

PRODUCTION OF BASIC MATERIAL CARRAGEENAN HYDROGEL USING POLYMER BASED POLYVINYL ALCOHOL (PVA)

By

Febi Nurrahmi⁽¹⁾, **Yusni Ikhwan Siregar**⁽²⁾, **Dina Fransiska**⁽³⁾

Marine Science Department, Faculty of Fisheries and Marine Science,
University of Riau, Pekanbaru, Riau Province
E- mail: Febbi0402@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia has a local source of raw materials based on natural polymer hydrogel, ie seaweed the number and type of abundant. One of processed seaweed products of high economic value is carrageenan. Synthesis of carrageenan-based hydrogels prepared from local seaweed is still not widely used. Based on the properties that can proved a cooling effect and moisture of water is also restricted by the hydrogel. This research aims to develop the use of carrageenan from seaweed into a hydrogel wound dressings. The current study analysis further the quality of the resulting hydrogel using κ and τ -carrageenan than the optimal concentration of PVA in producing the hydrogel. Well studied conducted with concentration κ and τ -carrageenan (6:4) 3%, and the addition of PVA polymer concentration formulation (7.5%; 10%; 12.5%; 15%), and irradiated using γ -rays at a dose 15 kGy (dose rate of 2.5 kGy / h). Characterization measured include the value of the *ratio swelling*, *gel fraction* and *tensile strength*. The test results hydrogel formulations with increasing concentration of 12.5% PVA *ratio swelling* 416.58%, 67.39% *gel fraction* and *tensile strenght* of 3.48 kg / cm².

Key words: τ -carrageenan, κ -carrageenan, hydrogels, irradiation, hydrogel, a polymer PVA (Polyvinyl Alcohol)

1. Student at Faculty of Fishery and Marine Science University of Riau.
2. Lecturers at Faculty of Fishery and Marine Science University of Riau
3. Researchers at the Center for Research and Development of Product Competitiveness and Biotechnology of Marine and Fisheries (P3DSPBKP) Research and Development of the Ministry of Marine Fisheries, Slipi Jakarta

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber bahan baku lokal hidrogel berbasis polimer alam, yaitu rumput laut yang jumlah dan jenisnya sangat melimpah. Saat ini, jenis rumput laut yang banyak diminati pasar adalah jenis *Eucheuma cottonii* dan *Glacillaria* sp. Meskipun Indonesia telah menjadi negara eksportir rumput laut

Eucheuma cottonii penghasil karaginan nomor empat di dunia, tetapi belum dapat memenuhi permintaan dunia terhadap rumput laut kering yang diprediksi semakin meningkat (Wikipedia.com).

Salah satu produk olahan rumput laut yang bernilai ekonomis tinggi adalah karaginan. Karaginan merupakan getah yang bersumber dari rumput laut merah (Rhodophyceae) berupa polisakarida sulfat

yang memiliki sifat-sifat hidrokoloid sehingga banyak digunakan dalam produk pangan dan industri. Selain digunakan sebagai penstabil, sifat-sifat fungsional lainnya dalam produk pangan adalah sebagai pencegah kristalisasi, pengemulsi, pembentuk gel, pengental, koloid pelindung dan penggumpal. Beberapa marga rumput laut merah penghasil karaginan antara lain *Chondrus*, *Eucheuma*, dan *Gigartina*, namun pada umumnya untuk daerah tropis banyak dihasilkan oleh marga *Eucheuma* (Winarno, 1990).

Hidrogel adalah jaringan polimer hidrofilik yang terikat silang dan memiliki kapasitas mengembang (*swelling*) dengan menyerap air atau cairan biologis namun tidak larut karena adanya ikatan silang. Sesuai dengan pengembangan teknologi dan kebutuhan akan barang baru yang dapat diaplikasikan dibidang kesehatan, aplikasi hidrogel pada beberapa tahun belakangan ini diteliti dan dikembangkan untuk aplikasi di bidang biomedis. Salah satu aplikasi hidrogel dengan prospek yang menjanjikan adalah untuk pembalut luka. Hal ini didasarkan pada sifat fisik dari hidrogel yaitu kemampuannya dalam menahan air dan bersifat sebagai pembersih permukaan (Erizal, 2008).

