

Optimasi Sifat Fisik Kekuatan Tarik dan *Swelling Ability* Hidrogel *Crosslinked* Karaginan dari Rumput Laut

Ratu Fenny Muldiani¹, Sri Widarti²

^{1,2}Unit Pelayanan Mata Kuliah Umum, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail: ¹ratu.fenny@polban.ac.id, ²asriwidarti2002@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk berbagai keperluan industri dalam proses pengurangan kadar air telah banyak dikembangkan teknologi pengeringan dengan menggunakan material-material baru. Salah satu material yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah material berupa polimer (hidrogel) yang dapat mengalami *swelling* dalam air. Salah satu hidrogel alami berbahan baku rumput laut adalah *crosslinked* karaginan dengan *crosslinker* glutaralaldehid. Penelitian bertujuan mengoptimasi sifat fisik hidrogel *crosslinked* karaginan berupa kekuatan tarik (*tensile strenght*) dan kemampuan penyerapannya dalam air. Penelitian dilakukan dalam dua tahapan, tahap pertama pembuatan lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan dari rumput laut menggunakan *crosslinker* glutaralaldehid. Pada tahap ini, dilakukan optimasi sifat fisik hidrogel *crosslinked* karaginan berupa kekuatan tarik dengan memvariasikan waktu *crosslinking* dan jumlah *crosslinker* karaginan. Tahap kedua, mengukur kemampuan penyerapan air hidrogel *crosslinked* karaginan. Hasil yang diperoleh pada tahap pertama, kekuatan tarik maksimum rata-rata dimiliki oleh lembaran film hidrogel dengan waktu *crosslinking* 4 hari (H4). Nilai kekuatan tariknya 13,766 kg/mm² dengan beban maksimum 59,47 kg. Bila dilihat dari konsentrasi *crosslinker* semakin tinggi konsentrasi *crosslinker*, semakin tinggi nilai kekuatan tarik dari hidrogel. Hasil yang diperoleh pada tahap kedua bahwa hidrogel dengan waktu *crosslinking* 2 hari (H2) menunjukkan kemampuan menyerap air yang paling tinggi dan % *swelling* terbesar terjadi ketika konsentrasi *crosslinker* paling kecil, yaitu 3,125%.

Kata Kunci: Kekuatan Tarik, Hidrogel, Karaginan, Glutaralaldehid, *Swelling Ability*

1. PENDAHULUAN

Hidrogel adalah polimer berstruktur tiga dimensi yang dapat menyerap molekul air. Sifat unik dari polimer ini adalah dapat mengalami *swelling* [1] dan *de-swelling* melalui pengeringan [2]. Hidrogel berbahan baku alami bersifat lebih unggul dibandingkan dengan hidrogel sintetik karena bersifat dapat didegrasi secara biologis (*biodegradabel*) dan dapat diperbaharui (*renewable*). Salah satu bahan baku hidrogel alami berharga murah dan melimpah di Indonesia adalah karaginan yang berasal dari rumput laut dan sudah dibudidayakan di Indonesia.

Karaginan dapat di *crosslink* dengan menggunakan *crosslinker* dan membentuk struktur tiga dimensi untuk meningkatkan kemampuan penyerapannya (*swelling ability*). Salah satu *crosslinker* pada karaginan adalah glutaralaldehid [3], *glioksal* and *asam glioksilat* [4]. *Crosslinking* menggunakan glutaralaldehid menghasilkan derajat *crosslinking* lebih tinggi dibandingkan glioksal.

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mendapatkan material yang dapat mengurangi kadar air. Material ini untuk selanjutnya dapat digunakan dalam berbagai keperluan industri, salah

satunya dapat digunakan untuk mengurangi kadar air pada biodiesel (untuk meningkatkan kualitas biodiesel). Tujuan khusus penelitian adalah melakukan optimasi sifat fisik hidrogel *crosslinked* karaginan berupa kekuatan tarik (*tensile strenght*), dengan memvariasikan waktu *crosslinking* dan jumlah *crosslinker* karaginan serta mengukur kemampuan penyerapan air.

Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu material menerima tegangan [5]. Nilai maksimum dari kekuatan tarik dapat juga disebut *ultimate strenght* atau kekuatan tarik maksimum.

