
[jtk] Submission Acknowledgement

1 pesan

Lia Cundari <ejournal@ft.unsri.ac.id>
Kepada: Tuti Indah Sari <tutiindahsari@ft.unsri.ac.id>

9 November 2022 pukul 22.56

Tuti Indah Sari:

Thank you for submitting the manuscript, "Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen Grafting Karet Alam/Starch" to Jurnal Teknik Kimia. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/authorDashboard/submission/1450>

Username: tutiindah

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Lia Cundari

Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen *Grafting* Karet Alam/*Starch*

Effect of Potassium Persulfate and Acrylic Acid Monomer Concentration on The *Grafting* Percentage of Natural Rubber/*Starch*

Abstrak

Modifikasi karet alam menggunakan pati (*starch*) dilakukan untuk meningkatkan kualitas karet alam serta meningkatkan kekuatan mekanis. Pati termasuk polimer yang sering dikembangkan dengan monomer atau beberapa polimer, karena memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Modifikasi karet alam menggunakan pati dilakukan dengan menambahkan kalium persulfat sebagai inisiator dan asam akrilat sebagai monomer. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer terhadap persen *grafting* karet alam/*starch*, spektrum karet alam/pati dengan asam akrilat, dan morfologi hasil *grafting* karet alam dengan membandingkan pati termodifikasi dan tak termodifikasi. Variasi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan berkisar 1 – 3%, sedangkan variasi jumlah monomer asam akrilat berkisar 22 – 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu pada konsentrasi inisiator 3% yaitu sebesar 58,28%, sedangkan variasi monomer menunjukkan hasil optimum pada penambahan monomer 28% dari pati yaitu 45,94%. Hasil *Fourier Transform Infrared (FTIR)* pada sampel menunjukkan munculnya *peak* pada panjang gelombang sekitar 1244,78 cm^{-1} yaitu gugus C-O-C yang menandakan adanya senyawa pati serta panjang gelombang sekitar 1739,62 cm^{-1} yaitu gugus C=O yang menandakan adanya asam akrilat. Morfologi sampel *grafting* karet alam dengan pati termodifikasi menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pati tak termodifikasi.

Kata Kunci: asam akrilat, *grafting*, kalium persulfat, karet alam, pati

Abstract

The modification of natural rubber with starch was carried out to improve the quality of natural rubber and increase its mechanical strength. Due to its high tensile strength properties, starch is always used for polymer modification combined with monomers and other polymers. The modification of natural rubber with starch was carried out by potassium persulfate as an initiator and acrylic acid as a monomer. This study aims to determine the effect of initiator and monomer concentration on the grafting percent, the spectrum of NR/starch-acrylic acid, and morphology results of natural rubber grafting using modified and unmodified starch. Process optimization is carried out by varying the initiator concentration 1% to 3% and monomer concentration 22% to 30%. The grafting percentages showed that sample with 3% initiator concentration and sample with 28% monomer addition have the highest grafting percentage, they are 58,28% and 45,94%, respectively. The Fourier Transform Infrared (FTIR) results showed the presence of the functional group of starch (C-O-C) at wavenumber 1244,78 cm^{-1} and the functional group of acrylic acid (C=O) at wavenumber 1739,62 cm^{-1} . The morphology results showed that samples with modified starch had better results than samples with unmodified starch.

Keywords: acrylic acid, *grafting*, natural rubber, potassium persulfate, starch.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil tanaman karet alam terbesar di dunia. Karet alam memiliki sejumlah sifat unggul, seperti

kekuatan dan elastisitas tarik yang tinggi, ketahanan kikis dan sobek, serta daya rekat yang baik. Namun, karet alam tidak dapat dibandingkan dengan beberapa jenis karet sintetis, karena karet alam tidak

tahan terhadap sinar matahari, oksigen, ozon, pelarut dan minyak (Alam dan Rihayat, 2007).

Berbagai modifikasi produk karet alam yang melibatkan perubahan secara fisik maupun kimia pada struktur molekul karet alam sehingga akan menghasilkan material baru (Handayani dkk, 2016).

Modifikasi karet alam dengan menambahkan bahan penguat dapat menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada karet alam. Salah satu bahan pengisi yang umum digunakan dalam modifikasi adalah pati dengan metode pencangkakan (*grafting*) (Ritonga dkk, 2018). Teknik *grafting* yang digunakan untuk modifikasi polimer akan diawali dengan pembentukan situs aktif yang dapat berupa radikal atau ion bebas. Radikal atau ion bebas ini akan terlebih dahulu terbentuk pada monomer atau polimer induknya (Hidayani dkk, 2018).

Pati merupakan bahan yang terbaru dengan jumlah yang melimpah di alam, tidak beracun, terbarukan dan harganya yang tidak terlalu mahal (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Pati termasuk polimer hayati yang sering dikembangkan sebagai bioplastik karena sifat mekanik berupa kekuatan tariknya yang tinggi tetapi ketahanan airnya yang rendah (Mardiyati dan Steven, 2014). Sementara, karet alam merupakan polimer alam dengan elongasi tinggi dan tahan air. Pencampuran pati dan karet alam, diharapkan akan memperoleh sifat unggul dari masing-masing polimer tersebut (Mardiyati dan Steven, 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan meng-*grafting*kan karet alam dan pati kulit pisang menggunakan monomer asam akrilat dan inisiator kalium persulfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu (2008) mengungkapkan bahwa penggunaan pati termodifikasi yang di-*grafting* ke karet alam jauh lebih unggul daripada pati tak termodifikasi.

Inisiator adalah sumber dari radikal bebas yang terdapat di alam polimerisasi emulsi (Octavia, 2008). Inisiator yang umumnya dipakai dalam proses polimerisasi emulsi adalah inisiator yang cepat larut dalam air. Konsentrasi inisiator dapat mempengaruhi jumlah partikel polimer yang akan terbentuk dalam tahap nukleasi pada saat polimerisasi emulsi. Kalium persulfat merupakan garam dengan memiliki rumus $K_2S_2O_8$ yang berbentuk berupa padatan kristal yang memiliki warna putih dan tidak berbau. Kalium persulfat biasanya digunakan sebagai inisiator radikal. Radikal bebas dari kalium persulfat yang telah terbentuk yang digunakan sebagai inisiator untuk memicu terjadinya polimerisasi.

Monomer merupakan struktur molekul yang secara kimiawi dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk molekul polimer yang berulang dengan memiliki ukuran yang panjang. Dalam proses *grafting*, monomer dan inisiator

adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam prosesnya.

Metode *grafting* merupakan yang paling umum digunakan didasarkan pada aktivitas dari rantai utama polimer, sebagai tempat inisiasi pada pencangkakan beberapa monomer rantai bercabang pada rantai utama (Rinawita, 2011). Pada proses *grafting*, pertama-tama monomer akan bereaksi dengan inisiator untuk menyusun radikal bebas dalam suatu sistem larutan dan kemudian akan terjadi reaksi antar monomer membentuk homopolimer.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer dalam memodifikasi pati agar menghasilkan produk karet alam dengan sifat mekanik yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan jenis karet alam lateks dengan 60% *Dried Rubber Content* (DRC), pati (*starch*) dari kulit pisang, inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 99% *pure analysis* (merck), monomer asam akrilat, triton x-100 *pure analysis*, gas N_2 dan aquadest. DRC dapat dihitung dengan 2 metode, yaitu membandingkan berat kering suatu sampel dengan berat basah pada sampel yang sama. Metode lainnya menggunakan alat pengukur DRC yaitu metrolak, pengukuran menggunakan alat ini hanya dilakukan dengan mencelupkan metrolak ke dalam cairan lateks yang telah diencerkan sesuai prosedur.

Beberapa variabel proses yang diberikan adalah variabel bebas berupa konsentrasi kalium persulfat 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% serta jumlah asam akrilat 22%, 24%, 26%, 28% dan 30% terhadap berat pati (*starch*). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Proses, Produk Industri Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Fisika dan Kimia, Pusat Penelitian Karet, Bogor.

Modifikasi terhadap pati adalah *pretreatment* terhadap pati dengan melakukan proses gelatinisasi yaitu menambahkan pati ke dalam sejumlah air. Proses gelatinisasi dilakukan tanpa oksigen, sehingga saat melakukan gelatinisasi gas nitrogen ikut dialirkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen yang masuk ke dalam proses. Oksigen dapat mengganggu proses gelatinisasi karena dapat menonaktifkan radikal bebas yang telah terbentuk (Nurdin dkk, 2015).

Gelatinisasi untuk pati termodifikasi dimulai dengan memanaskan aquadest sampai suhu 80°C lalu memasukkan pati kulit pisang sebanyak 20 gram. Gelatinisasi dilakukan selama 30 menit dengan dialirkan gas nitrogen dalam tekanan atmosfer diukur menggunakan regulator gas nitrogen (Liu dkk, 2008). Nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan cara menghubungkan salah satu lubang pada tutup reaktor ke tabung nitrogen menggunakan selang.

Inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat ditambahkan secara bertahap, lalu proses gelatinisasi dilanjutkan selama 2 jam dengan mengalirkan gas nitrogen pada 30 menit awal. Gelatinisasi pati tak termodifikasi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tidak menambahkan inisiator dan monomer dalam prosesnya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk gelatinisasi hanya 30 menit (Riyajan dkk, 2012).