Untuk meningkatkan nilai tambah dan harga jual yang memadai, maka dari itu pengolahan rumput laut menjadi produk karaginan perlu dilakukan. Sintesis hidrogel berbasis karaginan yang diolah dari rumput laut lokal masih belum banyak dimanfaatkan. Berdasarkan sifat yang dapat memberikan efek pendinginan dan kelembaban dari air yang dikekang oleh hidrogel, selayaknyalah hidrogel dapat digunakan untuk menyembuhkan luka bakar dengan memanfaatkan karaginan sebagai bahan baku pembuatannya.

Uraian diatas rumput laut merupakan bahan baku alternatif yang menarik dalam sintesis hidrogel. Salah satu jenis rumput laut yang dibudidaya di Indonesia dan telah diekspor dalam bentuk rumput laut

kering adalah *Eucheuma cottonii* (atau *Kappaphycus alvarezii*) yang menghasilkan ekstrak karaginan kappa dan *Eucheuma spinosum* menghasilkan karaginan Iota. Meskipun Indonesia memiliki sumber hayati rumput laut yang bernilai ekonomi tinggi, tetapi data studi pemanfaatannya masih sangat terbatas. Maka dari itu dibuatlah berbagai produk olahan karaginan yang mampu untuk meningkatkan produktivitas pemanfaatan rumput laut. Salah satu produk olahan karaginan adalah hidrogel pembalut luka.

Pada penelitian ini, hidrogel disintesis dari Kappa iota karaginan yang diambil dari rumput laut *E.cottonii* dan *E. spinosum*. Struktur karaginan perlu dimodifikasi secara kimiawi untuk menghasilkan ikatan silang hidrogel yang memiliki sifat *swelling* yang dapat dirancang untuk aplikasi pada pH tertentu, maka dari itu peneliti menambahkan polimer hidrofilik yakni polimer PVA.

Perumusan masalah yang dikemukakan pada penelitian ini adalah :

1. Berapakah konsentrasi optimal polimer PVA (*Polivinil Alkohol*) dalam menghasilkan produk hidrogel pembalut luka?
2. Bagaimana sifat dan karakteristik dari formulasi percampuran Karaginan (Kappa dan Iota) dan polimer PVA dalam menghasilkan produk hidrogel pembalut luka?

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan pemanfaatan karaginan dari rumput laut menjadi hidrogel pembalut luka. Untuk mengetahui kualitas hidrogel yang dihasilkan dengan menggunakan kappa-iotakaraginan dan konsentrasi optimal PVA dalam menghasilkan produk hidrogel.

Manfaat dari penelitian diharapkan memberikan teori yang berguna untuk sintesis hidrogel dari karaginan atau polimer sejenis lainnya. Selain itu, dapat menumbuhkan studi peningkatan nilai ekonomi rumput laut melalui inovasi produk baru berbahan baku rumput laut atau karaginan.

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah :

- H₀ : Tidak terdapat pengaruh perbedaan konsentrasi polimer PVA terhadap kualitas hidrogel yang dihasilkan
- H₁ : Terdapat pengaruh perbedaan konsentrasi polimer PVA terhadap kualitas hidrogel yang dihasilkan

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan April – Juni 2016. Lokasi penelitian di Laboratorium Pengolahan Produk, Laboratorium Pilot Plan, dan Laboratorium Kimia di Pusat Penelitian dan Pengembangan Daya Saing Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (P3DSPBKP) Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan Perikanan, Slipi Jakarta.

