

PENGARUH IRADIASI GAMMA PADA SIFAT FISIKO-KIMIA AGAR-AGAR

Erizal, Darmawan, D., dan Dewi S.P. .
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - Batan

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI GAMMA PADA SIFAT FISIKO-KIMIA AGAR-AGAR. Dalam kerangka aplikasi radiasi pada pengembangan bahan polimer alam khususnya yang berasal dari tumbuhan laut, telah dipelajari karakter fisiko-kimia agar-agar akibat pengaruh iradiasi gamma pada dosis 0-50 kGy. Pengaruh dosis iradiasi hingga 50 kGy pada agar-agar dalam bentuk serbuk menyebabkan viskositas relatif turun dan iradiasi dengan kondisi dosis yang sama pada agar-agar dalam bentuk film menyebabkan kemampuannya untuk meregang (daya tegang) turun dan sebaliknya kemampuannya untuk menyerap air (daya serap air) naik dengan naiknya dosis iradiasi dan naiknya waktu perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa agar-agar mempunyai kecenderungan terdegradasi pada pengaruh iradiasi hingga 50 kGy.

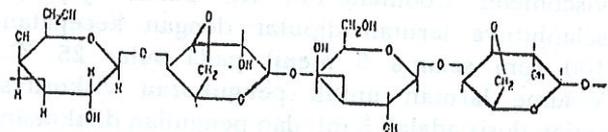
ABSTRACT

THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AGAR-AGAR. In order to develop the application of radiation for natural polymers, especially marine polymer, the effect irradiation on physico-chemical of Agar-agar has been studied at a dose range of 0-50 kGy. It was found that Agar-agar irradiation in powder form up to 50 kGy, its viscosity decreased. While agar-agar irradiation in the film form up to 50 kGy, its tensile strength decrease and infra red characteristics did not change, but its water absorption increase with increasing irradiation dose and time soaking. These cases showed that Agar-agar tends to degradation on the effect of irradiation up to 50 kGy.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dikelilingi lautan disamping sebagai sumber ikan yang melimpah juga potensial bagi pertumbuhan beragam jenis tumbuhan laut yang potensial misalnya rumput laut. Ditinjau dari struktur kimianya, sebagian besar dari rumput laut mengandung derivat-derivat polisakarida yang dapat digunakan dalam industri makanan, minuman dan keperluan sehari-hari (1-2). Agar-agar (struktur kimianya disajikan pada Gambar 1) merupakan salah satu jenis polisakarida laut (*marine polysaccharide*) yang berasal dari hasil ekstraksi rumput laut. Di Indonesia, agar-agar berasal dari hasil ekstraksi rumput laut *Gelidium sp.*, *Gracilaria sp.* dan *Hypnea sp.*. Dalam industri, agar-agar digunakan sebagai suspensi dalam pembuatan krim dan gel, media pencetak gigi, perekat dan kegunaan lainnya. Pada beberapa tahun belakangan ini sedang dilakukan penggunaan iradiasi untuk mengembangkan bahan alam baru berbasis bahan polimer/monomer alam misalnya kopolimer radiasi karaginan-PVP hidrogel untuk pembalut luka, dan karakterisasi sifat fisiko-kimia bahan polimer alam akibat iradiasi untuk melihat kemungkinan terbentuknya senyawa baru dengan berat molekul yang lebih rendah atau lebih besar dari senyawa aslinya akibat degradasi dan ikat silang. Semua ini ditujukan untuk keperluan pengembangan produk dalam bidang kimia, pertanian, farmasi dan kesehatan (3-8).

Berdasarkan struktur molekul dasarnya, agar-agar dibentuk dari selulosa, maka dapatlah diramalkan bahwa agar-agar jika diiradiasi akan mengalami degradasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh iradiasi terhadap sifat fisiko-kimia dari agar-agar dan parameter yang diamati meliputi viskositas, tegangan putus, dan kemampuannya menyerap air.



Gambar1. Struktur kimia Agar-agar (1)

BAHAN DAN METODA

Bahan. Agar-agar dalam bentuk serbuk diperoleh dari Dept. Perikanan dan Kelautan, Slipi. Bahan kimia lainnya yang dipakai adalah kualitas p.a.