Proses grafting untuk pati termodifikasi dan tak termodifikasi memiliki prosedur yang sama. Karet alam lateks 60% *Dried Rubber Content* (DRC) atau Kadar Karet Kering (KKK) sebanyak 40 gram KKK yang sudah diencerkan diberikan triton x-100 lalu dicampurkan dengan pati gelatinisasi yang sudah didinginkan (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Campuran di grafting dalam reaktor sederhana menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C selama 3 jam dengan dialirkan gas nitrogen selama 30 menit awal. Inisiator kalium persulfat yang sudah di variasikan ditambah secara bertahap ke dalam proses grafting (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Setelah 3 jam grafting, campuran tersebut dituangkan ke dalam *glass plate* dengan ketebalan sampel kurang lebih 1 cm dan didiamkan selama 3-4 hari pada suhu ruangan.

Pencucian sampel bertujuan untuk menghilangkan sisa serat tidak halus dari pati dan sisa triton x-100 (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Sampel dicuci dengan air panas pada suhu 100°C dan dilakukan secara berulang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam lalu di ukur *moisture content* nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sampel grafting menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dilakukan beberapa analisa. Analisa pertama yaitu persen grafting yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pati yang berhasil tergrafting pada karet alam sebuah sampel. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari sebuah sampel, hal ini bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses grafting dengan ditandai adanya sejumlah gugus fungsi khas dari senyawa yang akan di grafting. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana morfologi dari sebuah sampel, dalam hal

ini melihat perbedaan struktur permukaan serta pesebaran pati pada sampel grafting.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Persen Grafting

Pati yang tergrafting pada karet alam lateks dihitung dengan menggunakan persamaan persen grafting.

$$\% \text{Grafting} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W_0 = berat sebelum grafting (gram)

W_1 = berat sesudah grafting (gram)

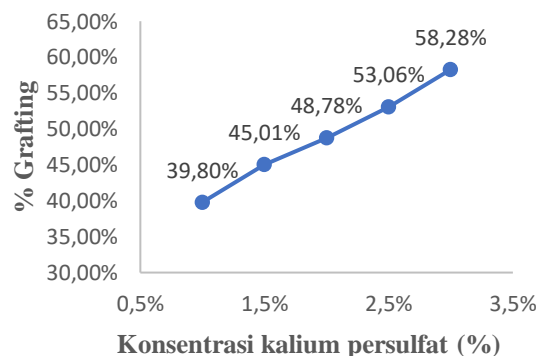
Variasi konsentrasi kalium persulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%. Karakteristik reaksi kopolimerisasi grafting yang dilakukan dengan nilai persen grafting yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Persen Grafting Variasi konsentrasi kalium persulfat

Konsentrasi kalium persulfat	Berat sebelum grafting (gram)	Berat sesudah grafting (gram)	Persen grafting
1%	40	55,9186	39,80%
1,5%	40	58,0051	45,01%
2%	40	59,5132	48,78%
2,5%	40	61,2231	53,06%
3%	40	63,3111	58,28%

Kalium persulfat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membentuk radikal bebas jika dibandingkan dengan inisiator lain sehingga efisiensi grafting akan lebih tinggi dibandingkan inisiator lainnya (Sondari dkk, 2010).

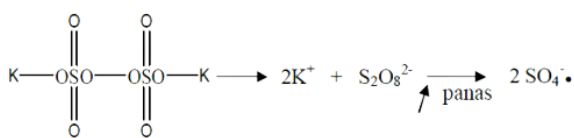
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongthong dkk, (2013), efisiensi grafting akan meningkat sampai penggunaan inisiator 3%.



Gambar 1. Grafik Persen Grafting Variasi Konsentrasi Inisiator

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi inisiator kalium persulfat yang lebih tinggi menghasilkan persen *grafting* yang juga meningkat. Nilai persen *grafting* tertinggi diperoleh pada konsentrasi kalium persulfat 3% yaitu sebesar 58,28%. Hal ini dibuktikan oleh Pulungan dkk, (2017) bahwa persen *grafting* pati pada karet alam lateks meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inisiator yang digunakan. Dapat disimpulkan bahwa proses *grafting* pati pada karet alam dengan inisiator kalium persulfat melalui mekanisme proses pembentukan radikal.

Menurut Eddiyanto dkk. (2012), reaksi yang terjadi oleh radikal bebas dari inisiator merupakan awal kalium persulfat untuk membentuk radikal bebas yang menyerang rantai karet alam sehingga membentuk radikal bebas karet alam lateks.



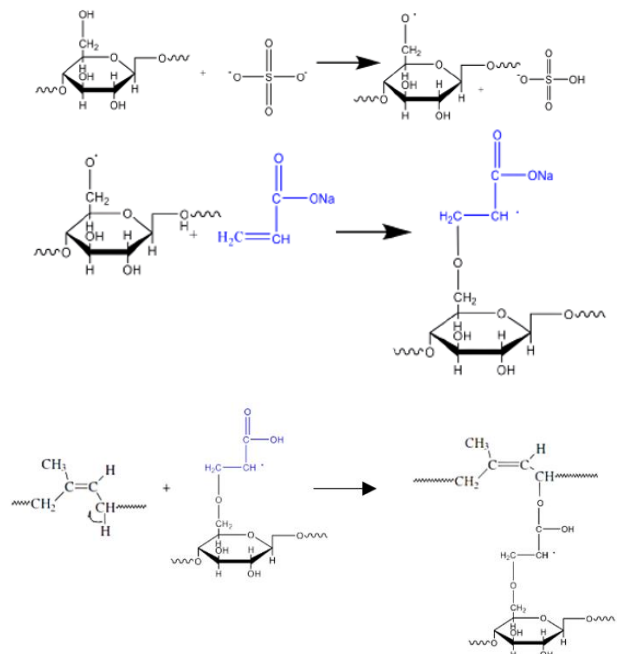
Gambar 2. Reaksi Dekomposisi Inisiator Kalium Persulfat

(Sumber: Laksanawati, 2019)

Konsentrasi inisiator mempunyai peranan penting dalam pembentukan situs aktif dalam polimer. Semakin besar konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin besar juga situs aktif (makroradikal) yang terbentuk pada karet alam lateks untuk menginisiasi polimerisasi *grafting* (Suka dan Wasinton, 2007).

Ketika larutan inisiator kalium persulfat dipanaskan, radikal sulfat terbentuk untuk mengawali proses polimerisasi. Terurainya persulfat

menjadi radikal bebas lalu akan menginisiasi gugus -OH pati.



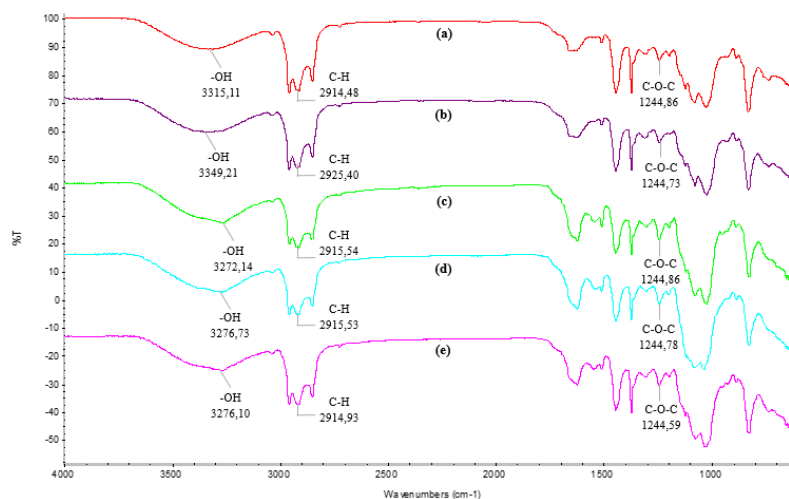
Gambar 3. Mekanisme Reaksi Grafting Asam Akrilat pada Pati dan Karet Alam

(Sumber: Laksanawati, 2019)

Penggunaan inisiator dalam proses *grafting* dilakukan sampai batas optimum. Ketika penambahan inisiator sudah melebihi batas optimum maka nilai persen *grafting* akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak inisiator yang ditambahkan akan menyebabkan semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *chain transfer* (Sondari dkk, 2010).

3.2 Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 4.** menunjukkan hasil uji FTIR untuk sampel dengan variasi konsentrasi inisiator. Inisiator yang digunakan adalah kalium persulfat dengan variasi konsentrasi (a) 1%, (b) 1,5%, (c) 2%, (d) 2,5% dan (e) 3%



Gambar 4. Spektrum FTIR pada Variasi Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat

Dari **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak di berbagai panjang gelombang menunjukkan kemiripan yang menandakan bahwa setiap sampel memiliki ikatan atau gugus yang hampir sama. Bilangan gelombang yang pertama terdapat pada rentang 3315,11 – 3276,10 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus hidroksil –OH (Afif dkk, 2018). Gugus hidroksil ini menandakan adanya pati di dalam sampel *grafting* tersebut.

Gugus C-O-C khas pati pada sampel variasi inisiator menunjukkan panjang gelombang yang berkisar dari 1244,59 – 1244,86 cm^{-1} . Tidak ada perbedaan yang signifikan dari 5 sampel variasi konsentrasi inisiator dikarenakan pada setiap sampel terdapat perlakuan yang sama, jumlah bahan baku berupa pati dan karet alam yang sama.

Perbedaan panjang gelombang pada **Gambar 4** ditunjukkan dari tajam atau tidaknya panjang gelombang grafik *transmittance* FTIR yang merupakan ukuran seberapa besar cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh sampel.