Metode yang digunakan saat penelitian ini adalah eksperimen yaitu dengan menambahkan konsentrasi karaginan dan membedakan konsentrasi polimer PVA dalam pembuatan hidrogel pembalut luka. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Perlakuan yang digunakan terdiri dari perbedaan konsentrasi polimer PVA dengan 4 taraf H1 dosis 7,5 %, H2 dosis 10 %, H3 dosis 12,5 %, dan H4 dosis 15%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Ekstraksi Kappa dan Iota Karaginan

Rumput laut yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki nilai kadar air yang lebih tinggi dari standar yang telah ditetapkan dalam SNI No. 2690.1.2009 yaitu maksimal 35%. Nilai *E. spinosum* 38,85% dan *E. cottonii* 36,42 % tingginya kadar air pada bahan baku yang digunakan kemungkinan disebabkan oleh proses pengeringan yang kurang maksimal dan kondisi cuaca selama pengeringan. Menurut Winarno (1990) bahwa nilai

kadar air dari rumput laut dapat dipengaruhi oleh proses pengeringannya.

Karaginan yang dihasilkan dari ekstraksi dua jenis rumput laut merah yakni *E. cottonii* (kappa karaginan) dan *E. spinosum* (iota karaginan). Untuk mengetahui kualitas rumput laut yang akan digunakan sebelum melakukan ekstraksi maka perlu dilakukan analisis terhadap kadar air, CAW (*Clean Anhydrous Weed*) dan impuritis. Hasil analisis rumput laut kering disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Rumput Laut Kering

No	Parameter	Rumput laut kering	
		<i>Eucheuma spinosum</i>	<i>Eucheuma cottonii</i>
1	Kadar Air(%)	38,85	36,42
2	CAW (%)	54,67	37,33
3	Impuritis(%)	3,11	5,37

Sumber : Data primer (2016)

Dari Tabel 1 diketahui bahwa nilai CAW *E. spinosum* 54,67 % sedangkan *E. cottonii* 37,33 %. Nilai tersebut sesuai dengan persyaratan mutu rumput laut kering berdasarkan SNI No. 2690.1.2009 yaitu minimal 30%.

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui karakter hasil dari proses ekstraksi pengambilan getah rumput laut dari jenis *E. cottonii* dan *E. spinosum*. Ekstraksi karaginan dari rumput laut *E. cottonii* pada prinsipnya sama seperti pada ekstraksi rumput laut *E. spinosum*. Perbedaannya adalah pada bahan basa yang ditambahkan pada saat ekstraksi dan bahan kimia yang digunakan pada proses pemisahan karaginan.

Tabel 2. Karakteristik mutu *iota* dan *kappa* karaginan

Parameter	Karaginan	
	Iota	Kappa
Kadar Air (%)	11,93	27,07
Kadar Abu (%)	23,73	27,51
Kadar ATA (%)	0,33	0,69
Kadar Sulfat (%)	29,17	29,53
Viskositas (Cp)	206,08	43,00
Gelstength (g/cm²)	43,70	44,2

Sumber : Data Primer (2016)

Kappa karaginan memiliki nilai sulfat lebih tinggi jika dibandingkan dengan iota karaginan hal ini disebabkan karna perbedaan senyawa alkali pada saat ekstraksi. Pada perlakuan kappa karaginan menggunakan perlakuan KOH 6 % sedangkan pada Iota menggunakan NaOH 8% . Seperti menurut Asikin *et al.*, (2015) bahwa semakin besar konsentrasi alkali yang diberikan, kadar sulfat yang dihasilkan semakin berkurang.

Begitupun nilai Kadar abu tidak larut asam (ATA) nilai kappa lebih tinggi dibandingkan iota. Kadar abu tidak larut asam adalah garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian adalah garam-garam logam berat silika. Kadar abu tidak larut asam tinggi menunjukkan adanya kontaminasi residu mineral atau logam yang tidak dapat larut dalam asam pada suatu produk seperti silika yang ditemukan di alam sebagai kuarsa, pasir dan batu (Diharmi *et al.*, 2011). Sedangkan untuk nilai kadar ATA yang rendah menurut Wenno *et al.*, (2012) menunjukkan karaginan yang tidak banyak terkontaminasi selama proses penanganan bahan baku dan pengolahan.