Alat. Alat yang dipakai dalam penelitian ini untuk analisis perubahan struktur kimia senyawa digunakan Spektrometer Infra Merah Shimadzu, buatan Jepang; Alat ini sebelum digunakan untuk analisis bahan hasil iradiasi, dilakukan kalibrasi spektrum IR menggunakan plastik polistirena (6). Pada pengujian tegangan putus digunakan Storograph, Toyoseki, buatan Jepang yang telah dikalibrasi menggunakan

pemberat standard ukuran 1 kg, dan Viscometer Coolmate-105 IR, buatan Jepang. untuk menguji viskositas larutan yang telah dikalibrasi menggunakan pelarut (air). pH larutan diukur menggunakan pH meter Neomet, buatan Jepang yang dikalibrasi dengan larutan buffer fosfat pada pH 4 dan 7. Untuk iradiasi bahan digunakan sumber iradiasi gamma IRKA dan pengujian dosis iradiasi digunakan dosimeter Fricke.

Pembuatan Film agar-agar

Satu gr agar-agar dilarutkan dalam 100 ml air suling pada suhu 60 °C diaduk hingga homogen. Kemudian masing-masing 10 ml larutan agar-agar dituangkan kedalam wadah cetakan plastik ukuran 10x10x 3 cm³. Plastik film agar-agar diperoleh setelah larutan dalam wadah dikeringkan pada suhu kamar selama 48 jam.

Iradiasi Bahan.

Lima gr agar-agar dalam bentuk serbuk (60 mesh) dan plastik film agar-agar dengan ukuran 10x10 cm² yang dikemas dalam plastik polipropilen (PP) diiradiasi dengan sinar gamma dalam iradiator IRKA, P3TIR -BATAN pada dosis :0; 10; 30; dan 50 kGy (laju dosis 10 kGy/jam). Untuk masing-masing dosis iradiasi, bahan diiradiasi triplo. Selanjutnya dilakukan analisis sifat fisiko-kimianya pada bahan hasil iradiasi maupun kontrol.

Pengujian Viskositas.

Agar-agar dengan konsentrasi 10 % b/v dalam air baik hasil iradiasi maupun kontrol dimasukkan dalam cawan stationer, dari viscometer Coolmate-105 IR, buatan Jepang, selanjutnya larutan diputar dengan kecepatan 100 rpm selama 5 menit pada suhu 25 °C. Volume larutan untuk pengukuran viskositas setiap dosis adalah 5 ml, dan pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap dosis iradiasi,.

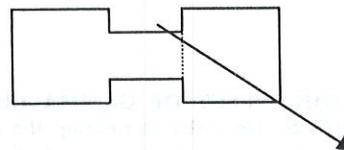
Pengujian air yang terserap.

Film agar-agar bentuk kubus dengan ukuran 1X1 cm baik kontrol maupun hasil iradiasi direndam dalam air suling dalam waktu 30,60, 90, 120, 150 menit. Selang waktu tertentu, gel basah yang terbentuk ditimbang (berat basah, W₀) setelah air permukaannya dikeringkan, kemudian direndam kembali dalam air suling. Selanjutnya setelah selang waktu tertentu gel ditimbang kembali, hal ini dilakukan hingga waktu pengujian 150 menit. Kemudian, hidrogel dikeringkan, dan ditimbang (berat kering, W₁). Air yang terserap dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Air yang terserap} = W_0 - W_1 / W_1 \times 100 \% \dots (1)$$

Pengujian Tegangan Putus.

Pengujian karakter fisik yang penting dari agar-agar baik hasil iradiasi maupun kontrol adalah tegangan putus yang pengujiannya dilakukan berdasarkan metode yang tertera dalam ASTM yaitu menggunakan alat *Instron tester* model R-1 buatan Toyoseki, Jepang dengan kecepatan 30 mm/menit pada suhu 32°C. Lapisan film dengan ketebalan berkisar 0,06-0,08 mm dan panjang 5 cm dicetak dengan alat *dumbbell* untuk mendapatkan bentuk standar pengukuran dari bahan yang bentuknya adalah sebagai berikut;



lebar titik putus

Tegangan putus film dihitung berdasarkan persamaan berikut ;

$$\text{Tegangan Putus} = F/A \dots \dots \dots (2)$$

- F = Beban dari alat hingga bahan putus (Kg)
- A = Luas penampang bahan (cm²)

pengukuran dilakukan 5 kali ulangan untuk setiap dosis iradiasi.

Pengukuran Spektra Infra Merah.