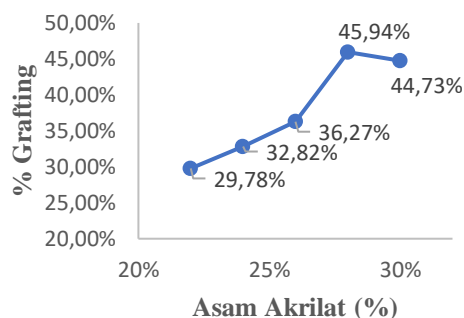
3.3 Pengaruh Variasi Monomer Terhadap Persen Grafting

Mekanisme *grafting* pati ke karet alam menggunakan inisiator kalium persulfat optimum dan monomer asam akrilat. Konsentrasi inisiator kalium persulfat maksimal didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *grafting* menggunakan pati tak termodifikasi yaitu sebesar 3%. Konsentrasi inisiator yang optimum digunakan untuk melanjutkan proses *grafting* dengan pati termodifikasi.

Tabel 2. Hasil Persen *Grafting* Variasi Jumlah Monomer pada konsentrasi KPS 3%

Jumlah asam akrilat (persen berat)	Berat sebelum <i>grafting</i> (gram)	Berat sesudah <i>grafting</i> (gram)	Persen <i>Grafting</i>
22%	40	51,9102	29,78%
24%	40	53,1285	32,82%
26%	40	54,5089	36,27%
28%	40	58,3771	45,94%
30%	40	57,8902	44,73%

Pengaruh monomer asam akrilat dengan variasi 22, 24, 26, 28 dan 30% berat dari jumlah pati telah diteliti. Hal ini mengacu pada penelitian Liu, dkk (2008) yang menggunakan jumlah monomer 24% dari jumlah pati. Hasil persen *grafting* **Gambar 3**. Menunjukkan bahwa persen *grafting* akan meningkat seiring meningkatnya jumlah asam akrilat yang digunakan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Fika dkk, (2019), meningkatnya massa monomer asam akrilat akan menyebabkan meningkatnya berat molekul dan efisiensi *grafting* dari produk.



Gambar 5. Pengaruh Persen *Grafting* pada Variasi Jumlah Monomer

Kenaikan persen *grafting* dimulai dari penggunaan monomer asam akrilat sebanyak 22% dari pati hingga jumlah asam akrilat 28% dari pati. Ketika monomer semakin banyak, maka intensitas tumbukan antar molekul asam akrilat besar, sehingga laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal akan menjadi cepat. Hal ini mengakibatkan dalam menghasilkan rantai poli asam akrilat radikal menjadi cepat sehingga pati termodifikasi asam akrilat menghasilkan persen *grafting* yang besar (Suka dan Wasinton, 2007).

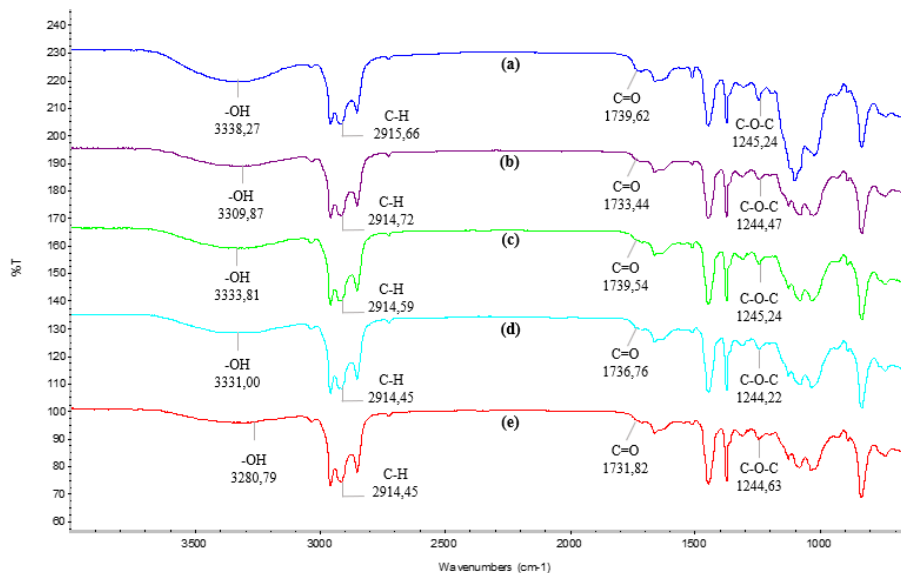
Pada jumlah monomer 28% menghasilkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jumlah 28% monomer yang digunakan, laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal menjadi sangat cepat. Hal ini menyebabkan poli asam akrilat radikal yang ter*grafting* pada sisi aktif polimer induk karet alam lateks menjadi sangat panjang (Laksanawati, 2019).

Pada sampel menggunakan monomer asam akrilat sebanyak 30% dari jumlah pati, menunjukkan hasil persen *grafting* yang menurun. Hal ini dikarenakan penggunaan monomer yang sudah melewati batas optimum atau sudah terlampaui tinggi. Pada jumlah monomer yang terlalu besar, menyebabkan pembentukan rantai poli asam akrilat radikal yang terlalu panjang (Pratama dkk, 2011). Rantai yang terlalu panjang ini akan menyebabkan poli asam akrilat radikal sulit bergabung dengan sisi aktif pada polimer induk karet alam lateks. Pergerakan homopolimer radikal yang sangat lambat akan mengakibatkan hanya sebagian kecil poli asam akrilat yang ter*grafting* pada karet alam lateks (Laksanawati, 2019).

Asam akrilat digunakan sebagai monomer dalam penelitian ini karena asam akrilat memiliki ikatan rangkap yang dapat menjadi radikal oleh inisiator. Radikal asam akrilat ini akan lebih mudah terikat pada karet alam (Sibarani dkk, 2018).

3.4 Pengaruh Jumlah Monomer Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 6**, menunjukkan hasil FTIR untuk sampel dengan variasi jumlah monomer asam akrilat.



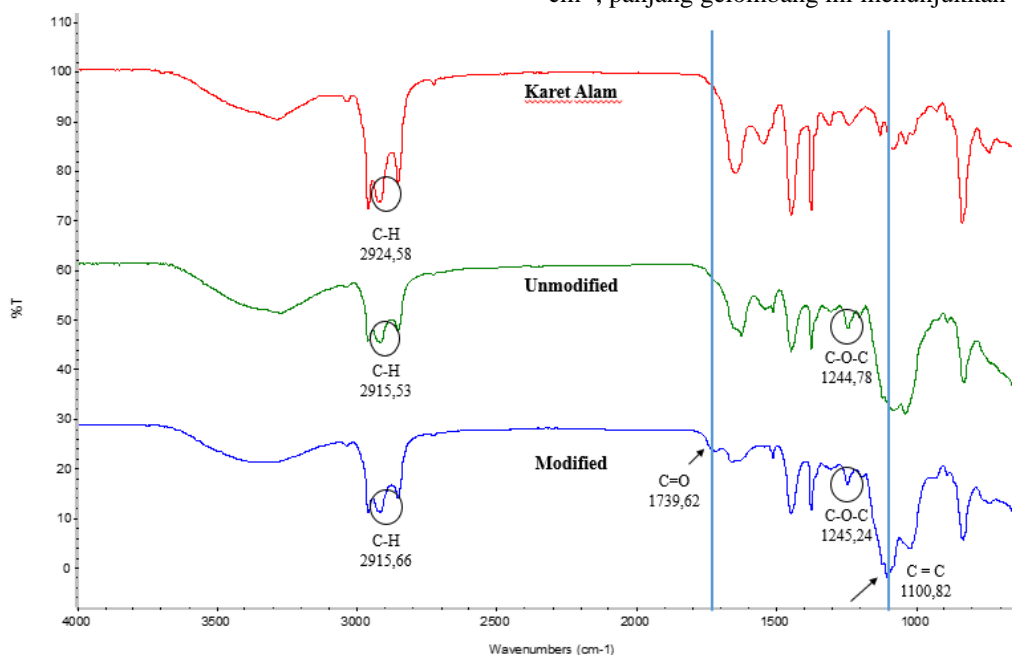
Gambar 6. Spektrum FTIR pada Variasi Jumlah Monomer Asam Akrilat

Dari analisa FTIR masing-masing sampel dengan variasi jumlah monomer terbukti bahwa pati modifikasi asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam. Terdapat gugus khas dari pati modifikasi seperti C-OH, C-O-C, C-H dan C-O pada masing-masing sampel, hanya saja masing-masing memiliki panjang gelombang berbeda. Dibandingkan hasil FTIR sampel variasi konsentrasi inisiator, hasil FTIR pada variasi jumlah monomer ini menunjukkan satu gugus yang berbeda, yaitu gugus C=O. Gugus ini merupakan asam akrilat yang membuktikan bahwa asam akrilat juga berhasil ter-*grafting* ke karet alam (Fika dkk, 2019). Gugus C=O pada sampel ini terdapat pada rentang 1733,44 – 1739,54 cm^{-1} .

3.5 Pengaruh Jenis Sampel Terhadap Hasil FTIR

Sebagai kombinasi struktur kimia dari pati dan karet alam, spektrum FTIR sampel *modified* dan *unmodified* menunjukkan puncak yang termasuk dalam gugus fungsi pada karet alam dan selulosa (Laksanawati, 2019). Perbedaannya hanya terletak pada gugus asam akrilat pada sampel *modified*.

Pada Gambar 7, menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan di antara spektra dari karet alam murni, *unmodified* dan *modified*. Spektra FTIR dari ketiga gambar ini menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang antara 2915,53 - 2924,58 cm^{-1} , panjang gelombang ini menunjukkan adanya



Gambar 7. Spektrum FTIR pada Jenis Sampel (a) Karet Alam Murni (b) Unmodified (c) Modified

gugus C-H atau gugus yang khas dari karet alam (Kurniawan dan Nirwana, 2015). Hal ini menandakan bahwa dari ketiga sampel tersebut masih terdapat karet alam sebagai bahan baku utama. Identifikasi adanya gugus khas karet alam ini menjadi penting karena karet alam akan menjadi rantai utama dimana gugus-gugus dari pati dan asam akrilat akan ter-*grafting*.