Pada nilai kadar air yang berbanding lurus dengan kekuatan gel (gel strength)kappa-iota karaginan. Hal ini disebabkan sifat fisik pada saat proses penyaringan setelah ekstraksi, kappa karaginan yang dihasilkan dari jenis rumput laut *E. cottonii* lebih kental jika dibandingkan dengan ekstraksi rumput laut *E.spinossom*. Menurut Hakim *et al*, (2011) ketika dilakukan proses presipitasi karaginan yang mempunyai kekuatan gel yang rendah dikarenakan molekul air yang terperangkap dalam struktur tiga dimensi rantai karaginan tersebut tidak terlalu kuat sehingga pada saat pengeringan molekul air tersebut lebih mudah menguap dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang menyebabkan kadar air dalam karaginan yang dihasilkan lebih rendah.

Viskositas yang dihasilkan iota lebih tinggi jika dibandingkan kappa karaginan disebabkan karna larutan

pemisah setelah filterisasi yang berbeda.Pada iota digunakan larutan IPA (isopropil alkohol) yang memungkinkan penguapan larutan lebih stabil sedangkan pada kappa yang menggunakan larutan KCl dapat menurunkan atau melepaskan gugus sulfat. Menurut Pine *et al.*,(1988) Peningkatan viskositas kemungkinan disebabkan adanya alkohol juga disebabkan oleh kemampuan alkohol untuk membentuk mono dan diester dengan sulfat.

Formulasi Pembuatan Hidrogel

Hidrogel dibuat dengan mengkombinasikan polimer alam dan polimer sintetis.Polimer alam yang digunakan adalah karaginan kappa dan iota, sedangkan polimer sintetis menggunakan polimer PVA.Pembuatan hidrogel dengan percampuran ini diharapkan untuk menghasilkan hidrogel yang tidak mudah rapuh dan elastis yang dapat digunakan sebagai hidrogel pembalut luka. Adapun karakteristik yang telah diuji diantara lain adalah *Rasio Swelling*, *Fraksi Gel*, dan *Tenstil Strength* (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik Formula Hidrogel Kappa-Iota Karaginan

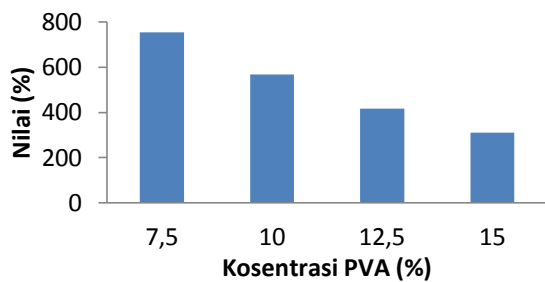
Formulasi	Tensile strength (Kg/cm2)	Elon gasi (%)	Fraksi Gel (%)	Rasio Swelling (%)
H1	0,67	1,50	50,00	754,17
H2	0,92	1,14	54,09	568,33
H3	3,48	1,76	67,39	416,58
H4	2,42	1,49	65,48	310,14

Sumber : Data Primer (2016)

Parameter Uji Hidrogel Rasio Swelling

Hasil pengujian *rasio swelling* produk hidrogel pembalut luka kappa-iota

karaginan PVA dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hasil uji rasio swelling kappa-iota karaginan PVA