Pengujian spektra infra merah ini dimaksudkan untuk menganalisis kemungkinan terjadinya perubahan pada gugus-gugus fungsi agar-agar akibat pengaruh iradiasi. Agar-agar dalam bentuk film dengan ketebalan 0,06-0,08 mm dan daerah lebar titik putus sebesar 3 cm baik hasil iradiasi maupun kontrol dilakukan analisis spektrum Infra Merah pada daerah bilangan gelombang 0-4000 cm⁻¹ menggunakan FT-IR, buatan SHIMADZU, Jepang,

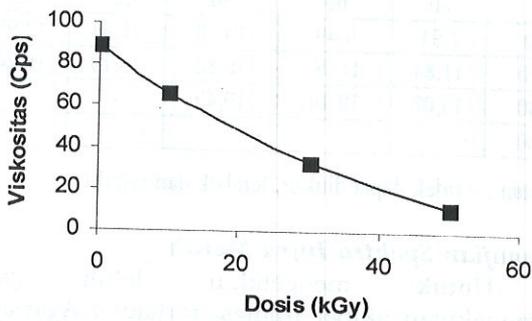
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Viskositas

Agar-agar merupakan salah satu jenis polimer alam, ditinjau dari struktur molekul dasarnya Agar-agar dibentuk oleh sederetan senyawa glukosa yang mirip dengan struktur dari selulosa dan mengikat beberapa gugus fungsi, yang dengan perkataan lain bahwa Agar-agar dapat pula disebut sebagai derivat selulosa. Besar-kecilnya viskositas suatu larutan polimer dalam pelarut tertentu dapat mewakili kondisi berat molekul (BM) rata-rata suatu polimer (7), hubungan matematisnya dinyatakan dalam bentuk persamaan Mark-Houwink-Sakurada sebagai berikut :

$$[\eta] = K \bar{M}_v^a \dots\dots\dots(3)$$

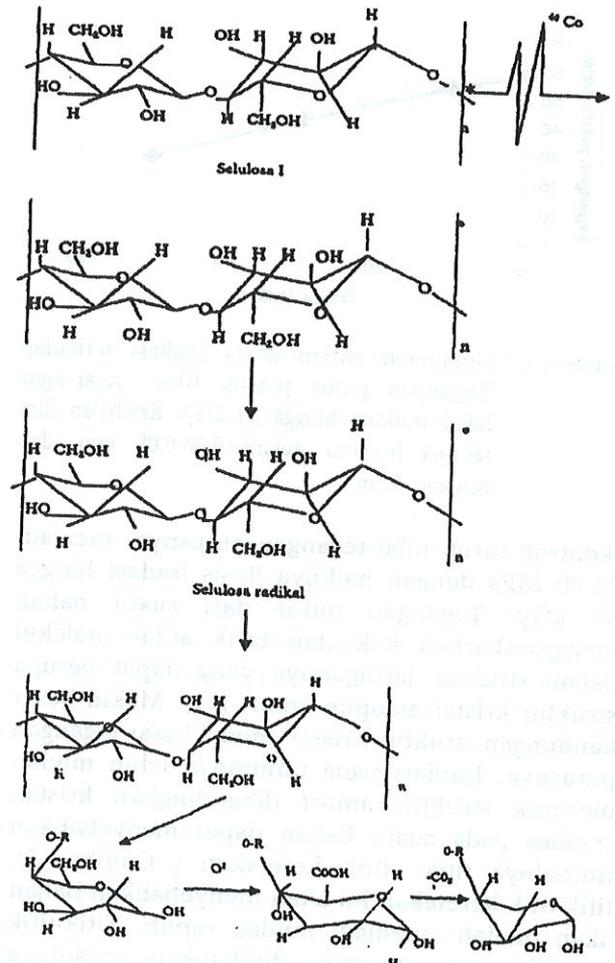
dimana, $[\eta]$ = viskositas, K = konstanta dari larutan polimer, \bar{M}_v^a = BM rata-rata polimer Dengan perkataan lain viskositas larutan polimer berbanding lurus dengan berat molekul rata-ratanya, sehingga perubahan dari viskositas larutan berbanding lurus dengan perubahan berat molekul rata-rata. Viskositas larutan Agar-agar baik kontrol (0 kGy) maupun iradiasi hingga 50 kGy disajikan pada Gambar 2. Terlihat bahwa dengan meningkatnya dosis iradiasi



Gambar 2. Hubungan antara dosis iradiasi terhadap Viskositas larutan agar-agar hasil iradiasi hingga 50 kGy.