Dengan didapatkannya hasil optimasi sifat fisik dan *swelling ability* hidrogel *crosslinked* karaginan berbahan dasar rumput laut maka melalui penelitian ini akan diperoleh manfaat berupa material baru sebagai alternatif untuk mengefisienkan penggunaan energi dalam proses pengeringan. Disamping itu secara tidak langsung dapat mengembangkan nilai tambah rumput laut.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Fisika Terapan (UP MKU). Secara rinci tahapan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

2.1 Isolasi Karaginan

Karaginan diisolasi dari rumput laut dengan perlakuan basa sebelum diekstraksi dengan air panas. Ekstrak air panas di masukkan ke dalam alkohol sambil diaduk untuk mendapatkan butiran karaginan (polisakarida).

2.2. Crosslinking Karaginan dan Pengujian Sifat Fisik

Crosslinking karaginan dilakukan dengan menggunakan *crosslinker* glutaraldehyd (GA). Hidrogel *crosslinked* karaginan dibuat dalam bentuk lembaran film dengan memvariasikan waktu *crosslinking* dan jumlah *crosslinkernya*. Setelah tersedia lapisan film hidrogel *crosslinked* karaginan dioptimasi sifat fisiknya berupa kekuatan tarik dengan menggunakan alat ukur uji tarik *Tarno Grocki* Jerman.

2.3 Pengukuran Swelling Ability

Dihitung dan dianalisis kemampuan penyerapan air dari hidrogel *crosslinked* karaginan dengan variasi jumlah *crosslinker* dan waktu *crosslinking* karaginan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Isolasi Karaginan

Perlakuan basa dalam isolasi karaginan bertujuan untuk mensterilisasi rumput laut dari mikroba yang diperkirakan terdapat pada rumput laut. Keberadaan mikroba dapat mempercepat penguraian karbohidrat (polisakarida) karena karbohidrat merupakan sumber energi mikroba. Hasil isolasi karaginan tidak terlalu baik karena sifat karaginan yang sangat hidrofilik sehingga air sebagai pelarut terserap ke dalam karaginan yang menyebabkan kelarutan karaginan dalam rumput laut berkurang. Untuk mengatasi hal ini pembuatan hidrogel *crosslinked* karaginan selanjutnya menggunakan karaginan komersil yang tersedia dipasaran.

3.2 Crosslinking Karaginan dan Pengujian Kekuatan Tarik

Tahap selanjutnya adalah tahap fabrikasi hidrogel *crosslinked* karaginan dalam bentuk lembaran film untuk dioptimasi sifat fisiknya. Hidrogel *crosslinked* karaginan yang dicetak divariasikan waktu *crosslinking* dan jumlah *crosslinkernya*. Pada tahap awal dicetak lembaran film hidrogel

crosslinked karaginan dengan konsentrasi glutaraldehyd (sebagai variabel tetap) 6,25%. Waktu *crosslinking* kemudian divariasikan pada konsentrasi ini, dengan variasi waktu 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, dan 6 hari.

a. Dengan Variasi Waktu Crosslinker

Pengujian sifat fisik mengikuti *American Standard Testing and Material* (ASTM E8) dengan *Gauge Lengths* 36 mm dan *yield strenght* dihitung berdasarkan offset 0,2 %. Maka untuk keperluan itu cetakan awal lembaran film memiliki dimensi seperti ditunjukkan tabel 1 berikut.

Tabel 1. Dimensi Cetakan Lembaran Film Crosslinked Karaginan

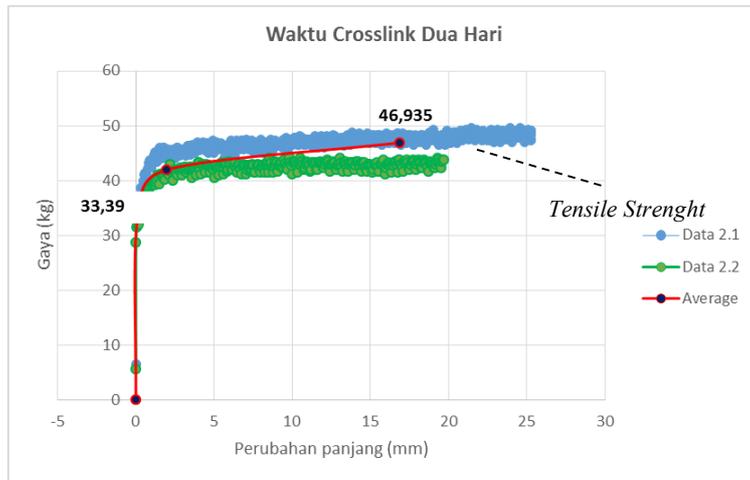
Besaran	Dimensi (mm)
Panjang	250
Lebar	150
Tebal	10

Lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan yang telah kering dan dapat diangkat dari cetakannya memiliki ketebalan 0,2 mm. Selanjutnya lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan dipotong dengan dimensi panjang dan lebar masing-masing 150 mm dan 21,6 mm. Untuk satu sampel variasi waktu dilakukan dua kali pengujian (Data 2.1, 2.2 dst) dengan penomoran sampel seperti ditunjukkan tabel 2.