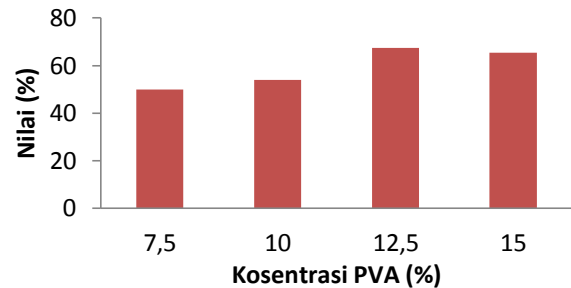
Berdasarkan hasil analisa daya serap air hidrogel kappa-iota karaginan PVA kurva atau grafik (dapat dilihat pada Gambar 1). Nilai rasio swelling atau daya serap (Tabel 3) tertinggi pada formulasi H1 yakni 754,17 % dan terendah 310,14 %. Penurunan nilai rasio swelling terjadi seiring dengan meningkatnya persentase PVA yang digunakan. Tingginya persentase PVA yang digunakan menyebabkan ikatan silang yang terbentuk semakin banyak, sehingga kemampuan hidrogel dalam melakukan penyerapan air (*swelling*) semakin menurun. Ikatan silang ini terjadi pada saat adanya iradiasi sinar- γ . Menurut Darwis *et al.*, (2001), iradiasi sinar- γ terhadap PVA akan membentuk ikatan silang antar molekulnya. Selanjutnya Kiatkamjornwong (1999) menambahkan bahwa jumlah persen agen pengikat silang terhadap monomer menentukan kapasitas kesetimbangan air dari absorben.

Jika jaringan polimer berperan hanya sebagai penghalang terhadap difusi air, sedikit molekul air akan berdifusi ke jaringan yang terikat silang secara kuat. Dengan demikian, peningkatan densitas ikat silang akan menurunkan laju penyerapan air (Hashemi *et al.*, 2003). Selain itu densitas ikatan silang yang tinggi dapat meningkatkan kekakuan dari jaringan, yang dapat menghalangi penyusutan (Gu, dan Yu, 2009). Menurut Fadhli (2012) semakin banyak konsentrasi pengikat silang yang digunakan, fraksi gel akan semakin tinggi namun rasio swelling

semakin rendah. Ini dibuktikan juga dengan hasil penelitiannya pada konsentrasi MBA 3 dan 5 % rasio swelling menurun dari 1,37 hingga 0,91 air/g gel.

Fraksi Gel

Hasil uji fraksi gel atau pengikatsilang yang terjadi antar polimer kappa-iota karaginan PVA Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hasil uji fraksi gel kappa-iota karaginan PVA

Fraksi gel merupakan indikasi adanya ikatan silang yang terbentuk akibat iradiasi sinar gamma terhadap suatu polimer. Polimer PVA adalah polimer hidrofilik yang bila diiradiasi dengan berkas elektron akan membentuk hidrogel yang mempunyai ikatan silang (*Crosslinking*) antar rantai molekulnya, bersifat tidak larut dan menyimpan air dalam strukturnya (Felasih, 2010).

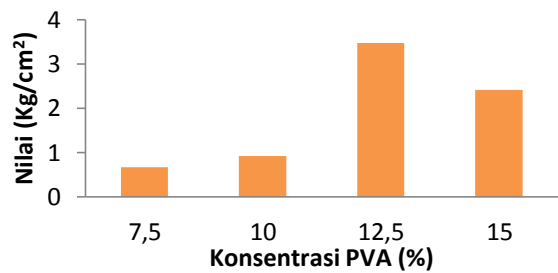
Dapat dilihat pada Tabel 3 Gambar 2 bahwa penambahan konsentrasi polimer PVA pada karaginan 3% menunjukkan adanya peningkatan nilai setiap penambahan persen polimer PVA. Mulai pada formulasi H1 dengan nilai 50 %, formulasi H2 nilai 54,09 %, formulasi H3 67,39% namun kembali turun pada formulasi H4 dengan konsentrasi PVA 15% dengan nilai 65,48 %. Hal ini membuktikan adanya optimalisasi pembentukan hidrogel atau ikatan silang yang baik pada konsentrasi PVA 12,5 % yakni formulasi H3. Fraksi gel yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan konsentrasi agen pengikat silang. Oleh karena itu, semakin besar fraksi gel akan membuat rasio swellingnya semakin rendah (Ishihara *et al.*, 2007).