Konsentrasi larutan agar-agar dalam air = 1 % b/v

hingga dosis 50 kGy, viskositas larutan agar-agar menurun dari 160 cP pada 0 kGy menjadi 50 cP pada dosis 50 kGy. Swallow (8) melaporkan bahwa pengaruh iradiasi terhadap polimer pada umumnya akan menyebabkan terjadinya degradasi dan ikatan silang yang hal ini sangat dipengaruhi dari struktur molekul dan lingkungannya. Semakin sterik struktur molekulnya, maka terjadinya proses degradasi lebih besar dibandingkan teerjadinya ikatan silang antar molekul. Ditinjau dari struktur molekulnya, agar-agar relatif sterik dan mudah terdegradasi, karena terdiri dari monomer-monomer galaktosa dalam bentuk siklis. Pengaruh iradiasi pada senyawa organik yang menyebabkan terjadinya perubahan pada struktur molekul senyawa umumnya diikuti dengan pelepasan gas-gas seperti H_2 dan gas CO_2 , untuk agar-agar mekanisme reaksi yang terjadi akibat iradiasi salahsatu kemungkinannya yang diramalkan adalah mekanisme reaksi yang mirip dengan degradasi yang terjadi pada selulosa yaitu pemutusan ikatan 1,4 β glikosida , mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut :

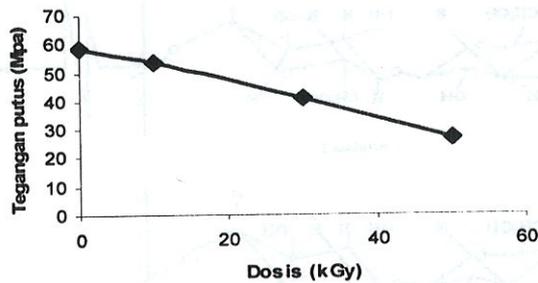


Gambar 3. Mekanisma degradasi agar-agar akibat iradiasi (11)

Hal ini mungkin yang menyebabkan dengan naiknya dosis iradiasi 50 kGy, agar-agar terdegradasi yang diikuti dengan menurunnya viskositasnya. .

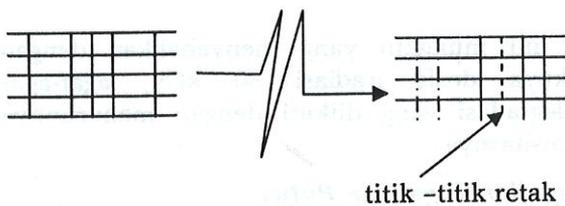
Pengujian Tegangan Putus

Agar-agar ditinjau dari struktur kimianya yang terdiri atas senyawa -senyawa derivat glukosa yang umumnya didominasi oleh gugus-gugus hidroksi (OH) sangat mudah membentuk jembatan ikatan hidrogen. Sebagai akibatnya larutan agar-agar jika dikeringkan pada suhu kamar dengan mudah akan membentuk padatan yang berupa lapisan film pada kondisi tertentu. Fenomena inilah yang menyebabkan beberapa peneliti tertarik mengembangkannya untuk pengemas yang ramah lingkungan (*biodegradable material*). Kekuatan tarik dari plastik ini umumnya dapat diukur berdasarkan kekuatan tegangan putusannya. Hubungan pengaruh iradiasi terhadap tegangan putus dari agar-agar baik kontrol maupun iradiasi hingga 50 kGy disajikan pada Gambar 4. terlihat bahwa dengan naiknya dosis iradiasi, tegangan putus agar-agar yang pada mula-mula adalah sebesar 58,40 MPa



Gambar 4. Hubungan antara dosis iradiasi terhadap Tegangan putus plastik film agar-agar hasil iradiasi hingga 50 kGy. Ketebalan film rata-rata berkisar antara 0,06-0,08 mm, dan panjang 5 cm .

(kontrol) turun nilai tegangan putusnya menjadi 26,80 MPa dengan naiknya dosis iradasi hingga 50 kGy. Tegangan putus dari suatu bahan menggambarkan kekuatan tarik antar molekul dalam struktur jaringannya yang dapat berupa struktur kristal maupun amorf (11). Makin besar kandungan struktur kristal , maka besar tegangan putusnya. Iradiasi pada umumnya lebih mudah merusak struktur amorf dibandingkan kristal. Iradiasi pada suatu bahan dapat menyebabkan timbulnya titik -titik keretakan (Gambar 5), titik-titik keretakan ini akan menyebabkan bahan akan mudah menjadi mudah rapuh. Titik-titik keretakan ini mungkin disebabkan terjadinya degradasi pada bahan.