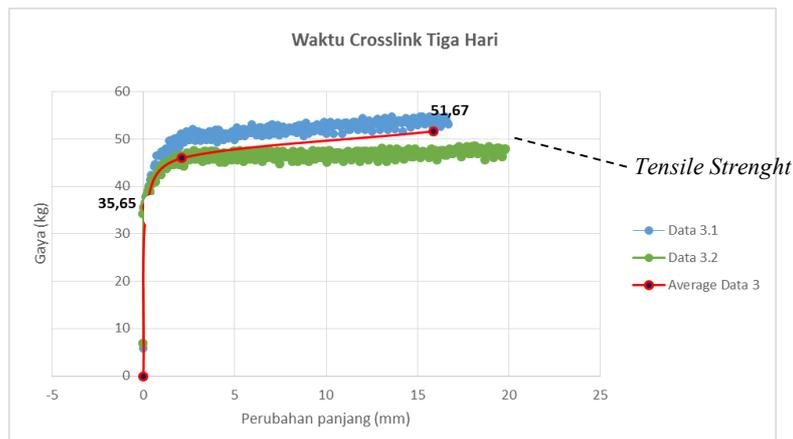
Tabel 2. Variasi Hidrogel Berdasarkan Waktu Crosslinking

Hidrogel	Data Pengujian	Waktu Crosslink (Hari)
H2	(Data 2.1 & 2.2)	2
H3	(Data 3.1 & 3.2)	3
H4	(Data 4.1 & 4.2)	4
H5	(Data 5.1 & 5.2)	5
H6	(Data 6.1 & 6.2)	6

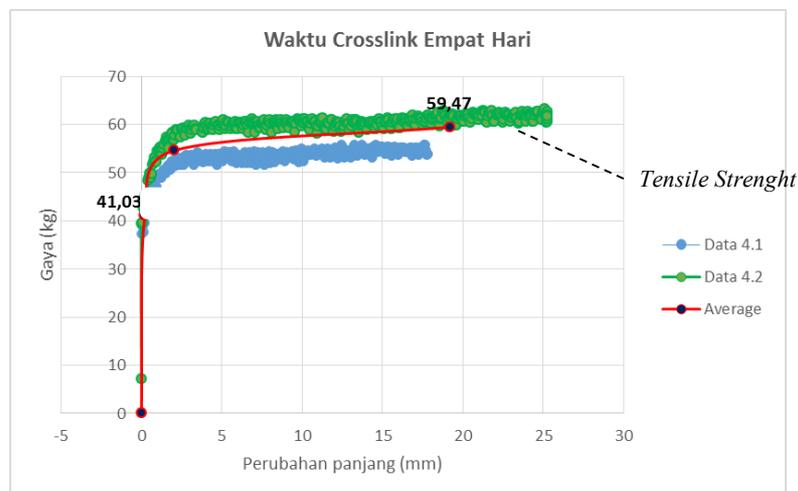
Hasil pengujian sifat fisik dengan variasi waktu *crosslink* pada konsentrasi glutaraldehyd 6,25% ditunjukkan grafik berikut.