Peningkatan konsentrasi polimer PVA yang ditambahkan pada hidrogel menyebabkan peningkatan pembentukan ikatan silang, sehingga semakin tinggi konsentrasi PVA yang ditambahkan akan membuat nilai fraksi gel nya semakin tinggi. Namun, nilai fraksi gel pada konsentrasi PVA 15% mengalami penurunan. Hal ini diduga penggunaan kombinasi polimer karaginan dengan polimer PVA pada konsentrasi 12,5% sudah pada titik optimal, sehingga nilai fraksi gel akan menurun ketika konsentrasi PVA nya diatas 12,5%. Menurut Hamshehi *et al.*, (2003) Jika jaringan polimer berperan hanya sebagai penghalang terhadap difusi air, sedikit molekul air akan berdifusi ke jaringan yang terikat silang secara kuat. Dengan demikian, peningkatan densitas ikat silang akan menurunkan laju penyerapan air.

Menurut Darwis (2010) iradiasi berkas elektron dosis 20 kGy pada percampuran PVP-PVA menghasilkan nilai fraksi gel antara 83 – 87 %, sedangkan dosis 30 dan 40 kGy nilai fraksi gel berkisar antara 83 – 98 %. Sehingga nilai fraksi gel juga dapat dipengaruhi dari dosis sinar gamma yang diberikan. Seperti menurut Trimulyadi (2007) mengenai karakteristik hidrogel Polivinil Alkohol-Khitosan dengan perbedaan konsentrasi iradiasi sinar gamma dosis 20 – 40 kGy nilai fraksi gel yang dihasilkan 70,8 % - 83,1 %.

Pengujian Tegangan Tarik (*Tensile strength*)

Hasil pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus hidrogel kappa-iota karaginan PVA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil uji tensile strenght kappa-iota karaginan PVA

Kuat tarik didefinisikan sebagai kemampuan atau ketahanan suatu materi terhadap gaya yang akan merobeknya. Sedangkan perpanjangan putus (*elongation*) adalah persentasi peningkatan panjang materi sebelum mengalami putus.

Kuat tarik (*tensile strength*) dan elongasi (perpanjangan putus) dilakukan untuk mengetahui kelenturan dan mudah atau tidaknya mengalami robek saat diaplikasikan menjadi hidrogel pembalut luka.

Hasil uji kekuatan tarik hidrogel kappa-iota karaginan PVA yang telah diiradiasi sinar gamma pada dosis 15 kGy dapat dilihat pada grafik Gambar 3. Kurva atau grafik menunjukkan bahwa nilai kuat tarik hidrogel kappa-iota karaginan PVA terjadi kenaikan dan penurunan. Penurunan terjadi karna penambahan nilai konsentrasi PVA mengalami pelepasan ikatan silang sehingga tekstur hidrogel menjadi rapuh dan tidak elastis. Pada kuat tarik nilai terendah terdapat di formulasi H1 yaitu sebesar 0,00673 Kg/cm² namun formulasi H3 kedua grafik kuat tarik dan perpanjangan putus memiliki nilai tertinggi yakni 0,035Kg/cm² dan 1,76 %. Selanjutnya nilai kembali turun pada formulasi H4 yakni dengan nilai kuat tarik 0,024 Kg/cm² dan nilai perpanjangan putus 1,49 %. Menurut Anseth *et al.*,(1996) perubahan dari derajat ikat silang dimanfaatkan untuk memperoleh sifat mekanik yang diinginkan dari hidrogel, meningkatnya derajat ikat silang dari sistem akan menghasilkan gel yang lebih kuat. Namun, semakin tinggi derajat

ikat silang akan membuat struktur menjadi rapuh (Devine *et al.*, 2005).

