*. Bahan yang bisa memanen air dan meningkatkan sifat fisik tanah disebut sebagai *soil conditioner*. Hidrogel *super water absorbent* (SWA) adalah *soil conditioner* berbasis polimer yang memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air hingga ratusan kali berat keringnya (*water holding*). Pada penelitian ini SWA dibuat dari campuran polimer alam *cassava starch*, monomer asam akrilat dan KOH dengan berbagai variasi konsentrasi. Beberapa karakteristik SWA dievaluasi yaitu fraksi gel, rasio *swelling* dan nilai *equilibrium degree of swelling* (EDS) di dalam air. Hasil yang diperoleh menunjukkan komposisi yang optimal adalah campuran pati singkong – KOH - asam akrilat dengan rasio (1 : 0,6 : 2) dan dosis radiasi yang optimal adalah 10 kGy. Fraksi gel yang diperoleh adalah 90% dan nilai rasio pengembangan 280 kali berat keringnya. Nilai EDS diperoleh setelah 8 jam perendaman. Cara aplikasi SWA yang dikubur di kedalaman 10 cm lebih baik dibandingkan dengan cara aplikasi yang dicampur merata dengan media. Sifat retensi air medium yang menggunakan SWA meningkat. Retensi air sebesar 50% pada media pasir dan tanah podzolik merah kuning berturut-turut adalah 17 dan 20 hari, lebih lama dibandingkan kontrol tanpa SWA, yaitu masing-masing 6 dan 8 hari.

Kata kunci: polimer *super water absorbent*, pati singkong, *soil conditioner*

ABSTRACT

Synthesis of Cassava co Acrylate Super Water Absorbent (SWA) by Using Radiation Technique as Soil Conditioner Material. Material which has the ability to harvest water and improve soil physical properties is referred to as soil conditioner. However the material is insoluble in water due to the three-dimensional cross-linked network structure. In this study, SWA was prepared from the mixture of natural polymer of cassava starch, acrylic acid monomer and KOH at various concentrations. Some characteristics of SWA such as gel fraction, swelling ratio and equilibrium degree of swelling (EDS) in water were evaluated. The results

show that the optimum composition was mixture of cassava starch-KOH-acrylic acid with ratio of 1:0.6:2, and the optimum irradiation dose was 10 kGy. The gel fraction was 90% and the degree of swelling was 280 times of its dried weight. The equilibrium degree of swelling was attained after 8 hours immersion time. The SWA application method which buried as deep as 10 cm in the medium was better than mixed thoroughly with the medium. Water retentions property of medium using SWA was increased. The water retentions by 50% of sand and red-yellow podzolic soil medium were 17 and 20 days consecutively, longer than that of control without SWA which were only 6 and 8 days respectively.

Keywords: *super water absorbent polymer, cassava starch, soil conditioner*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berjuta-juta hektar lahan marginal yang tersebar di beberapa pulau. Lahan marginal tersebut meliputi lahan basah berupa lahan gambut, lahan sulfat masam dan rawa pasang surut seluas 24 juta ha; lahan kering berupa tanah Ultisol sebesar 47,5 juta ha dan Oxisol seluas 18 juta ha serta pesisir pantai yang mencapai 106.000 km dengan potensi luas lahan sebesar 1.060.000 ha. Lahan marginal adalah lahan yang memiliki mutu rendah karena adanya beberapa faktor pembatas jika digunakan untuk suatu keperluan tertentu. Faktor pembatas tersebut bisa berupa kondisi kesuburannya yang rendah akibat tekstur pasiran, stuktur lepas-lepas, kandungan hara rendah, kemampuan menukar kation rendah dan daya menyimpan air rendah sehingga diperlukan inovasi teknologi untuk memperbaikinya [1].

Salah satu teknologi untuk meningkatkan daya menyimpan air di tanah adalah *soil conditioner*, yaitu bahan yang bisa menahan air dan diketahui dapat meningkatkan sifat fisik tanah [2]. Hidrogel *super water absorbent (SWA)* adalah *soil conditioner* berbasis polimer yang memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air dalam struktur ikatan silang hingga ratusan kali berat keringnya (*water holding*). Tetapi bahan ini tidak larut dalam air karena memiliki struktur jaringan tiga dimensi yang berikatan silang [3-5].