Agar-agar dalam bentuk plastik film mempunyai bentuk amorf, hal ini mungkin dengan naiknya dosis iradiasi hingga 50 kGy , tegangan putusnya turun dengan naiknya dosis iradiasi.

Pengujian daya serap air

Agar-agar yang merupakan salahsatu jenis polisakarida dengan senyawa dasar pembentuknya adalah galaktosa yang terdiri sederetan gugus-gugus -OH, hal ini yang menyebabkannya sangat mudah membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga agar-agar dapat mudah membentuk gel dengan kemampuan menyerap air yang relatif tinggi. Pada Tabel 1 disajikan pengaruh iradiasi hingga dosis 50 kGy dan lama perendaman terhadap nilai daya serap air agar-agar. Terlihat bahwa dengan naiknya dosis iradiasi hingga 50 kGy, daya serap air naik dengan naiknya dosis dan

lama waktu perendaman, sedang pada dosis 50 kGy kemampuannya untuk menyerap air tidak dapat diukur (karena gelnnya sangat lembek, rapuh, dengan kandungan air yang relatif besar). Hal ini mungkin disebabkan terjadinya degradasi dalam struktur jaringannya, sehingga kemampuannya menyerap air menaik yang disertai dengan rapuhnya gel.

Tabel 1. Persen (% w/w) penyerapan air agar-agar hasil iradiasi

Dosis (kGy)	Air yang terserap (g/g) sebagai pengaruh waktu (menit)				
	30	60	90	120	150
0	7,91	9,49	10,88	11,94	12,98
10	11,84	14,76	15,82	16,19	16,24
30	15,07	19,10	19,49	-	-
50	-	-	-	-	-

Catatan : - tidak dapat diukur, lembek dan rapuh

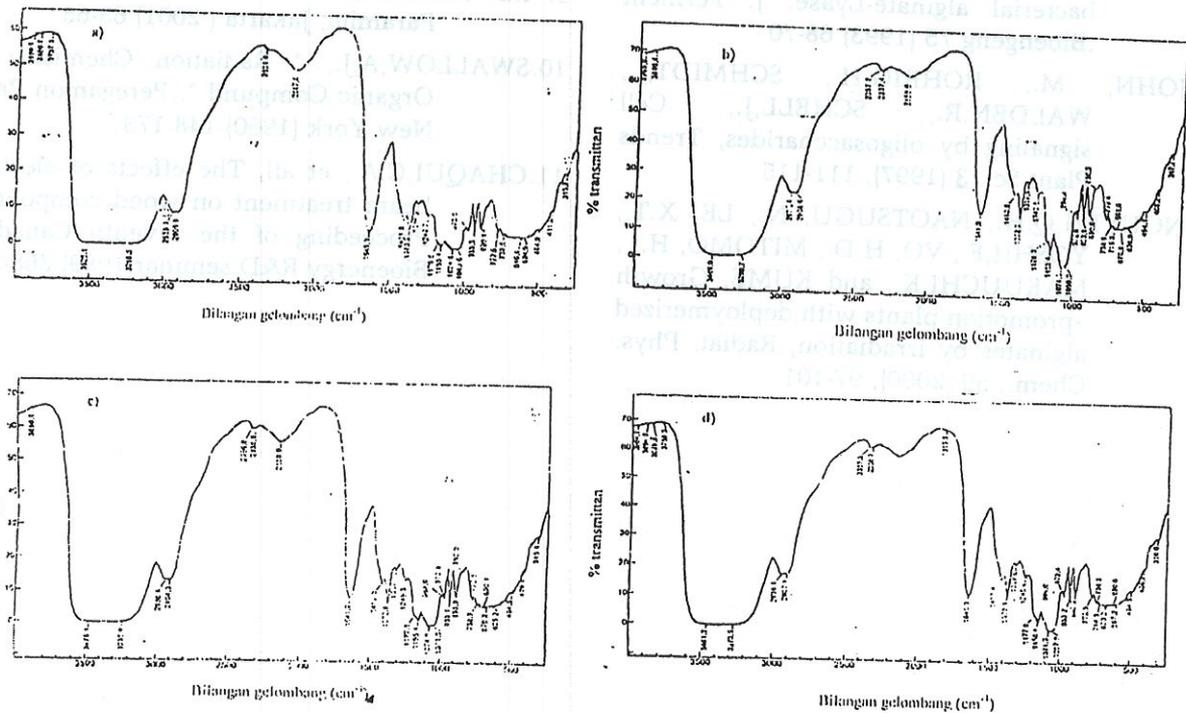
Pengujian Spektra Infra Merah.