Menurut Felasih (2010) nilai kuat tarik dengan selulosa bakteri – PVA 2%, 3%, 4% setelah radiasi dosis 25 kGy nilai tegangan tarik semakin meningkat yakni 1037,03 – 1137,03 kg/cm², hal ini disebabkan karena energi berkas elektron dapat menginduksi dan efek ikat silang molekul polimer akan meningkatkan sifat kuat tarik. Sedangkan, Erizal (2008) Karakteristik hidrogel yang dihasilkan PVP-Kappa karaginan dengan iradiasi dosis 25 kGy nilai tegangan tarik 1,50 kg/cm². Hal ini juga menunjukkan bahwa pemberian dosis iradiasi juga mempengaruhi nilai dari tegangan tarik yang dihasilkan.

Dengan demikian diyakini bahwa optimalisasi nilai kappa-iota karaginan PVA terdapat pada formulasi H3. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa ikatan silang yang telah diiradiasi memiliki sifat yang kuat, elastis dan tidak mudah rapuh. Hal ini sangat menunjang dalam pembuatan hidrogel pembalut luka yang akan diaplikasikan untuk menempel pada bagian tubuh yang luka.

Analisis Data

Berdasarkan hasil analisis variansi (Anova) pada *rasio swelling* nilai sig 0,005 < 0,05 dan nilai fraksi gel nilai sig 0,000 < 0,05 maka pada kedua uji tersebut menyatakan bahwa penambahan nilai PVA yang berbeda memberikan pengaruh terhadap nilai rasio swelling dan fraksi gel sehingga hipotesis (H₁) diterima. Namun pada nilai *tensile Strength* nilai sig 0,055 > 0,05 dan menyatakan bahwa penambahan nilai PVA yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap *tensile strength* hidrogel maka hipotesis (H₁) ditolak dan (H₀) diterima.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan terkait pembuatan

hidrogel dengan persentasi polimer PVA yang berbeda dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan karaginan kappa dan iota sebagai bahan dasar pembuatan hidrogel pembalut luka dengan konsentrasi polimer PVA 12,5 % (H3) merupakan konsentrasi optimal yang digunakan dalam menghasilkan hidrogel pembalut luka dengan nilai tensile strength 3,48 Kg/cm², fraksi gel 67,39 % dan rasio swelling 416,58 %.
2. Menurut uji Anova konsentrasi polimer PVA yang berbeda berpengaruh terhadap karakteristik hidrogel yang dihasilkan berdasarkan parameter rasio swelling dan fraksi gel namun tidak memberikan pengaruh terhadap parameter tensile strength.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian mengenai variasi pembuatan dengan mengkombinasikan polimer lainnya agar sifat material yang dihasilkan lebih unggul untuk diaplikasikan menjadi hidrogel pembalut luka langsung pada kulit. Selain itu, perlu juga alat penunjang dalam mencetak hidrogel dengan skala yang sesuai untuk pengaplikasian pembalut luka.

DAFTAR PUSTAKA

- Anseth, K.S., Bowman, C.N., dan Brannon-Peppas, L. 1996. *Mechanical Properties of Hydrogels and their Experimental Determination*. Biomaterials, 17, 1647-1657.
- Asikin, A.N., K. Indrati, dan Doddy S. 2015. *Ekstraksi dan Karakteristik sifat fungsional Karaginan Kappaphycus alvarezii Asal Pesisir Kabupaten Kutai Timur*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol.7, No.1, Hlm. 49-58.
- Darwis, D., M.T. Razzak, Sukirno, dan Zainuddin. 2001. *Irradiation of*