Super waterabsorbent polymer dapat disintesis baik dari polimer sintetik, semi sintetik atau polimer alam yang dapat digunakan secara terpisah maupun bersama. Pada umumnya hidrogel SWA terbuat dari *poly(vinyl alcohol)*, polivinil pirolidon, *poly(ethylene oxide)*, *carboxymethylcellulose*, poliakrilamida dan poliakrilat [4]. Banyak penelitian yang sudah dilakukan untuk menggabungkan polimer sintetik dengan polimer alam berbasis pati dan turunannya [6-13]. Penggabungan polimer

alam dan sintetis dapat meningkatkan rasio swelling dalam air dan sifat biodegrasinya sehingga lebih efisien dan ramah terhadap lingkungan.

Penelitian ini bertujuan mempelajari komposisi optimal dan sifat fisik-kimia polimer SWA *cassava co* akrilat yang disintesis menggunakan iradiasi gamma. Parameter pengujian sebagai *soil conditioner* adalah pengukuran sifat retensi air pada 2 jenis media yaitu pasir dan tanah podsolik merah kuning yang merupakan jenis tanah ultisol. Selain itu, dipelajari 2 macam cara aplikasi yaitu dicampur rata dengan media dan dikubur pada kedalaman 10 cm.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah pati singkong (CS) lokal yang didapat dari pasar swalayan, monomer asam akrilat (*Merck*), KOH (*Merck*), dan air suling. Semua bahan kimia yang digunakan berkualitas pro analisis (Pa), tanah podsolik merah-kuning dan pasir.

Pembuatan SWA Pati Singkong co Akrilat

Pengaruh konsentrasi monomer asam akrilat pada campuran SWA pati singkong co akrilat dipelajari dengan cara sebagai berikut: sebanyak 10 g pati singkong (CS) digunakan untuk membuat 100 g campuran (10%). Pati singkong dicampur dengan KOH dan asam akrilat (Aac) dengan perbandingan CS:KOH:Aac yaitu (1:1,2:0,5); (1:1,2:1,0); (1:1,2:1,5); dan (1:1,2:2), campuran ditambah dengan aquades sampai 100 g. Masing-masing campuran kemudian dikemas dalam kantong plastik berukuran 5x5 cm dan ditutup rapat untuk selanjutnya diradiasi dengan menggunakan sinar gamma pada dosis iradiasi 5-25 kGy.

Pengaruh KOH dipelajari pada rasio CS dan asam akrilat sebesar (1:2). Variasi rasio KOH yang digunakan adalah : 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 dan 1,4. Campuran dengan berbagai variasi KOH selanjutnya ditambah dengan aquades sampai 100 g. Masing-masing campuran kemudian dikemas dalam kantong plastik berukuran 5x5 cm dan ditutup rapat untuk selanjutnya diradiasi dengan menggunakan sinar gamma pada dosis iradiasi 5-25 kGy.

Karakterisasi FTIR

Hidrogel SWA pati singkong co akrilat dikeringkan dan dibuat serbuk. Selanjutnya dicampur dengan KBr dan dimasukkan ke dalam wadah sampel stainless steel. Spektrum direkam dengan sistem DRS menggunakan alat Shimadzu IR Prestige-21 Model 810-series dengan selang bilangan

gelombang 4000 – 400 cm⁻¹. Hal yang sama dilakukan juga pada pati singkong murni dan asam akrilat.

Pengujian Rasio Pengembangan (Swelling Ratio)

Hidrogel SWA hasil radiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai berat konstan (W_0). Selanjutnya hidrogel direndam dengan air suling pada suhu kamar dengan berbagai interval waktu 1, 2, 4, 6, 8, 10 dan 24 jam. Setiap interval waktu perendaman dicapai, hidrogel SWA dikeluarkan dari air rendaman, air yang masih menempel pada permukaan diserap dengan tisu dan selanjutnya ditimbang (W_1 untuk perendaman 1 jam). Masukkan kembali hidrogel SWA ke dalam air perendaman, hingga interval waktu berikutnya. Perendaman diulangi hingga interval waktu 24 jam. Rasio pengembangan hidrogel dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rasio Pengembangan} = \frac{W_n}{W_0} \quad (1)$$

dimana w_n adalah berat gel setelah perendaman pada interval waktu ke-n (g) dengan n sebesar 1, 2, 4, 6, 8, 10, dan 24 jam dan w_0 merupakan berat gel kering sebelum perendaman (g).