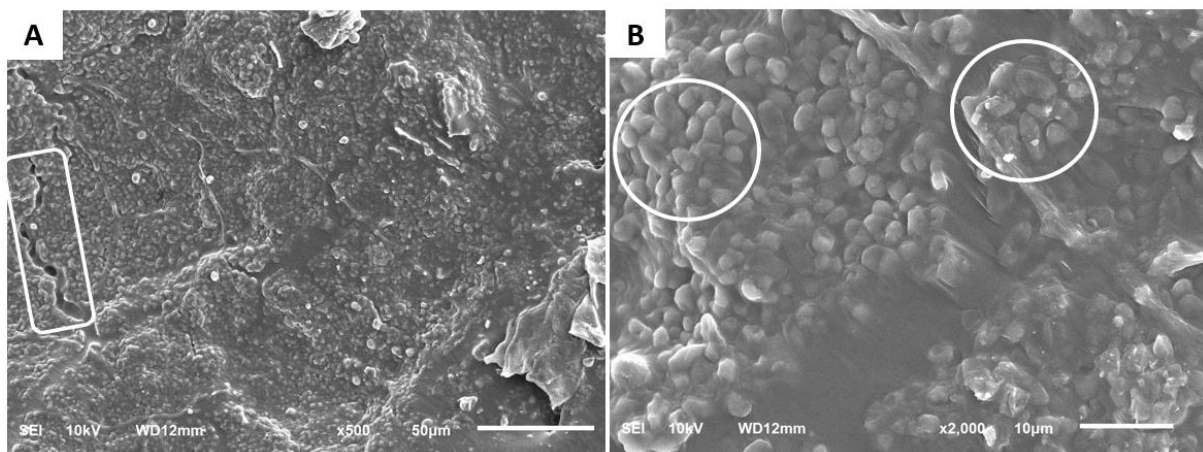
Pada **Gambar 7**. Juga menunjukkan adanya puncak baru pada panjang gelombang $1739,62\text{ cm}^{-1}$, milik C=O yang menandakan adanya gugus asam akrilat (Rinawita, 2011). Gugus yang menandakan asam akrilat selanjutnya yaitu pada panjang gelombang $1100,82\text{ cm}^{-1}$ milik C=C (Ismail dkk, 2011). Panjang gelombang adanya gugus C=O dan C=C ini tidak terlihat dari spektra FTIR untuk sampel karet alam murni karena belum diberikan monomer asam akrilat. Begitu pula dengan spektrum FTIR untuk sampel *unmodified*, pada perlakuan *unmodified*, pati yang ditambahkan tidak

ter-*grafting* dengan monomer asam akrilat, maka dari itu panjang gelombang yang menunjukkan gugus C=O dan C=C tidak terlihat.

Adanya gugus C=O dan C=C pada sampel *modified* ini menandakan bahwa asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam (Rinawita, 2011). Hal yang sama juga ditemukan untuk gugus C-O-C milik pati. Gugus C-O-C yang muncul pada spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dari pati yang ter-*grafting* pada rantai utama (Riyajan dan Keawittarir, 2019), sehingga proses *grafting* sampel *unmodified* dan *modified* dapat dikatakan berhasil.

3.6 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil analisa SEM pada jenis sampel menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dapat diamati pada **Gambar 8** berikut.



Gambar 8. Hasil Analisa SEM sampel Unmodified (a) perbesaran 500x (b) 2000x

Gambar 8 (a) menunjukkan hasil analisa SEM sampel *unmodified* dengan perbesaran 500x. Pada hasil analisa ini terlihat permukaan sampel yang tidak terlalu halus, menurut penelitian yang dilakukan Wahyuni (2018) hal ini menandakan adanya molekul pati yang tersebar secara tidak merata dengan bentuk yang tidak beraturan. Partikel pati pada **Gambar 8**. terlihat pada area yang berwarna abu-abu terang sedangkan karet alam berwarna abu-abu gelap. Pada sampel *unmodified* (a) terdapat retakan, hal ini dikarenakan unsur-unsur yang bereaksi pada sampel *unmodified* menghasilkan interaksi antar partikel yang lemah, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang buruk dari sampel *unmodified* (Min dan Rashid, 2013).

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Mekanis

Uji Mekanis	Sampel	
	<i>Modified</i>	<i>Unmodified</i>
<i>Elongation at break</i> , %	300	280
<i>Compression set</i> , %	40,98	30,87

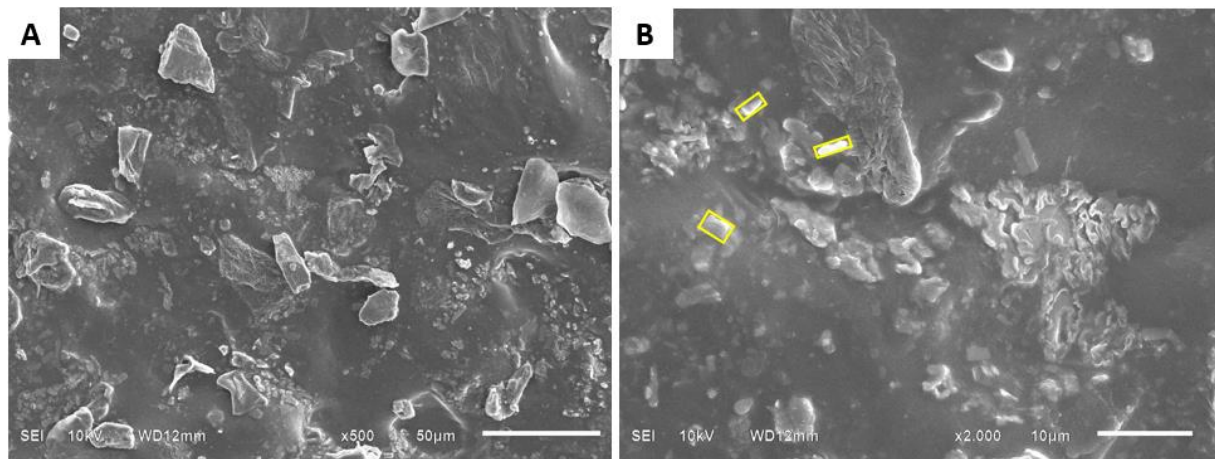
Pada **Tabel 3**. Menunjukkan hasil uji sifat mekanis sampel *unmodified* dan *modified*. Dari tabel dapat dilihat bahwa penggunaan sampel *modified* menghasilkan sifat uji mekanis yang lebih unggul dari *unmodified*. Sifat mekanis *elongation at break* atau perpanjangan putus sampel *modified* menunjukkan persentase yang lebih besar yakni 300% sedangkan *unmodified* sebesar 280%. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang potongan uji mekanis karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus ini bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik (Nasruddin, 2010).

Sifat mekanis berikutnya yaitu *compression set* atau pemampatan tetap. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama. Nilai *compression set* sampel *modified* juga menunjukkan

persentase yang lebih besar dibandingkan *unmodified*.

Penurunan sifat mekanik ini dikarenakan pada proses pembuatan sampel, pati yang digunakan tidak dimodifikasi. Pati yang tak termodifikasi hanya akan bertindak sebagai pengisi *inert* sehingga tidak memberikan sifat mekanik yang baik pada produknya (Min dan Rashid, 2013).

Gambar 9 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada sampel *modified*. Jika dibandingkan dengan sampel *unmodified* sebelumnya, molekul pati pada permukaan sampel *modified* tersebar lebih sedikit. Hal ini dibuktikan dari pengambilan gambar dengan perbesaran 2000x. Permukaan yang dihasilkan terlihat tidak terlalu bergelombang jika dibandingkan dengan sampel *unmodified*.



Gambar 9. Hasil Analisa SEM Sampel Modified (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Pada sampel *modified*, tidak terdapat retakan. Tidak adanya retakan pada sampel ini menandakan bahwa pati yang termodifikasi lebih terdistribusi dengan baik. Retakan tidak terjadi pada sampel *modified* dikarenakan interaksi antar partikel yang terdapat dalam sampel kuat, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sampel tersebut (Min dan Rashid, 2013). Permukaan yang cukup merata pada sampel menandakan hasil *grafting* dapat dikatakan berhasil dengan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inisiator dan monomer dalam proses *grafting* sangat berpengaruh pada persen *grafting*. Persen *grafting* tertinggi pada penambahan inisiator adalah 58,28% dan 45,94% pada penambahan monomer. Semakin tinggi konsentrasi inisiator dan monomer, maka akan semakin tinggi nilai persen *grafting*.

Hasil FTIR sampel *modified* menunjukkan adanya gugus fungsi pada panjang gelombang 1244,78 cm^{-1} khas pati (C-O-C) serta panjang gelombang 1739,62 cm^{-1} dan 1100,82 cm^{-1} khas asam akrilat (C=O dan C=C) yang membuktikan bahwa *grafting* berhasil dilakukan.

Analisa morfologi pada sampel *modified* menunjukkan pati terdistribusi dengan baik dengan adanya penambahan monomer asam akrilat. Hal ini juga meningkatkan sifat mekanik sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0017/UN9.3.1/SK.LP2M.PT/2022 tanggal 15 Juni 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. N., Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 102-109.
- Alam, P.N., dan Rihayat, T. 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1): 1-6.
- Eddiyanto, M.S. 2012. *Grafting* Maleat Anhidrat pada Karet Alam Siklis (*Cyclic Natural Rubber/Cnr*) dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. *Agrium*, 1(1): 128-133.
- Fika, W., Kasim, A., Novelina, N., dan Septevani, A.A. 2019. Rasio Pati dan Asam Akrilat terhadap Kapasitas Absorpsi pada Sintesis Komposit Polimer Superabsorben. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20(2): 111-119.