- Polyvinyl Alcohol and Polyvinyl Pyrrolidone Blended Hydrogel for Wound Dressing*. Radiation Physics and Chemistry, 62, 107-113
- Darwis, D., F. Nurlidar, Y. Warastuti, dan Hardiningsih, L. 2010. *Pengembangan Hidrogel Berbasis Polivinil Prolidon (PVP) Hasil Iradiasi Berbekas Elektron Sebagai Plaster Penurun Demam*. Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia. 9(2):1411-3481.
- Devine, D.M., dan Higginbotham, C.L. 2005. *Synthesis and Characterisation of Chemically Crosslinked N-vinyl Pyrrolidinone (NVP) based Hydrogels*. European Polymer Journal, 41, 1272-1279.
- Diharmi, A., D. Fardiaz, N. Andarwulan, dan Heruwati, E.S. 2011. *Karakteristik Karaginan Hasil Isolasi Eucheuma spinosum (alga merah) dari Perairan Sumenep Madura*. Perikanan dan Kelutan, 16(1):117-124.
- Erizal. 2008. *The Effect of Hydrogel Dressing Copolymer Poli(vinylpirrolidone) (PVP)-k-Carrageenan Prepared by Radiation and Healing Times on The Radius Reduction Burn Injured of Wistar White Rat*. Indo J Chem., 8(2), 271-278.
- Fadhli, A. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel Poli (N-Vinil Kaprolaktam) Terikat Silang dengan Teknik Polimerisasi Radikal Bebas (Skripsi)*. Program studi S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Depok: Universitas Indonesia. 58 Hal (Tidak diterbitkan)
- Felasih, E. 2010. *Pemanfaatan Selulosa Bakteri – Polivinil Alkohol (PVA) Hasil Iradiasi (Hidrogel) sebagai Matriks Topeng Masker wajah (Skripsi)*. Jakarta : Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. 118 Hal (Tidak diterbitkan)
- Gu, L., dan Yu, L. 2009. *Effect of Microstructure, Crosslinking Density, Temperature and Exeterior Load on Dymanic pH-response of Hydrolyzed Polyacrylonitrile Blend-gelatin Hydrogel Fiber*. European Polymer Journal. 45, 1706-1715
- Hakim, A.R., W. Singgih, A. Fifi, dan Rosmawaty, P. 2011. *Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak, Suhu Presipitasi, dan Konsentrasi Kalium Klorida (KCl) Terhadap Mutu Karaginan*. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Vol 6, No 1.
- Hashemi, S.H., K. Kabiri, H. Omidian, dan Zohuriaan-Mehr, M.J. 2003. *Synthesis of Fast-swelling Superabsorbent Hydrogels: Effect of Crosslinker Type and Concentration on Porosity and Absorption Rate*. European Polymer Journal, 39, 1341-1348.
- Ishihara, H., S. Sakohara, dan Tokuyama, H. 2007. *Effects of Synthesis-solvent on Swelling and Elastic Properties of Poly(N-isopropylacrylamide) Hydrogel*. European Polymer Journal, 43, 4975-4982.
- Kiatkamjornwong, S., dan Phunchareon, P. 1999. *Influence of Reaction Parameters on Water Absorbition of Neutralized Poly(acrylic acid-co-acrylamide) Synthesized by Inverse suspension Polymerization*. J.Appl. Polym. Sci., 72, 1349.
- Pine, S.H., J.B. Hendrikson, D.J. Cran, dan Hammond, G.S. 1988. *Organic Chemistry*. Diterjemahkan oleh Rochyati J, Sasanti W Purbo-Hadiwidjoyo. Terbitan Keempat. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Hal 61.
- Trimulyadi, G., dan A. Sunarni. 2007. *Karakteristik Hidrogel Polivinil*

- Alkohol-Khitosan Hasil Iradiasi Sinar Gamma.*Jurnal Sains Materi Indonesia. 10(3): 213-217.
- Wenno, M.R., J.L. Thenu, dan Lopulalan, C.G.C. 2012. *Karakteristik Kappa Karaginan dari Kappaphycus alvarezii pada Berbagai Umur Panen.*J. Pengolahan dan Bioteknologi, 7(1) : 61-67.
- Wikipedia.com. diakses tanggal 25 juli 2016 pukul 21.45 WIB
- Winarno, F. G., 1990. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut.* Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura Ambon. Pustaka Sinar Harapan: Jakarta