Pengujian Fraksi Gel

Pengujian fraksi gel dilakukan untuk mengetahui jumlah polimer yang membentuk ikatan silang. Hidrogel SWA hasil radiasi yang sudah dikeringkan ditimbang (W_0), selanjutnya dimasukkan ke dalam kasa baja dan diekstrak dengan air suling pada suhu 80°C selama 24 jam. Gel yang tersisa dikeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan (W_e). Fraksi gel dihitung dengan rumus:

$$\text{Fraksi gel} = \frac{W_e}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Pengujian Retensi Air SWA Pati Singkong Co Akrilat di dalam Media

Sifat retensi air SWA diuji menggunakan dua macam media yaitu tanah podsolik merah-kuning dan pasir. Masing-masing media sebanyak 1 kg dimasukkan ke dalam keler. Selanjutnya, SWA dengan dosis pemberian sebesar 0,6 g/kg media diaplikasikan ke dalam media. Cara pengaplikasian SWA dilakukan dengan dua macam Metode yaitu dicampur merata dengan media dan dikubur pada kedalaman 10 cm dari permukaan media. Kemudian media diisi dengan air sesuai dengan kapasitas lapangnya. Setelah itu, berat tanah dan air ditimbang setiap selang waktu tertentu. Retensi air adalah

jumlah air yang dapat disimpan dalam suatu media setiap selang waktu tertentu yang besarnya sebagai berikut:

$$\text{Retensi Air (\%)} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (3)$$

dimana w_t : Berat media, SWA dan air setiap selang waktu tertentu dan w_0 : Berat media kering setelah dioven pada 60°C selama 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis SWA Pati Singkong co Akrilat

Pengaruh kadar asam akrilat terhadap kemampuan campuran untuk membentuk gel disajikan pada Tabel 1. Gel yang tidak mudah hancur terbentuk pada rasio berat asam akrilat minimal satu setengah kali berat pati singkong. Polimer berbasis akrilat adalah bahan yang umum digunakan sebagai bahan dasar pembuatan SWA komersial karena kemampuannya dalam membentuk gel cukup baik [3]. Asam akrilat termasuk monomer berikatan silang jika diradiasi sedangkan pati singkong termasuk polimer alam yang memiliki ikatan glikosida dan terdegradasi bila terpapar radiasi [11]. Pada Tabel 1 terlihat bahwa apabila konsentrasi asam akrilat lebih kecil atau sama dengan konsentrasi pati singkong pada dosis iradiasi hingga 20 kGy belum membentuk ikatan silang (gel) antar molekul, yang ditunjukkan oleh campuran yang masih berupa larutan. Pembentukan gel terjadi pada komposisi asam akrilat yang lebih besar daripada pati singkong. Dengan demikian, apabila jumlah asam akrilat kurang maka efek degradasi menjadi lebih dominan sehingga gel tidak terbentuk.

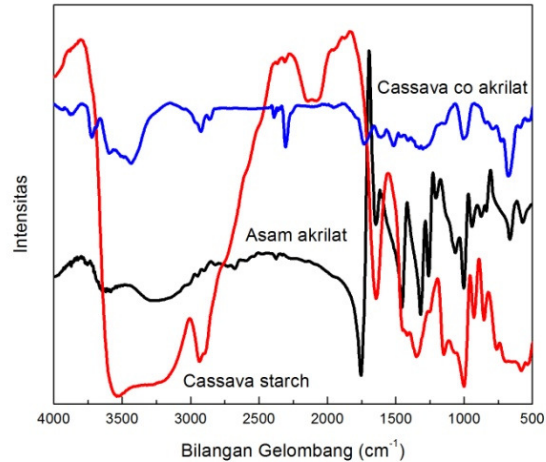
Tabel 1. Pengaruh rasio asam akrilat terhadap penampilan fisik SWA pati singkong co akrilat