Untuk mengetahui lebih jauh kemungkinan akibat iradiasi terhadap Agar-agar dilakukan analisis dan karakterisasi dari agar-agar dalam bentuk lapisan film tipis hasil iradiasi menggunakan spektrometer Infra Merah (IR). Pada Gambar 4 disajikan spektra IR dari Agar-agar baik kontrol maupun hasil iradiasi pada dosis 10,30 dan 50 kGy, dan hasil indentifikasi gugus-gugus fungsi pembentuknya yang terdiri atas gugus -OH yang terdapat pada daerah bilangan gelombang 3357,5 cm⁻¹ , C-H pada bilangan gelombang 2935 cm⁻¹ , C=O pada daerah bilangan gelombang 1606 cm⁻¹ dan C-O pada bilangan glombang 1035 cm⁻¹ disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi gugus fungsi agar-agar kontrol dan yang diiradiasi.

Dosis (kGy)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			
	-OH	C-H	C=O	C-O
0	3357,5	2935,3	1606,8	1035,2
10	3487,3 & 3209,5	2936,7	1606,7	1037,2
30	3460,3 & 3213,4	2936,7	1606,6	1036,4
50	3472,7 & 3221,1	2931,8	1606,2	1035,5

Dengan membandingkan jenis dan letak gugus-gugus fungsi yang terdapat pada agar-agar yang tidak diiradiasi (kontrol) terhadap bahan yang diiradiasi hingga 50 kGy, terlihat bahwa iradiasi tidak menyebabkan timbulnya puncak-puncak baru pada spektrum Agar-agar dibandingkan kontrol, walaupun iradiasi dilakukan hingga dosis 50 kGy. Hal ini tidak berarti bahwa iradiasi tidak menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur molekul. Hal ini tidak berarti bahwa hasil pengujian IR tidak



Gambar 6. Spektra infra merah plastik film agar-agar hasil iradiasi pada dosis :
(A) 0 kGy (B) 10 kGy (C) 30 kGy (D) 50 kGy

mendukung data sebelumnya. Tidak terjadinya perubahan pada spektrum IR, hal ini mungkin disebabkan molekul agar-agar terdegradasi dalam jumlah kecil, sehingga spektrum IR yang nampak sebagai hasil analisis ini didominasi oleh bagian agar-agar yang tidak terdegradasi atau sebab lain yang perlu diteliti lebih lanjut.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapatlah disimpulkan bahwa agar-agar yang merupakan salahsatu jenis polisakarida yang terdiri atas monomer - monomer galaktosa jika diiradiasi dalam bentuk serbuk maupun filmnya dengan sinar gamma pada rentang dosis 0-50 kGy menghasilkan produk yang mempunyai sifat fisika dan kimia (viskositas, teangan putus dan kemampuan menyerap air) relatif lebih rendah dibandingkan agar-agar tanpa iradiasi (kontrol), akibat adanya degradasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada rekan-rekan di fasilitas Iradiasi P3TIR-BATAN yang telah banyak membantu iradiasi bahan sehingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