- Handayani, H., Maspanger, D.H., dan Radiman, C.H. 2016. Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2): 65-74.
- Hidayani, T.R., Akli, K., dan Samah, S.D. 2018. Grafting Polipropilena dengan Maleat Anhidrida sebagai Pengikat Silang dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Eksakta*, 19(1): 59-61.
- Ismail, O., Beyribey, B., dan Turhan K. 2011. Removal of Water in Liquid Fuel with a Super Absorbent Copolymer. *Energy Sources*, 33(1): 1669-1677.
- Khairuddin, N., dan Muhamad, I. I. 2009. Antimicrobial Effects on Starch-Based Films Incorporated with Lysozymes. *Pertanika Journal of Sciences and Technology*, 17(1): 8.
- Kurniawan, D., Nirwana. Dan Bahruddin. 2015. Epoksidasi Karet Alam dengan Menggunakan Surfaktan Amonium Lauril Sulfat sebagai Wetting Agent. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-4.
- Laksanawati, T.A. 2019. Sintesis dan Karakteristik Gel Komposit Starch-Graft-Acrylic Acid/Bentonite dengan Bahan Jaringan N,N-Methylenebisacrylamide untuk EOR. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu, C., Shao, Y., dan Jia, D.. 2008. Chemically Modified Starch Reinforced Natural Rubber Composites. *Journal Polymer*, 49(8): 2176-2181.
- Mardiyati dan Steven. 2014. Acrylic Sebagai Compatibilizer Agent pada Plastik Pati Tapioka/ Lateks Karet Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(1): 33.
- Min, L.X., dan A.Rashid, A. 2013. Effect of Modified Tapioca Starch on Mechanical Properties of Styrene-Grafted Natural-Rubber/Starch Composites. *International Journal Materials Engineering Innovation*. 4(3): 265-266.
<https://dx.doi.org/10.1504/IJMATEI.2013.057152>.
- Nasruddin. 2010. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Membran dari Berbagai Formula Kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*. 21(37): 60-71.
- Nurdin, S. U., Nurdjanah, S., Astuti, S., Sukohar, A., dan Kustyawati, M.E. 2015. *Manfaat Herbal Indonesia*. Plantaxia: Yogyakarta
- Octavia, J. 2008. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan, Inisiator dan Monomer terhadap Ukuran Partikel pada Polimerisasi Stirena. *Skripsi*. Departemen Kimia, Universitas Indonesia.
- Pratama, I.G.D.Y., Ida, A.R.A.A., dan James, S. 2011. Studi Kopolimerisasi Grafting Asam Akrilat (AA) pada Polietilen (PE) dengan Inisiator H_2O_2/Fe^{2+} . Sebagai Penukar Kation. *Jurnal Kimia*, 5(2): 143 – 155.
- Pulungan, A.N., Basuki, W., Eddiyanto., dan Sunit, H. 2017. *Grafting Maleat Anhidrida pada Lateks Karet Alam dengan Inisiator Benzoil Peroksida*. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan. 28 September: 24-30.
- Rinawita, 2011. Modifikasi Selulosa dengan Teknik Pencangkakan dan Penautan Silang Menggunakan Akrilamida. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor.
- Ritonga, A.H., Aritonang, B., dan Zai, L.I.P. 2018. Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1): 42-43.
- Riyajan, S., dan Keawittarit. 2016. A Novel Natural Rubber-graft-cassava Starch Foam for Oil/ Gasohol Absorption. *Polym Int.*, 65(1): 491-502.
- Riyajan, S., Yodsathorn, S., dan Pranee, P. 2012. Green Natural Rubber-g-Modified Starch For Controlling Urea Release. *Carbohydrate Polymers*, 89(1): 251-258.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1): 54-60.
- Setiorini, I. A. 2019. Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2): 41-44.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati., Manuntun, M., dan Ni, M.P. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli(Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation Cu^{2+} , Pb^{2+} dan Cr^{3+} . *Cakra Kimia*, 6(2): 98-105.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K.A. dan Surasno. 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxodysulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Suka, I.G., dan Wasinton, S. 2007. Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH melalui Grafting Asam Akrilat yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(2): 148-157.
- Wahyuni, S. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Beras Patah (*Oryza sativa* L. dengan Penambahan Gliserol dan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Riscoe)). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wongthong, P., Nakason, C., Pan, Q., Rempel, G.L., dan Kiatkamjornwong, S. 2013. Modification of Deproteinized Natural Rubber via Grafting

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

Polymerization with Maleic Anhydride.
European Polymer Journal, 49(1): 4035-4046.
Widyaningsih, S., Karika, D., dan Nurhayati, Y. T.
2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang.
Moleku, 7(1): 69-81.

[jtk] Editor Decision

1 pesan

Lia Cundari <ejournal@ft.unsri.ac.id>
Kepada: Tuti Indah Sari <tutiindahsari@ft.unsri.ac.id>

21 Januari 2023 pukul 15.45

Tuti Indah Sari:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Teknik Kimia, "Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen Grafting Karet Alam/Starch".

Our decision is: Revisions Required

Management Jurnal Teknik Kimia
jurnal_tekim@unsri.ac.id

Reviewer A:

Topic

Is the topic relevant to the journal area of interest? Is it contemporary and interesting for researchers?

Very Good

Abstract and Keywords

Does the abstract contain a complete summary (objectives, methods, research results / important findings, and conclusions)? Is the number of words what the journal requires (150-250 words)? Are the keywords appropriately chosen (3-5 words)?

Very Good

Goal

Is the goal explicitly stated in the Introduction? Is its formulation clear and unambiguous?

Very Good

Introduction

Does the introduction written in an effective, clear and well-organized? Does the introduction contain sufficient state of the art overview of previous studies and refer correctly and accordingly? Does the introduction contain a clear gap analysis statement to show where the new contribution is located and how it differs from previous studies? Does the introduction have clear and specific research objectives?

Very Good

Research Methodology

Is the research methodology significant and in accordance with the rules of the study/research? Can the experimental procedure written by the author be reproducible by other researchers and produce the same results? Does the author

write the correct reference if the experimental procedure refers to the previous paper? Is the methodology description written clearly and completely? Does the author include other materials as supporting research data?

Very Good

Results and Discussions

Is the writing of the results and discussions systematic and interpret the data well? Is the statement from other authors cite well? Does the research data and its language have a logical relationship to focus on conclusions? Are tables, figures and schemes presented in a clear, legible, correct and good resolution? Write comments and suggestions regarding the improvement of the manuscript in a concise, clear and accurate manner. Suggestions for detailed changes on style, grammar / grammar aspects, and other minor changes (if any) should be written in detail. Is additional experimental data or additional analysis required? Are there any comparisons between the results of this study and previous studies, especially those presented in the overview in the introduction?

Very Good

Conclusions

Are the conclusions written by the author valid, important, and answer the research objectives? Are the conclusions claimed by the author supported by sufficient research data and analysis? Are there any sentences or conclusions that are repetitive or reduncancies? It should be noted that Conclusion is very different from Abstract.

Very Good

Formulas, Tables, and Figures

Do the writing of formulas, tables and figures match the journal template? Are tables, figures and schemes presented in a clear, legible, correct and good resolution? Does the author state the formulas, tables and figures in the body text?

Very Good

References

Do all references have been written in the bibliography? Do the numbers, proportions, and years of publishing of the reference appropriate with journal clause? Are all the citations in the text of the article written in the bibliography, otherwise are all that is written in the bibliography referred in the article text? whether the bibliography has been written correctly and is consistent with the journal format (minimal 15 references with 30% is the latest update)

Very Good

Overall Comments

Is this article original, shows novelty or new contributions, and has important significance for the development of this field of science? Does the article have a structure in accordance with the author guideline and good language aspects?

Is this article original, shows novelty or new contributions, and has important significance for the development of this field of science? The Grafting Percentage of Natural Rubber/Starch
Does the article have a structure in accordance with the author guideline and good language aspects?
Yes, It does

Improvement Suggestions for author

Please give the improvement suggestions for author

Please check my comments

Reviewer B:

Topic

Is the topic relevant to the journal area of interest? Is it contemporary and interesting for researchers?

Good

Abstract and Keywords

Does the abstract contain a complete summary (objectives, methods, research results / important findings, and conclusions)? Is the number of words what the journal requires (150-250 words)? Are the keywords appropriately chosen (3-5 words)?

Good

Goal

Is the goal explicitly stated in the Introduction? Is its formulation clear and unambiguous?

Good

Introduction

Does the introduction written in an effective, clear and well-organized? Does the introduction contain sufficient state of the art overview of previous studies and refer correctly and accordingly? Does the introduction contain a clear gap analysis statement to show where the new contribution is located and how it differs from previous studies? Does the introduction have clear and specific research objectives?

Very Good

Research Methodology

Is the research methodology significant and in accordance with the rules of the study/research? Can the experimental procedure written by the author be reproducible by other researchers and produce the same results? Does the author write the correct reference if the experimental procedure refers to the previous paper? Is the methodology description written clearly and completely? Does the author include other materials as supporting research data?