Rasio Berat Pati singkong-KOH-Aac			Dosis Radiasi (kGy)			
Pati singkong (CS)	KOH (K)	Asam akrilat (Aac)	5	10	15	20
1	1,2	0,5	x	x	x	x
1	1,2	1	xx	xx	xx	xx
1	1,2	1,5	xxx	xxx	xxx	xxx
1	1,2	2	xxx	xxx	xxx	xxx

x : larutan koloid, xx : larutan kental, xxx : gel

Gel pati singkong co akrilat yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan spektrum FTIR. Pada spektrum IR pati singkong,

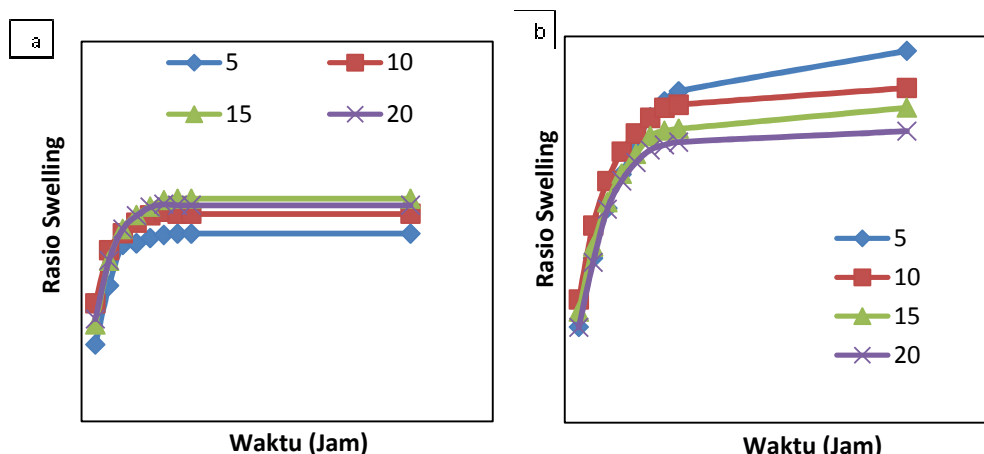
tampak puncak melebar pada bilangan gelombang 3200-3600 cm^{-1} dan 2935 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ulur gugus OH dan CH, serta puncak pada bilangan gelombang 1348, 1147 dan 1001 cm^{-1} merupakan puncak karakteristik gugus C-O-C dari ikatan glikosida yang dimiliki pati singkong.



Gambar 1. Spektrum FTIR asam akrilat, pati singkong dan pati singkong co akrilat

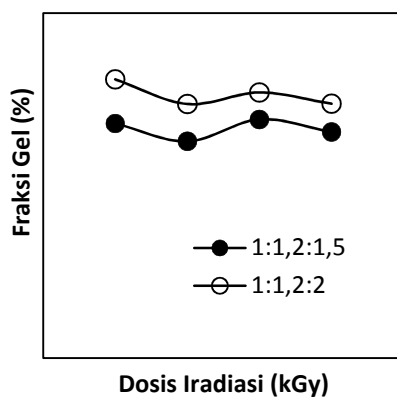
Pada spektrum pati singkong co akrilat, puncak yang melebar pada bilangan gelombang 2500-3200 cm^{-1} yang merupakan gugus asam karboksilat (COOH) dari asam akrilat hilang disertai munculnya puncak pada bilangan gelombang 1512 dan 1408 cm^{-1} yang merupakan puncak dari ion karboksilat, dimana hal ini mengindikasikan bahwa asam akrilat sudah berubah menjadi poliakrilat. Selain itu tampak juga gugus C=O pada bilangan gelombang 1731 cm^{-1} . Selain itu puncak melebar pada bilangan gelombang 1000-1100 cm^{-1} milik ikatan glikosida yang terdapat pada spektrum pati singkong tampak menjadi sebuah puncak yang tajam di bilangan gelombang 1001 cm^{-1} menunjukkan terjadinya pengurangan ikatan glikosida akibat degradasi radiasi [6-7].