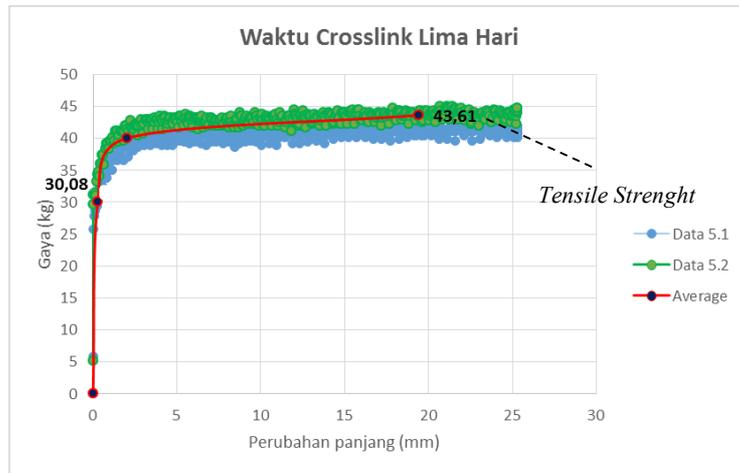
Gambar 1. Grafik Pengujian Sifat Fisik Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan Dengan Waktu *Crosslink* 2 Hari (H2)



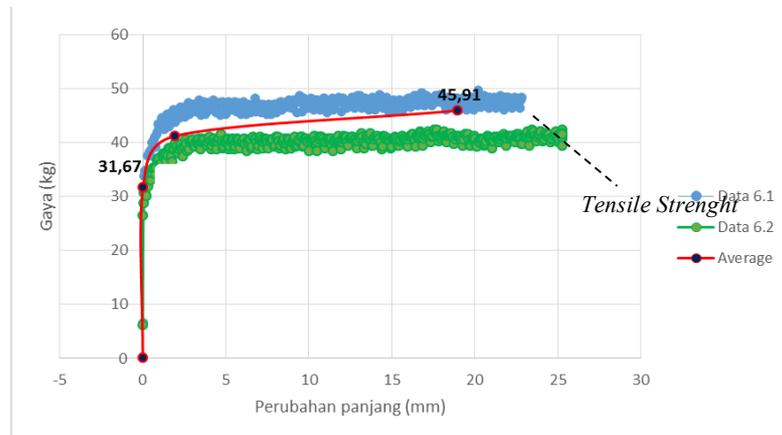
Gambar 2. Grafik Pengujian Sifat Fisik Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan Dengan Waktu *Crosslink* 3 Hari (H3)



Gambar 3. Grafik Pengujian Sifat Fisik Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan Dengan Waktu *Crosslink* 4 Hari (H4)



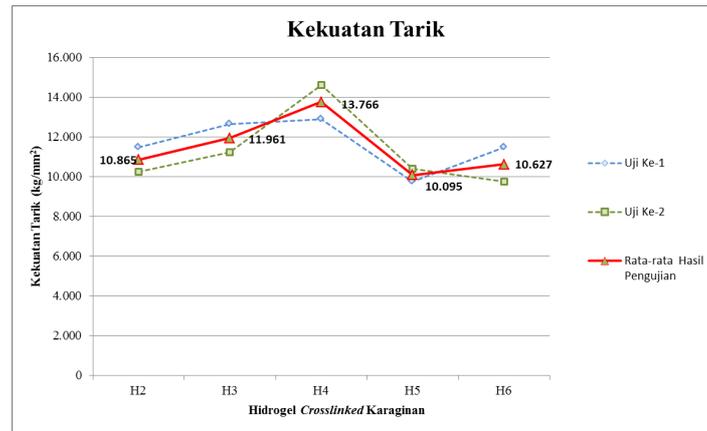
Gambar 4. Grafik Pengujian Sifat Fisik Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan Dengan Waktu *Crosslink* 5 Hari (H5)



Gambar 5. Grafik Pengujian Sifat Fisik Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan Dengan Waktu *Crosslink* 6 Hari (H6)

Resume perbandingan nilai kekuatan tarik terhadap waktu *crosslink* untuk menentukan hidrogel *crosslinked* karaginan yang memiliki sifat fisik terbaik ditunjukkan gambar 6. Kekuatan tarik maksimum dimiliki oleh lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan dengan waktu *crosslinking* 4 hari. Nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata

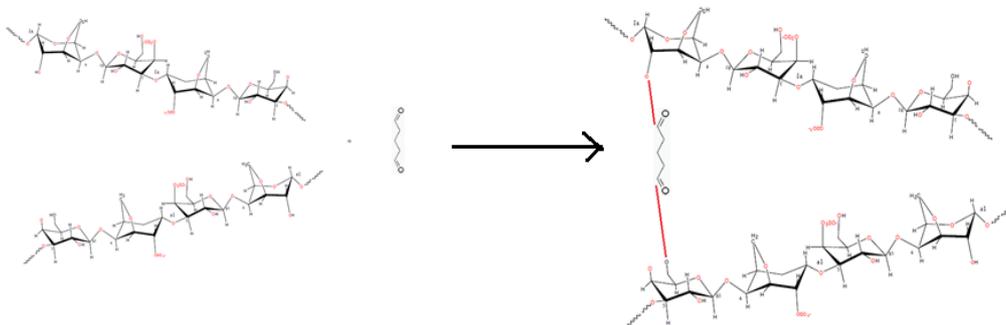
(*tensile strenght*) berada pada 13,766 kg/mm² dengan beban maksimum 59,47 kg (gambar 3). Pada titik ini lembaran film mulai mengalami sobekan, selanjutnya dengan penambahan beban yang nilainya semakin menurun lembaran film kemudian benar-benar putus (*fracture*).