Good

Results and Discussions

Is the writing of the results and discussions systematic and interpret the data well? Is the statement from other authors cite well? Does the research data and its language have a logical relationship to focus on conclusions? Are tables, figures and schemes presented in a clear, legible, correct and good resolution? Write comments and suggestions regarding the improvement of the manuscript in a concise, clear and accurate manner. Suggestions for detailed changes on style, grammar / grammar aspects, and other minor changes (if any) should be written in detail. Is additional experimental data or additional analysis required? Are there any comparisons between the results of this study and previous studies, especially those presented in the overview in the introduction?

Good

Conclusions

Are the conclusions written by the author valid, important, and answer the research objectives? Are the conclusions claimed by the author supported by sufficient research data and analysis? Are there any sentences or conclusions that are repetitive or reduncancies? It should be noted that Conclusion is very different from Abstract.

Good

Formulas, Tables, and Figures

Do the writing of formulas, tables and figures match the journal template? Are tables, figures and schemes presented in a clear, legible, correct and good resolution? Does the author state the formulas, tables and figures in the body text?

Very Good

References

Do all references have been written in the bibliography? Do the numbers, proportions, and years of publishing of the reference appropriate with journal clause? Are all the citations in the text of the article written in the bibliography, otherwise are all that is written in the bibliography referred in the article text? whether the bibliography has been written correctly and is consistent with the journal format (minimal 15 references with 30% is the latest update)

Very Good

Overall Comments

Is this article original, shows novelty or new contributions, and has important significance for the development of this field of science? Does the article have a structure in accordance with the author guideline and good language aspects?

Novelty terlihat dan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas karet alam.


Improvement Suggestions for author


Please give the improvement suggestions for author

Kesimpulan ditulis lebih ringkas, padat dan benar-benar menjawab tujuan penelitian yang disampaikan di Pendahuluan.

Jurnal Teknik Kimia

2 lampiran

 **A-1450-Article Text-5706-1-4-20221117.docx**
2159K

 **B-1450-Article Text-5706-1-4-20221117.docx**
2172K

Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen *Grafting* Karet Alam/*Starch*

Effect of Potassium Persulfate and Acrylic Acid Monomer Concentration on The *Grafting* Percentage of Natural Rubber/*Starch*

Abstrak

Modifikasi karet alam menggunakan pati (*starch*) dilakukan untuk meningkatkan kualitas karet alam serta meningkatkan kekuatan mekanis. Pati termasuk polimer yang sering dikembangkan dengan monomer atau beberapa polimer, karena memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Modifikasi karet alam menggunakan pati dilakukan dengan menambahkan kalium persulfat sebagai inisiator dan asam akrilat sebagai monomer. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer terhadap persen *grafting* karet alam/*starch*, spektrum karet alam/pati dengan asam akrilat, dan morfologi hasil *grafting* karet alam dengan membandingkan pati termodifikasi dan tak termodifikasi. Variasi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan berkisar 1 – 3%, sedangkan variasi jumlah monomer asam akrilat berkisar 22 – 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu pada konsentrasi inisiator 3% yaitu sebesar 58,28%, sedangkan variasi monomer menunjukkan hasil optimum pada penambahan monomer 28% dari pati yaitu 45,94%. Hasil *Fourier Transform Infrared (FTIR)* pada sampel menunjukkan munculnya *peak* pada panjang gelombang sekitar 1244,78 cm^{-1} yaitu gugus C-O-C yang menandakan adanya senyawa pati serta panjang gelombang sekitar 1739,62 cm^{-1} yaitu gugus C=O yang menandakan adanya asam akrilat. Morfologi sampel *grafting* karet alam dengan pati termodifikasi menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pati tak termodifikasi.

Kata Kunci: asam akrilat, *grafting*, kalium persulfat, karet alam, pati

Abstract

The modification of natural rubber with starch was carried out to improve the quality of natural rubber and increase its mechanical strength. Due to its high tensile strength properties, starch is always used for polymer modification combined with monomers and other polymers. The modification of natural rubber with starch was carried out by potassium persulfate as an initiator and acrylic acid as a monomer. This study aims to determine the effect of initiator and monomer concentration on the grafting percent, the spectrum of NR/starch-acrylic acid, and morphology results of natural rubber grafting using modified and unmodified starch. Process optimization is carried out by varying the initiator concentration 1% to 3% and monomer concentration 22% to 30%. The grafting percentages showed that sample with 3% initiator concentration and sample with 28% monomer addition have the highest grafting percentage, they are 58,28% and 45,94%, respectively. The Fourier Transform Infrared (FTIR) results showed the presence of the functional group of starch (C-O-C) at wavenumber 1244,78 cm^{-1} and the functional group of acrylic acid (C=O) at wavenumber 1739,62 cm^{-1} . The morphology results showed that samples with modified starch had better results than samples with unmodified starch.

Keywords: acrylic acid, *grafting*, natural rubber, potassium persulfate, starch.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil tanaman karet alam terbesar di dunia. Karet alam memiliki sejumlah sifat unggul, seperti

kekuatan dan elastisitas tarik yang tinggi, ketahanan kiris dan sobek, serta daya rekat yang baik. Namun, karet alam tidak dapat dibandingkan dengan beberapa jenis karet sintesis, karena karet alam tidak

Received _____, Revised _____, Accepted for publication _____

tahan terhadap sinar matahari, oksigen, ozon, pelarut dan minyak (Alam dan Rihayat, 2007).

Berbagai modifikasi produk karet alam yang melibatkan perubahan secara fisik maupun kimia pada struktur molekul karet alam sehingga akan menghasilkan material baru (Handayani dkk, 2016).

Modifikasi karet alam dengan menambahkan bahan penguat dapat menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada karet alam. Salah satu bahan pengisi yang umum digunakan dalam modifikasi adalah pati dengan metode pencangkakan (*grafting*) (Ritonga dkk, 2018). Teknik *grafting* yang digunakan untuk modifikasi polimer akan diawali dengan pembentukan situs aktif yang dapat berupa radikal atau ion bebas. Radikal atau ion bebas ini akan terlebih dahulu terbantu pada monomer atau polimer induknya (Hidayani dkk, 2018).

Pati merupakan bahan yang terbaru dengan jumlah yang melimpah di alam, tidak beracun, terbarukan dan harga nya yang tidak terlalu mahal (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Pati termasuk polimer hayati yang sering dikembangkan sebagai bioplastik karena sifat mekanik berupa kekuatan tariknya yang tinggi tetapi ketahanan airnya yang rendah (Mardiyati dan Steven, 2014). Sementara, karet alam merupakan polimer alam dengan elongasi tinggi dan tahan air. Pencampuran pati dan karet alam, diharapkan akan memperoleh sifat unggul dari masing-masing polimer tersebut (Mardiyati dan Steven, 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan meng-*grafting*kan karet alam dan pati kulit pisang menggunakan monomer asam akrilat dan inisiator kalium persulfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu (2008) mengungkapkan bahwa penggunaan pati termodifikasi yang di-*grafting* ke karet alam jauh lebih unggul daripada pati tak termodifikasi.

Inisiator adalah sumber dari radikal bebas yang terdapat di alam polimerisasi emulsi (Octavia, 2008). Inisiator yang umumnya dipakai dalam proses polimerisasi emulsi adalah inisiator yang cepat larut dalam air. Konsentrasi inisiator dapat mempengaruhi jumlah partikel polimer yang akan terbentuk dalam tahap nukleasi pada saat polimerisasi emulsi. Kalium persulfat merupakan garam dengan memiliki rumus $K_2S_2O_8$ yang berbentuk berupa padatan kristal yang memiliki warna putih dan tidak berbau. Kalium persulfat biasanya digunakan sebagai inisiator radikal. Radikal bebas dari kalium persulfat yang telah terbentuk yang digunakan sebagai inisiator untuk memicu terjadinya polimerisasi.

Monomer merupakan struktur molekul yang secara kimiawi dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk molekul polimer yang berulang dengan memiliki ukuran yang panjang. Dalam proses *grafting*, monomer dan inisiator

adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam prosesnya.

Metode *grafting* merupakan yang paling umum digunakan didasarkan pada aktivitas dari rantai utama polimer, sebagai tempat inisiasi pada pencangkakan beberapa monomer rantai bercabang pada rantai utama (Rinawita, 2011). Pada proses *grafting*, pertama-tama monomer akan bereaksi dengan inisiator untuk menyusun radikal bebas dalam suatu sistem larutan dan kemudian akan terjadi reaksi antar monomer membentuk homopolimer.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer dalam memodifikasi pati agar menghasilkan produk karet alam dengan sifat mekanik yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah karet alam lateks dengan 60% Dried Rubber Content (DRC), pati (*starch*) dari kulit pisang, inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 99% pure analysis (*merck*), monomer asam akrilat, triton x-100 pure analysis, gas N_2 dan aquadest.

Beberapa variabel proses yang diberikan adalah variabel bebas berupa konsentrasi kalium persulfat 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% serta jumlah asam akrilat 22%, 24%, 26%, 28% dan 30% terhadap berat pati (*starch*).

Modifikasi terhadap pati adalah *pretreatment* terhadap pati dengan melakukan proses gelatinisasi yaitu menambahkan pati ke dalam sejumlah air. Proses gelatinisasi dilakukan tanpa oksigen, sehingga saat melakukan gelatinisasi gas nitrogen ikut dialirkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen yang masuk ke dalam proses. Oksigen dapat mengganggu proses gelatinisasi karena dapat menonaktifkan radikal bebas yang telah terbentuk (Nurdin dkk, 2015).

Commented [FA1]: Mohon diberikan penjelasan karet jenis apa yang digunakan? apakah ada informasi tentang klon karet?
Lokasi penelitian mohon diinformasikan.

Commented [FA2]: Mohon penjelasan untuk mengukur dan memperoleh DRC 60%.