Selanjutnya pada komposisi campuran yang menghasilkan gel yaitu pada rasio CS-KOH-Aac sebesar 1:1,2:1,5 dan 1:1,2:2 diuji nilai EDS, fraksi gel dan rasio pengembangan-nya. Hasil uji kemampuan penyerapan air dan nilai EDS dari kedua komposisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2. Gel dengan rasio CS-KOH-Aac: (1:1,2:2) memiliki kemampuan menyerap air yang lebih besar dibandingkan dengan gel yang memiliki rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5). Nilai EDS gel dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) dicapai dalam waktu 8 jam sedangkan EDS gel dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5) dicapai dalam waktu di bawah 5 jam.



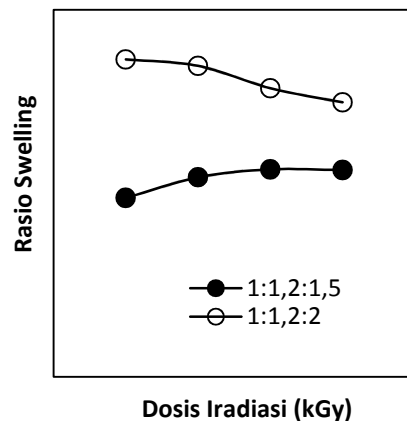
Gambar 2. Nilai equilibrium degree of swelling (EDS) campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (a) (1:1,2:1,5) dan (b) (1:1,2:2)

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh dosis radiasi terhadap fraksi gel kedua komposisi campuran diatas. Fraksi gel yang dihasilkan pada semua dosis radiasi yang diberikan relatif sama. Hal ini kemungkinan karena semua gugus aktif sudah berikatan silang pada dosis radiasi 5 kGy. Fraksi gel campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) lebih tinggi dibandingkan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5). Hal ini terjadi karena kadar asam akrilat yang berperan terhadap terjadinya ikatan silang lebih banyak pada campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) dibandingkan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, asam akrilat termasuk monomer yang berikatan silang jika diradiasi [14].



Gambar 3. Pengaruh iradiasi terhadap fraksi gel campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5) dan (1:1,2:2)

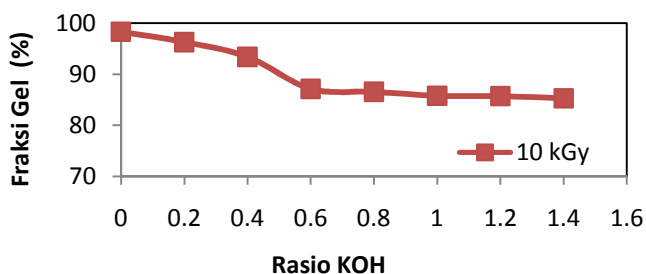
Gambar 4 menunjukkan pengaruh iradiasi terhadap rasio pengembangan kedua komposisi campuran. Rasio pengembangan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) lebih tinggi dibandingkan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5). Proses pengembangan terjadi karena interaksi antara polimer dengan air melalui mekanisme hidrasi dan ikatan hidrogen. Pada polimer sintetik yang berikatan silang, peningkatan fraksi gel akan diikuti dengan penurunan rasio pengembangan, hal ini disebabkan karena ruang untuk air masuk semakin kecil seiring naiknya jumlah ikatan silang [3]. Pada SWA *cassava* co akrilat yang merupakan campuran polimer alam dan sintetik, maka selain terjadi ikatan silang diantara poliakrilat, kemungkinan terjadi juga reaksi pencangkakan akrilat pada *back bone* pati singkong seperti yang terjadi pada hidrogel kitosan-g-poly(akrilamida) [9]. Adanya reaksi pencangkakan dapat menyebabkan naiknya gugus hidrofilik pada SWA sehingga meningkatkan rasio pengembangan. Rasio pengembangan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) mencapai 250 kali berat keringnya, lebih besar dibandingkan dengan rasio pengembangan campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5) yang hanya mencapai 150 kali berat keringnya. Nilai fraksi gel dan rasio pengembangan campuran dengan komposisi rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:2) lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5), sehingga untuk mencari rasio KOH yang optimal digunakan komposisi rasio pati singkong-asam akrilat sebesar (1:2).