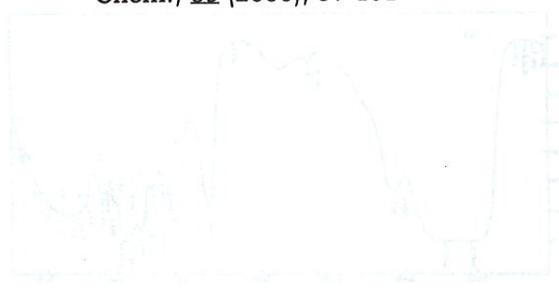
1. MICHAEL, P.T., and STEPHEN, E.H., "Introduction to Polysaccharide Biotechnology", Taylor & France Ltd, London (1998) 123-140
2. OTHMER, K., " Encyclopedia of Chemical Technology", Second Ed. (1995) 802
3. AKIYAMA, H., ENDO, T., NAKAKITA, R., MURATA, K., YONEMOTO, Y., OKAYAMA, K., Effect of depolymerized alginates on the growth of bifido bacteria, Biosci. Biotech. Biochem, 56 (1992) 335-356
4. ARIYO, T.B., BRUCKE, C., and KESHAVART, Alginat oligosacchrides as enhancer of peniciline production in cuktures of penicillinum chrysogenum Biotech, Bioengeng 53 (1997) 17-20
5. FARMER, E.E., THOMAS, D.M., MICHAEL, J.S., CLARENCE, A.R., Olisa charide signaling in plant, J. Biol. Chem. 266 (1991) 3140-3145
6. YONEMOTO, Y., TANAKA, H., YAMASHITA, T., KIBATAKE, N., ISHIDA, Y., KIMURA, A., and MURATA, K., Promotion of germination and shoot elongation of some plants by alginates oligomers prepared with bacterial alginates oligomers prepared with

bacterial alginate-Lyase. J. Ferment Bioeng 75 (1993) 68-70

7. JOHN, M., ROHRIG, H., SCHMIDT, J., WALDEN, R., SCHELL, J., Cell signaling by oligosaccharides, Trends Plant Sci. 3 (1997), 111-115
8. NGUYEN, Q.H., NAOTSUGU, N., LE, X.T., YOSHII, F., VO, H.D., MITOMO, H., MAKUUCHI, K., and KUME, Growth-promotion plants with depolymerized alginates by irradiation, Radiat. Phys. Chem., 59 (2000), 97-101

9. IIS SOPYAN, " Kimia Polimer", Pradnya Paramita, Jakarta (2001) 63-65

10. SWALLOW, A.J., " Radiation Chemistry of Organic Compound ", Pergamon Press New York (1960) 148-173
11. CHAQUI, C.A., et all, The effects of electron beam treatment on wood component, Proceeding of the seventh Canadian Bioenergy R&D seminar (1989) 268-270



Gambar 1. Spektum infra merah pada kondisi pada (A) 30 kGy (B) 10 kGy

DAFTAR PUSTAKA

1. MICHAEL P.T., and STEPHEN R.H. "Introduction to Polysaccharides: Biotechology", Taylor & Francis Ltd London (1997) 127-130
2. OTHMER K. "Encyclopedia of Chemical Technology", Second Ed (1992) 802
3. ANIYAMA, H., ENDO, J., KAKIHARA, K., MURATA, K., YAMAGUCHI, Y., OKAYAMA, K. Effect of depolymerized alginates on the growth of marine bacteria. Biosci. Biotech. Biochem. 55 (1991) 335-336
4. ARITY, T.R., BRUCE, C., and KESHAVARTI. Alginic oligosaccharides as enhancers of penicillin production in cultures of penicillium chrysogenum. Biochem. Biotechnol. 53 (1997) 17-20
5. FARMER, E.T., THOMAS, D.M., MICHAEL, J.S., CLARKE, A.R. Oils chemically reacting in plant. J. Biol. Chem. 258 (1991) 3140-3147
6. YONEMOTO, Y., TANAKA, H., YAMASAKI, T., KIBATAKE, N., ISHIDA, Y., KISHIDA, A., and MURATA, K. Promotion of germination and shoot elongation of some plants by alginic oligomers prepared with bacterial alginase. J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem. 38 (2000) 1000-1005

menyebutkan data spektrometri. Data tersebut menunjukkan bahwa spektrum IR dari sampel yang diteliti adalah agar-agar terdistribusi dalam rentang energi spektrum IR yang sangat lebar. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut adalah polimer yang tidak terpolimerisasi manapun.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa agar-agar yang terdistribusi rata-rata pada rentang energi yang lebar, dan monomer-monomer pada rentang energi tersebut dapat diolah untuk keperluan industri dengan cara pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa agar-agar yang terdistribusi rata-rata pada rentang energi yang lebar dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri dan komersial.

DAFTAR PUSTAKA

1. YONEMOTO, Y., TANAKA, H., YAMASAKI, T., KIBATAKE, N., ISHIDA, Y., KISHIDA, A., and MURATA, K. Promotion of germination and shoot elongation of some plants by alginic oligomers prepared with bacterial alginase. J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem. 38 (2000) 1000-1005