Gelatinisasi untuk pati termodifikasi dimulai dengan memanaskan aquadest sampai suhu 80°C lalu memasukkan pati kulit pisang sebanyak 20 gram. Gelatinisasi dilakukan selama 30 menit dengan dialirkan gas nitrogen (Liu dkk, 2008). Inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat ditambahkan secara bertahap, lalu proses gelatinisasi dilanjutkan selama 2 jam dengan mengalirkan gas nitrogen pada 30 menit awal. Gelatinisasi pati tak termodifikasi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tidak menambahkan inisiator dan monomer dalam prosesnya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk gelatinisasi hanya 30 menit (Riyajan dkk, 2012).

Proses grafting untuk pati termodifikasi dan tak termodifikasi memiliki prosedur yang sama. Karet alam lateks 60% *Dried Rubber Content* (DRC) atau Kadar Karet Kering (KKK) sebanyak 40 gram KKK yang sudah diencerkan diberikan triton x-100 lalu dicampurkan dengan pati gelatinisasi yang sudah didinginkan (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Campuran di grafting dalam reaktor sederhana menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C selama 3 jam dengan dialirkan gas nitrogen selama 30 menit awal. Inisiator kalium persulfat yang sudah di variasikan ditambah secara bertahap ke dalam proses grafting (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Setelah 3 jam grafting, campuran tersebut dituangkan ke dalam *glass plate* dan didiamkan selama 3-4 hari pada suhu ruangan.

Pencucian sampel bertujuan untuk menghilangkan sisa serat tidak halus dari pati dan sisa triton x-100 (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Sampel dicuci dengan air panas pada suhu 100°C dan dilakukan secara berulang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam lalu di ukur *moisture content* nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sampel grafting menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dilakukan beberapa analisa. Analisa pertama yaitu persen grafting yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pati yang berhasil tergrafting pada karet alam sebuah sampel. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari sebuah sampel, hal ini bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses grafting dengan ditandai adanya sejumlah gugus fungsi khas dari senyawa yang akan di grafting. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana morfologi dari sebuah sampel, dalam hal ini melihat perbedaan struktur permukaan serta pesebaran pati pada sampel grafting.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Persen Grafting

Pati yang tergrafting pada karet alam lateks dihitung dengan menggunakan persamaan persen grafting.

$$\% \text{Grafting} = \frac{w_1 - w_0}{w_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W₀ = berat sebelum grafting (gram)

W₁ = berat sesudah grafting (gram)

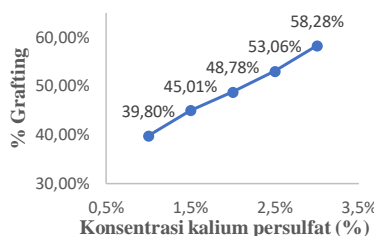
Variasi konsentrasi kalium persulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%. Karakteristik reaksi kopolimerisasi grafting yang dilakukan dengan nilai persen grafting yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Persen Grafting Variasi konsentrasi kalium persulfat

Konsentrasi kalium persulfat	Berat sebelum grafting (gram)	Berat sesudah grafting (gram)	Persen grafting
1%	40	55,9186	39,80%
1,5%	40	58,0051	45,01%
2%	40	59,5132	48,78%
2,5%	40	61,2231	53,06%
3%	40	63,3111	58,28%

Kalium persulfat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membentuk radikal bebas jika dibandingkan dengan inisiator lain sehingga efisiensi grafting akan lebih tinggi dibandingkan inisiator lainnya (Sondari dkk, 2010).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongthong dkk, (2013), efisiensi grafting akan meningkat sampai penggunaan inisiator 3%.



Gambar 1. Grafik Persen Grafting Variasi Konsentrasi Inisiator

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi inisiator kalium persulfat yang lebih tinggi menghasilkan persen grafting yang juga meningkat. Nilai persen grafting tertinggi

Commented [FA3]: 1. Berapa laju alir gas yang digunakan?
2. Bagaimana cara mengalirkannya kedalam gelatinnya?
Sedangkan temperatur operasi cukup panas

Commented [FA4]: Berapa ketebalan grafting pada penelitian ini?

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

diperoleh pada konsentrasi kalium persulfat 3% yaitu sebesar 58,28%. Hal ini dibuktikan oleh Pulungan dkk, (2017) bahwa persen *grafting* pati pada karet alam lateks meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inisiator yang digunakan. Dapat disimpulkan bahwa proses *grafting* pati pada karet alam dengan inisiator kalium persulfat melalui mekanisme proses pembentukan radikal.

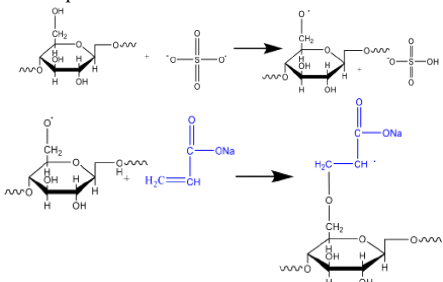
Menurut Eddiyanto dkk. (2012), reaksi yang terjadi oleh radikal bebas dari inisiator merupakan awal kalium persulfat untuk membentuk radikal bebas yang menyerang rantai karet alam sehingga membentuk radikal bebas karet alam lateks.



(Sumber: Laksanawati, 2019)

Konsentrasi inisiator mempunyai peranan penting dalam pembentukan situs aktif dalam polimer. Semakin besar konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin besar juga situs aktif (makroradikal) yang terbentuk pada karet alam lateks untuk menginisiasi polimerisasi *grafting* (Suka dan Wasinton, 2007).

Ketika larutan inisiator kalium persulfat dipanaskan, radikal sulfat terbentuk untuk mengawali proses polimerisasi. Turunnya persulfat menjadi radikal bebas lalu akan menginisiasi gugus -OH pati.



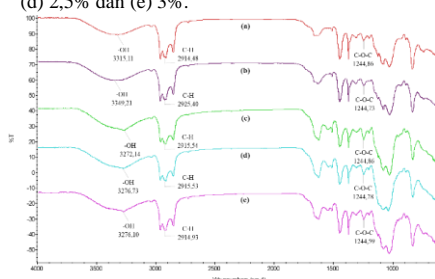
(Sumber: Laksanawati, 2019)

Penggunaan inisiator dalam proses *grafting* dilakukan sampai batas optimum. Ketika penambahan inisiator sudah melebihi batas optimum maka nilai persen *grafting* akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak inisiator yang ditambahkan akan menyebabkan semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *chain transfer* (Sondari dkk, 2010).

3.2 Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 2**, menunjukkan hasil uji FTIR untuk sampel dengan variasi konsentrasi inisiator. Inisiator yang digunakan adalah kalium persulfat

dengan variasi konsentrasi (a) 1%, (b) 1,5%, (c) 2%, (d) 2,5% dan (e) 3%.



Gambar 2. Spektrum FTIR pada Variasi Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat

Dari **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak di berbagai panjang gelombang menunjukkan kemiripan yang menandakan bahwa setiap sampel memiliki ikatan atau gugus yang hampir sama. Bilangan gelombang yang pertama terdapat pada rentang 3315,11 – 3276,10 cm⁻¹ yang menandakan adanya gugus hidroksil -OH (Afif dkk, 2018). Gugus hidroksil ini menandakan adanya pati di dalam sampel *grafting* tersebut.

Gugus C-O-C khas pati pada sampel variasi inisiator menunjukkan panjang gelombang yang berkisar dari 1244,59 – 1244,86 cm⁻¹. Tidak ada perbedaan yang signifikan dari 5 sampel variasi konsentrasi inisiator dikarenakan pada setiap sampel terdapat perlakuan yang sama, jumlah bahan baku berupa pati dan karet alam yang sama.

Perbedaan panjang gelombang pada **Gambar 2** ditunjukkan dari tajam atau tidaknya panjang gelombang grafik *transmittance* FTIR yang merupakan ukuran seberapa besar cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh sampel.

3.3 Pengaruh Variasi Monomer Terhadap Persen Grafting

Mekanisme *grafting* pati ke karet alam menggunakan inisiator kalium persulfat optimum dan monomer asam akrilat. Konsentrasi inisiator kalium persulfat maksimal didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *grafting* menggunakan pati tak termodifikasi yaitu sebesar 3%. Konsentrasi inisiator yang optimum digunakan untuk melanjutkan proses *grafting* dengan pati termodifikasi.

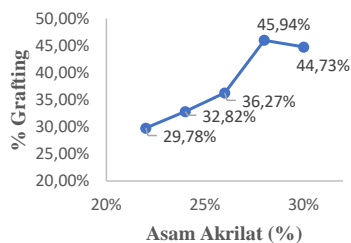
Commented [FA5]: Sebaiknya dibuat reaksi ini dalam bentuk Gambar 2.

Commented [FA6]: 1. Skema ini dibuat Gambar. 3
2. Tolong dalam reaksi ini tidak ada senyawa poliisoprena. Senyawa pati saja yang tertulis. Tolong dicek lagi reaksi tsb.

Tabel 2. Hasil Persen *Grafting* Variasi Jumlah Monomer pada konsentrasi KPS 3%

Jumlah asam akrilat (persen berat)	Berat sebelum <i>grafting</i> (gram)	Berat sesudah <i>grafting</i> (gram)	Persen <i>Grafting</i>
22%	40	51,9102	29,78%
24%	40	53,1285	32,82%
26%	40	54,5089	36,27%
28%	40	58,3771	45,94%
30%	40	57,8902	44,73%

Pengaruh monomer asam akrilat dengan variasi 22, 24, 26, 28 dan 30% berat dari jumlah pati telah diteliti. Hal ini mengacu pada penelitian Liu, dkk (2008) yang menggunakan jumlah monomer 24% dari jumlah pati. Hasil persen *grafting* **Gambar 3**. Menunjukkan bahwa persen *grafting* akan meningkat seiring meningkatnya jumlah asam akrilat yang digunakan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Fika dkk, (2019), meningkatnya massa monomer asam akrilat akan menyebabkan meningkatnya berat molekul dan efisiensi *grafting* dari produk.