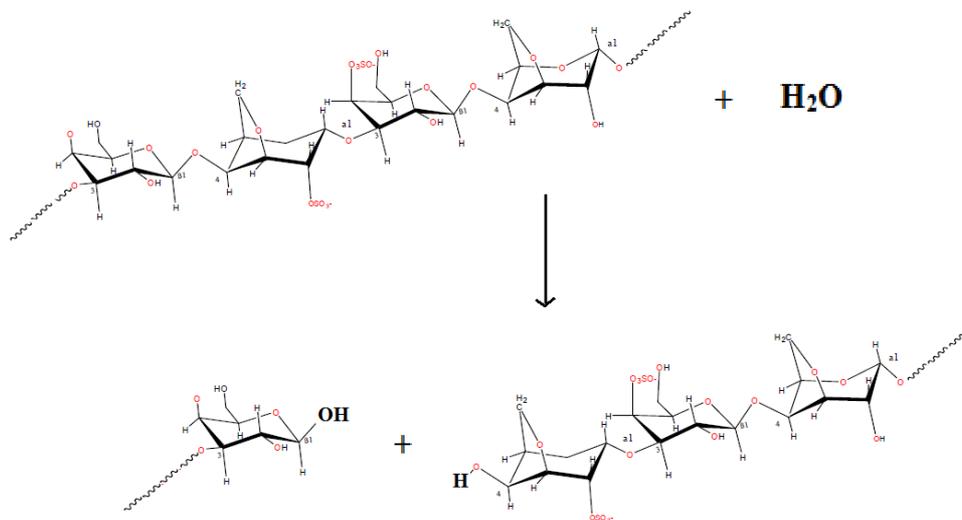
Gambar 6. Grafik Resume Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Lembaran Film Hidrogel Crosslinked Karaginan

Reaksi *crosslinking* menggunakan glutaraldialdehid merupakan reaksi esterifikasi gugus fungsi karbonil pada glutaraldialdehid dengan gugus fungsi hidroksil pada karaginan (Gambar 7) menggunakan katalis asam. Reaksi ini menghasilkan molekul baru dengan ukuran yang lebih besar tergantung pada derajat *crosslinking* yang terjadi.

Derajat *crosslinking* bergantung pada lamanya reaksi dan molar rasio antara karaginan dan glutaraldialdehid. Namun pada saat bersamaan reaksi hidrolisis antara air sebagai pelarut dengan karaginan menggunakan bantuan katalis asam dapat terjadi (Gambar 8).



Gambar 7. Reaksi Crosslinking



Gambar 8. Reaksi Hidrolisis Antara Air Sebagai Pelarut Dengan Karaginan

Hasil reaksi dalam waktu 4 hari memperlihatkan reaksi *crosslinking* lebih dominan terjadi, sehingga berkorelasi positif terhadap hasil optimasi sifat fisiknya. Lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan H4 memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi.

b. Dengan Variasi Konsentrasi *Crosslinker* (Glutaraldialdehid)

Lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan dengan crosslink 4 hari sebagai hidrogel yang paling baik sifat fisiknya dijadikan sebagai variabel tetap, sedangkan konsentrasi *crosslinker*

(glutaraldialdehid) divariasikan. Variasi konsentrasi *crosslinker* seperti ditunjukkan tabel 3 berikut.