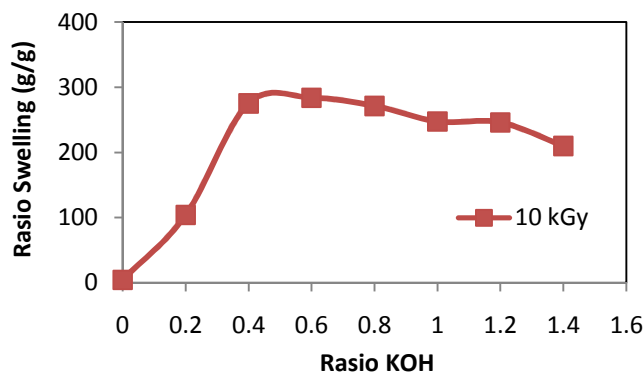
Gambar 4. Pengaruh iradiasi terhadap rasio swelling campuran dengan rasio CS-KOH-Aac (1:1,2:1,5) dan (1:1,2:2)

Pengaruh konsentrasi KOH dipelajari pada rasio pati singkong asam akrilat dengan rasio CS-Aac (1:2) yang diradiasi pada dosis 10 kGy. Gambar 5 menunjukkan fraksi gel yang dihasilkan menurun dengan naiknya rasio KOH sampai rasio KOH 0,6. KOH yang ditambahkan akan bereaksi dengan

asam akrilat membentuk kalium akrilat. Makin banyaknya ion K^+ pada rantai poliakrilat dapat menyebabkan muatan positif, sehingga rantai polimer cenderung saling tolak-menolak dan jarak antar rantai polimer cenderung saling menjauh. Jauhnya jarak antar rantai akan menyebabkan sulitnya terjadi ikatan silang [15-16]. Hal ini berimplikasi pada turunnya fraksi gel dengan meningkatnya konsentrasi KOH dan naiknya rasio pengembangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Penjelasan yang memungkinkan adalah dengan semakin menjauhnya jarak antar rantai polimer maka ruang untuk masuknya air akan semakin besar. Rasio pengembangan yang cukup stabil didapatkan setelah penambahan rasio KOH sebesar 0,6.



Gambar 5. Pengaruh rasio KOH dalam campuran terhadap fraksi gel campuran pati singkong dan asam akrilat

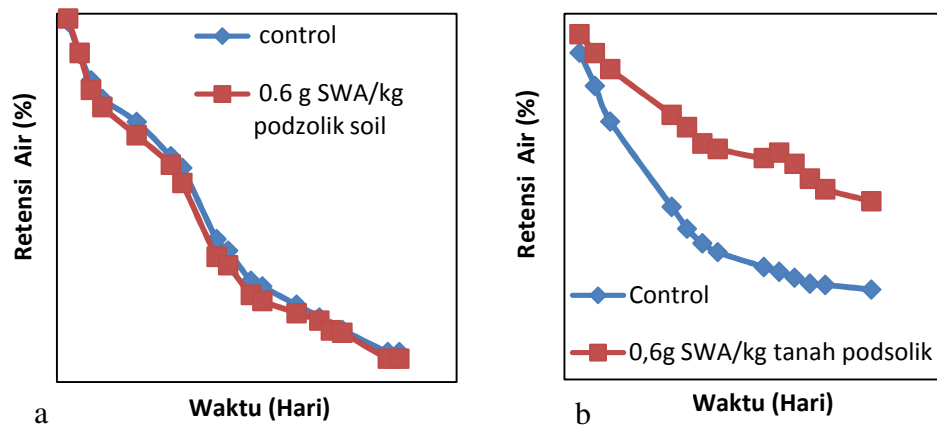


Gambar 6. Pengaruh rasio KOH dalam campuran terhadap rasio swelling campuran pati singkong dan asam akrilat

Pengujian Sifat Retensi Air SWA Pati Singkong co Akrilat

Pengaruh perbedaan metode aplikasi SWA di media tanah podsolik terhadap nilai retensi air ditunjukkan oleh Gambar 7. Metode aplikasi SWA memegang peranan penting pada efek retensi air suatu media. Aplikasi SWA yang dicampur merata dengan tanah podsolik dapat menghilangkan