Tabel 3. Variasi Konsentrasi *Crosslinker*

Hidrogel	Konsentrasi <i>Crosslinker</i> (Glutaraldialdehid)
H3,125	3,125%
H6,25	6,25%
H12,5	12,5%
H18,75	18,75%
H25	25%

Resume perbandingan nilai kekuatan tarik terhadap jumlah konsentrasi *crosslinker* ditunjukkan grafik pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Hidrogel *Crosslinked* Karaginan dengan Variasi Jumlah Konsentrasi *Crosslinker*

Gambar 9 memperlihatkan bahwa kekuatan tarik dari hidrogel berbanding lurus dengan derajat *crosslinking*. Sedangkan derajat *crosslinking* juga bergantung pada molar rasio antara karaginan dan glutaraldialdehid. Semakin tinggi konsentrasi *crosslinker*, semakin tinggi nilai kekuatan tarik dari hidrogel.

3.3 Pengukuran *Swelling Ability*

Persen *swelling* dihitung dengan rumus [6]:

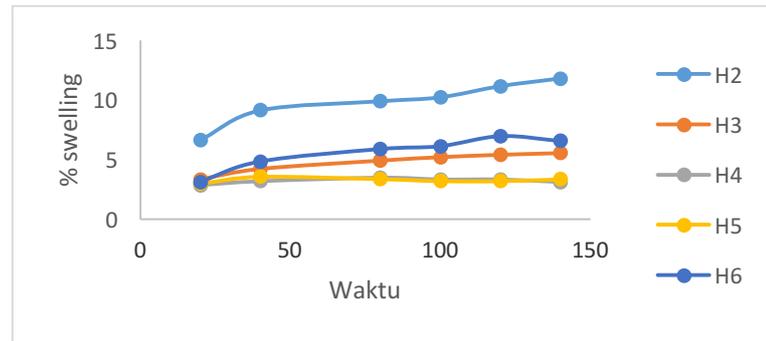
$$\% \text{ Swelling} = \frac{W_t}{W_o} \times 100\%$$

(1)

dengan W_t = Berat padatan pada waktu t

W_o = Berat padatan awal sebelum direndam dalam air

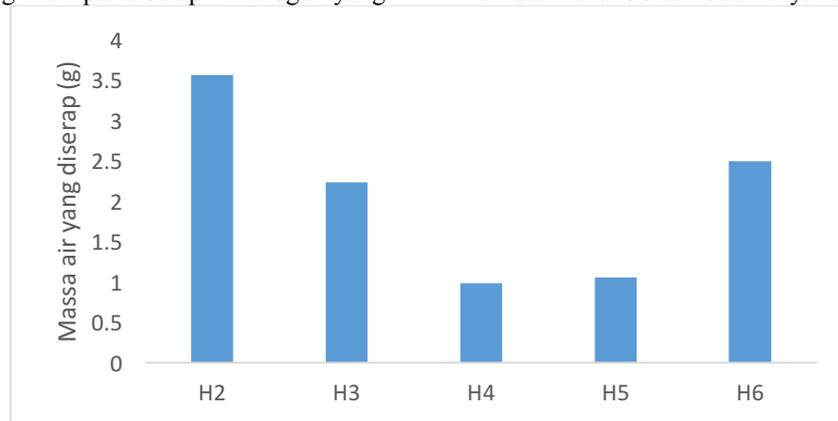
Kurva % *swelling* hidrogel *crosslinked* karaginan terhadap waktu perendaman hidrogel dalam air diperlihatkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. % Swelling hidrogel H2, H3, H4, H5, H6 Terhadap Waktu Perendaman

Dari Gambar 10 terlihat bahwa hidrogel dengan waktu *crosslinking* 2 hari (H2) menunjukkan kemampuan menyerap air yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan reaksi *crosslinking* yang terjadi belum sempurna sehingga jumlah gugus fungsi OH bebas pada karaginan lebih banyak. Karena gugus OH inilah yang berikatan hidrogen dengan molekul air, maka makin banyak OH bebasnya, makin banyak air yang mampu diserap. Hidrogel yang