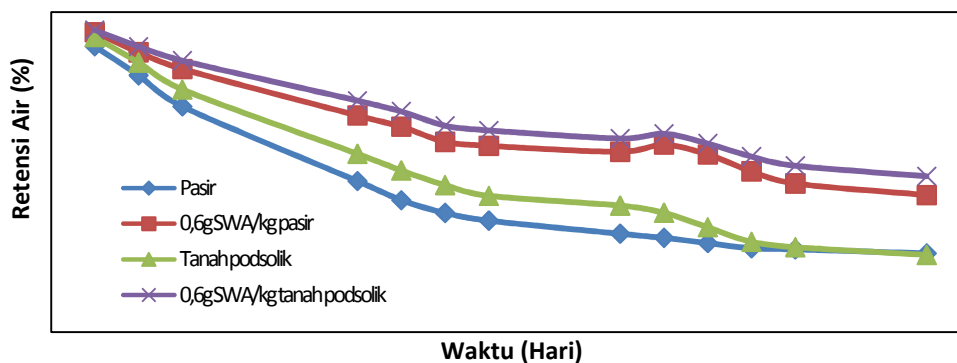
kemampuan retensi air tanah podsolik. Hal ini kemungkinan terjadi karena interaksi antar muka antara SWA dan tanah yang diaplikasikan tersebar merata di tanah lebih besar dibandingkan dengan SWA yang dikubur pada kedalaman 10 cm. Pada kondisi SWA mulai kehilangan air akibat penguapan, maka interaksi antar muka antara SWA dengan tanah yang lebih besar dapat menyebabkan SWA menyerap air yang ada di dalam mikropori tanah untuk kemudian diuapkan. Dalam hal ini SWA berperan sebagai media yang mempercepat penguapan air tanah. Hal yang sebaliknya terjadi pada aplikasi SWA yang dikubur di kedalaman 10 cm, sehingga efek retensi airnya terlihat dengan jelas.



Gambar 7. Pengaruh teknik aplikasi SWA di dalam tanah terhadap kemampuannya dalam menyimpan air (a) SWA dicampur merata dengan tanah, (b) SWA dikubur pada kedalaman 10 cm dari permukaan tanah.

Selanjutnya, pengujian kemampuan retensi air SWA yang dikubur pada 10 cm dari permukaan tanah dilakukan pada 2 jenis media yaitu pasir dan tanah podzolik merah kuning (Gambar 8). Hasil pengujian menunjukkan bahwa SWA mampu menyimpan air baik di dalam media pasir maupun tanah podsolik. Karena teksturnya yang besar-besar, pasir memiliki kemampuan yang rendah dalam menyimpan air dibandingkan dengan tanah jenis podsolik merah kuning. Retensi air sebesar 50% pada media pasir dan tanah podsolik merah kuning berturut-turut adalah 17 dan 20 hari, sedangkan tanpa SWA (kontrol), retensi air-nya masing-masing 6 dan 8 hari penyimpanan. Dalam taksonomi tanah, tanah podsolik merah kuning merupakan tanah jenis Ultisol yang memiliki ciri morfologi yang penting yaitu adanya peningkatan fraksi liat dalam jumlah tertentu. Tanah yang didominasi liat memiliki permukaan yang lebih halus dan memiliki kapasitas memegang air yang lebih besar daripada tanah berpasir karena adanya ruang pori total yang lebih banyak

yang disusun oleh pori kecil. Sedangkan tanah berpasir memiliki makro pori yang lebih banyak, yang berfungsi dalam pergerakan udara dan air sehingga laju infiltrasinya lebih cepat [17].



Gambar 8. Pengaruh jenis media terhadap kemampuan SWA dalam menyimpan air

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa SWA berbasis pati singkong dan akrilat dapat disintesis dengan menggunakan iradiasi gamma, penambahan KOH dapat meningkatkan rasio pengembangan SWA di dalam air. Komposisi hidrogel SWA yang optimal adalah campuran dengan rasio pati singkong-KOH-asam akrilat sebesar 1:0,6:2. Dosis iradiasi yang optimal adalah 10 kGy. Nilai rasio pengembangan SWA mencapai 280 g/g, dengan fraksi gel sebesar 90%. Nilai kesetimbangan penyerapan air (EDS) diperoleh pada waktu 8 jam. SWA pati singkong co akrilat dapat berfungsi sebagai *soil conditioner* jika diaplikasikan pada kedalaman 10 cm dari permukaan media. Retensi air sebesar 50% pada media pasir dan tanah podsolik merah kuning adalah 17 dan 20 hari, sedangkan retensi air tanpa SWA masing-masing hanya 6 dan 8 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Cahyono Surindo, Staf Balai Iradiasi, Elektromekanik Instrumentasi PAIR BATAN atas bantuan meradiasi sampel SWA dengan sinar gamma menggunakan irradiator gamma karet alam (IRKA).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yuwono NW. Membangun kesuburan tanah di lahan marginal. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 2009;9(2):137-41.
- [2]. Caquilho M, Rodrigues A, Rosa F. Superabsorbent polymer for water management in forestry. *Agric Sci* 2013;4(5B):57-60.
- [3]. Buchholz FA. Preparation methods of superabsorbent polyacrylates. In: Buchholz FL, Peppas NA, editors. *Superabsorbent polymer: Science and technology*, ACS Symposium 1994;Series 573:27-38.
- [4]. Zohuriaan MJ, Kabiri K. Superabsorbent polymer materials: A review, Iran. *Polym J* 2008;17:451-77.
- [5]. Kabiri K, Omidian H, Zohuriaan MJ, Doroudiani MS. Superabsorbent hydrogel composites and nanocomposite: A review. *Polym Compos* 2011;277-89.
- [6]. Kiatkamjornwong S, Chomsaksakul W, Sonsuk M. Radiation modification of water absorption of cassava starch by acrylic acid/acrylamide. *Rad Phys Chem* 2000;59:413-27.
- [7]. Erizal, Perkasa DP, Abbas B, Sudirman, Sulistioni GS. Fast swelling superabsorbent hydrogel starch based prepared by gamma radiation Techniques. *Indo J Chem* 2014;14(3):246-52.
- [8]. Sadeghi M, Hosseinzadeh H. Synthesis and swelling behavior of starch-poly(sodium acrylate-co acrylamide) superabsorbent hydrogel, *Turk J. Chem.* 2008;32:375-88.
- [9]. Pourjavadi A, Mahdavinia GR, Superabsorbency, pH-sensitivity and swelling kinetics of partially hydrolyzed chitosan-g-poly(acrylamide) hydrogels, *Turk J Chem* 2006;30:595-608.
- [10]. Demitri C, Del Sole R, Scalera F, Sannino A, Vasapollo G, Maffezzoli A, Ambrosio L, Nicolais L. Novel superabsorbent cellulose-based hydrogels crosslinked with citric acid. *J Appl Polym Sci* 2008;110:2453-60.
- [11]. Yoshimura T, Matsuo K, Fujioka R. Novel biodegradable superabsorbent hydrogels derived from cotton cellulose and succinic anhydrate: Synthesis and characterization. *J Appl Polym Sci* 2006;99:3251-6.
- [12]. Rodrigues FHA, Spagnol C, Pereira AGB, Martins AF, Fajardo AR, Rubira AF.,Muniz EC. Superabsorbent hydrogel composites with a focus on hydrogels containing nanofibers or nanowhiskers of cellulose and chitin. *J Appl Polym Sci* 2014;131:3972-5.
- [13]. Dafader NC, Ganguli S, Sattar MA, Haque ME. Akhtar F, Synthesis of superabsorbent acylamide/kappa-carrageenan blend hydrogel by gamma radiation. *Malaysian Polym J* 2009;4(2):37-45.

- [14]. Chapiro A. Radiation chemistry of polymeric system. Vol. 15. Interscience Publishers, the University of Michigan; 1962.
- [15]. Buchholz FL, Graham AT. Modern superabsorbent polymertechnology. New York: Wiley- VCH; 1998 [chapters 1–7].
- [16]. Enas MA. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *J Adv Res* 2015;6(2):105-21.
- [17]. Prasetyo BH, Suriadikarta DA. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 2006;25(2):39-46.