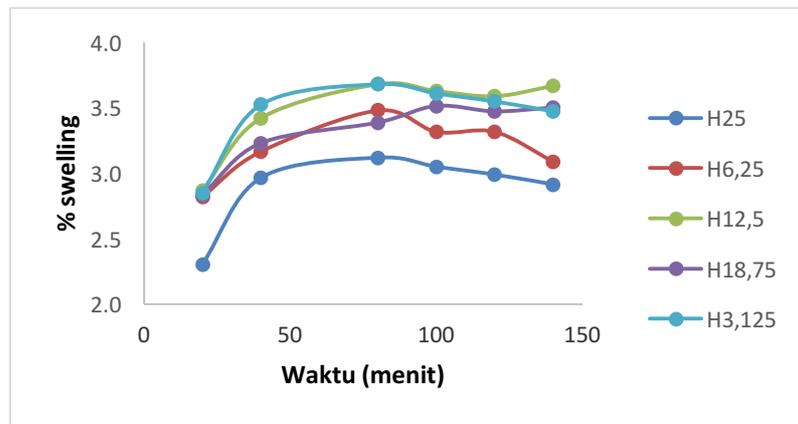
dibuat dalam waktu *crosslinking* 6 hari (H6) menunjukkan massa air yang diserap lebih tinggi dibanding 3, 4 dan 5 hari (H3, H4, H5), dipertegas dalam Gambar 11. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya persaingan antara reaksi *crosslinking* dengan hidrolisis karaginan dalam suasana asam, sehingga OH bebas lebih banyak karena putusnya ikatan glikosida yang menghasilkan OH bebas akibat hidrolisis dan sedikitnya reaksi *crosslinking*.



Gambar 11. Massa Air yang diserap hidrogel H2, H3, H4, H5, H6 pada Waktu Menuju Tak Hingga

Pola *swelling* Hidrogel yang dibuat dengan memvariasikan konsentrasi *crosslinker* diperlihatkan Gambar 12. *Swelling* vs waktu perendaman menunjukkan % *swelling* terbesar adalah ketika konsentrasi *crosslinker* yang paling kecil (H3,125) dan % *swelling* terkecil adalah

ketika konsentrasi *crosslinker* terbesar. Hal ini dimungkinkan terjadi karena konsentrasi *crosslinker* yang besar menyebabkan jumlah OH bebas yang berikatan hidrogen dengan air berkurang jumlahnya.



Gambar 12. % Swelling Hidrogel H3,125, H6,25, H12,5, H18,75, H25 Terhadap Waktu Perendaman

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh pada pengujian sifat fisik dan pengukuran kemampuan penyerapan air hidrogel dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kekuatan tarik maksimum rata-rata dimiliki oleh lembaran film hidrogel *crosslinked* karaginan dengan waktu *crosslinking* 4 hari (H4). Nilai kekuatan tarik 13,766 kg/mm² dengan beban maksimum 59,47 kg.
2. Untuk variasi konsentrasi *crosslinker*, diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi *crosslinker*, semakin tinggi nilai kekuatan tarik dari hidrogel *crosslinked* karaginan.
3. Waktu *crosslinking* 2 hari (H2) menunjukkan kemampuan menyerap air yang paling tinggi.
4. Hidrogel yang dibuat dalam waktu *crosslinking* 6 hari (H6) menunjukkan massa air yang diserap lebih tinggi dibanding 3, 4 dan 5 hari (H3, H4, H5).
5. % *swelling* terbesar adalah ketika konsentrasi *crosslinker* (glutaraldialdehid) yang paling kecil, yaitu 3,125%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Bandung melalui UPPM yang telah membiayai penelitian terapan ini dengan sumber dana dari DIPA Politeknik Negeri Bandung dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan

Penelitian Terapan

No.

440.11/PL1.R7/LT/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fregolente P. B. L., Wolf Maciel M. R. and Oliveira, L. S. (2012), *Water Absorbing Material To Remove Water From Diesel And Fuel*, *Procedia Engineering*, 42, 2170-2175.
- [2] Waje, S. S., Meshram, M. W., Chaudhary, V., Pandey, R., Mahanawar, P. A. And Thorat, B. N. (2005), *Drying And Shrinkage Of Polymer Gels*, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 22, 2, 209-216.
- [3] Distantina, Sperisa, Rochmadi, Fahrurrozi, Mohammad and Wiratni (2013), *Preparation and Characterization of Glutaraldehyde-Crosslinked Kappa Carrageenan Hydrogel*, *Engineering Journal*, 17, 3.
- [4] Lyana Intan Binti Ahmad (2014), *Synthesis And Characterization Of Hard Kappa Carrageenan Capsule Through Glyoxal And Glyoxylic Acid Crosslinking*, Universiti Malaysia Pahang.
- [5] <https://metallurgistwannabe.wordpress.com/2015/07/27/sifat-mekanik-material-1/>, diunduh 21 Mei 2017.
- [6] Suliwarno, Ambyah. Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Hidrogel Metilselulosa Hasil Sintesis Menggunakan Iradiasi Berkas Elektron, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 2014.