Gambar 3. Pengaruh Persen *Grafting* pada Variasi Jumlah Monomer

Kenaikan persen *grafting* dimulai dari penggunaan monomer asam akrilat sebanyak 22% dari pati hingga jumlah asam akrilat 28% dari pati. Ketika monomer semakin banyak, maka intensitas tumbukan antar molekul asam akrilat besar, sehingga laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal akan menjadi cepat. Hal ini mengakibatkan dalam menghasilkan rantai poli asam akrilat radikal menjadi cepat sehingga pati termodifikasi asam akrilat menghasilkan persen *grafting* yang besar (Suka dan Wasinton, 2007).

Pada jumlah monomer 28% menghasilkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jumlah 28% monomer yang digunakan, laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal menjadi sangat cepat. Hal ini menyebabkan poli asam akrilat radikal yang ter

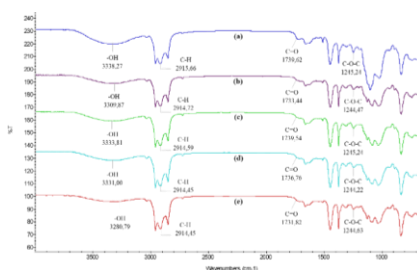
grafting pada sisi aktif polimer induk karet alam lateks menjadi sangat panjang (Laksanawati, 2019).

Pada sampel menggunakan monomer asam akrilat sebanyak 30% dari jumlah pati, menunjukkan hasil persen *grafting* yang menurun. Hal ini dikarenakan penggunaan monomer yang sudah melewati batas optimum atau sudah terlampau tinggi. Pada jumlah monomer yang terlalu besar, menyebabkan pembentukan rantai poli asam akrilat radikal yang terlalu panjang (Pratama dkk, 2011). Rantai yang terlalu panjang ini akan menyebabkan poli asam akrilat radikal sulit bergabung dengan sisi aktif pada polimer induk karet alam lateks. Pergerakan homopolimer radikal yang sangat lambat akan mengakibatkan hanya sebagian kecil poli asam akrilat yang ter*grafting* pada karet alam lateks (Laksanawati, 2019).

Asam akrilat digunakan sebagai monomer dalam penelitian ini karena asam akrilat memiliki ikatan rangkap yang dapat menjadi radikal oleh inisiator. Radikal asam akrilat ini akan lebih mudah terikat pada karet alam (Sibarani dkk, 2018).

3.4 Pengaruh Jumlah Monomer Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 4**, menunjukkan hasil FTIR untuk sampel dengan variasi jumlah monomer asam akrilat.

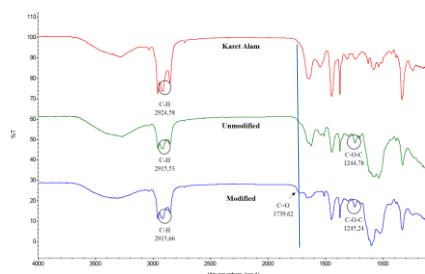


Gambar 4. Spektrum FTIR pada Variasi Jumlah Monomer Asam Akrilat

Dari analisa FTIR masing-masing sampel dengan variasi jumlah monomer terbukti bahwa pati modifikasi asam akrilat berhasil ter*grafting* pada karet alam. Terdapat gugus khas dari pati modifikasi seperti C-OH, C-O-C, C-H dan C-O pada masing-masing sampel, hanya saja masing-masing memiliki panjang gelombang berbeda. Dibandingkan hasil FTIR sampel variasi konsentrasi inisiator, hasil FTIR pada variasi jumlah monomer ini menunjukkan satu gugus yang berbeda, yaitu gugus C=O. Gugus ini merupakan asam akrilat yang membuktikan bahwa asam akrilat juga berhasil ter*grafting* ke karet alam (Fika dkk, 2019). Gugus C=O pada sampel ini terdapat pada rentang 1733,44 – 1739,54 cm^{-1} .

3.5 Pengaruh Jenis Sampel Terhadap Hasil FTIR

Sebagai kombinasi struktur kimia dari pati dan karet alam, spektrum FTIR sampel *modified* dan *unmodified* menunjukkan puncak yang termasuk dalam gugus fungsi pada karet alam dan selulosa (Laksanawati, 2019). Perbedaannya hanya terletak pada gugus asam akrilat pada sampel *modified*.



Gambar 5. Spektrum FTIR pada Jenis Sampel (a) Karet Alam Murni (b) Unmodified (c) Modified

Pada **Gambar 5**, menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan di antara spektra dari karet alam murni, *unmodified* dan *modified*. Spektra FTIR dari ketiga gambar ini menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang antara 2915,53 - 2924,58 cm^{-1} , panjang gelombang ini menunjukkan adanya gugus C-H atau gugus yang khas dari karet alam (Kurniawan dan Nirwana, 2015). Hal ini menandakan bahwa dari ketiga sampel tersebut masih terdapat karet alam sebagai bahan baku utama. Identifikasi adanya gugus khas karet alam ini menjadi penting karena karet alam akan menjadi rantai utama dimana gugus-gugus dari pati dan asam akrilat akan ter-*grafting*.

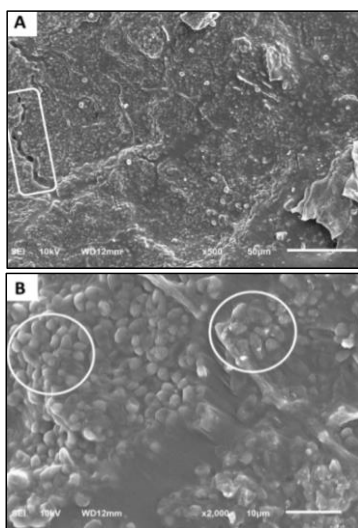
Pada **Gambar 5**. Juga menunjukkan adanya puncak baru pada panjang gelombang $1739,62 \text{ cm}^{-1}$, panjang gelombang ini menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan gugus fungsi milik asam akrilat (Rinawita, 2011). Panjang gelombang adanya gugus C=O ini tidak terlihat dari spektra FTIR untuk sampel karet alam murni karena belum diberikan monomer asam akrilat. Begitu pula dengan spektrum FTIR untuk sampel *unmodified*, pada perlakuan *unmodified*, pati yang ditambahkan tidak ter-*grafting* dengan monomer asam akrilat, maka dari itu panjang gelombang yang menunjukkan gugus C=O tidak terlihat pada spektrum FTIR sampel *unmodified*.

Adanya gugus C=O pada sampel *modified* ini menandakan bahwa asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam (Rinawita, 2011). Hal yang sama juga ditemukan untuk gugus C-O-C milik pati. Gugus C-O-C yang muncul pada spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dari pati yang ter-*grafting* pada rantai utama (Riyajan dan

Keawittarir, 2019), sehingga proses *grafting* sampel *unmodified* dan *modified* dapat dikatakan berhasil.

3.6 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil analisa SEM pada jenis sampel menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dapat diamati pada **Gambar 6** berikut.



Gambar 6. Hasil Analisa SEM Sampel Unmodified (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Gambar 6 (a) menunjukkan hasil analisa SEM sampel *unmodified* dengan perbesaran 500x. Pada hasil analisa ini terlihat permukaan sampel yang tidak terlalu halus, menurut penelitian yang dilakukan Wahyuni (2018) hal ini menandakan adanya molekul pati yang tersebar secara tidak merata dengan bentuk yang tidak beraturan. Partikel pati pada **Gambar 6**. terlihat pada area yang berwarna abu-abu terang sedangkan karet alam berwarna abu-abu gelap. Pada sampel *unmodified* (a) terdapat retakan, hal ini dikarenakan unsur-unsur yang bereaksi pada sampel *unmodified* menghasilkan interaksi antar partikel yang lemah, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang buruk dari sampel *unmodified* (Min dan Rashid, 2013).

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Mekanis

Uji Mekanis	Sampel	
	Modified	Unmodified
Elongation at break, %	300	280
Compression set, %	40,98	30,87

Pada **Tabel 3**. Menunjukkan hasil uji sifat mekanis sampel *unmodified* dan *modified*. Dari tabel dapat dilihat bahwa penggunaan sampel *modified*

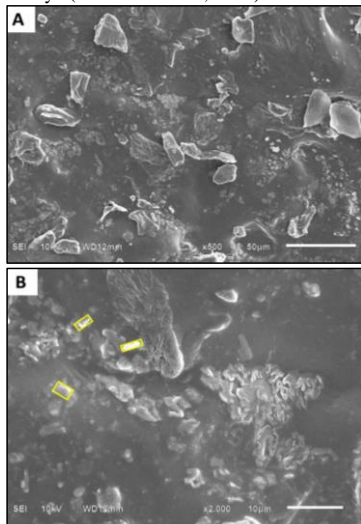
Commented [FA7]: Apakah nama penulis?

Commented [FA8]: Justru perbedaan yang sangat terlihat pada panjang gelombang 1100 cm^{-1} . Tolong dicek lagi.

menghasilkan sifat uji mekanis yang lebih unggul dari *unmodified*. Sifat mekanis *elongation at break* atau perpanjangan putus sampel *modified* menunjukkan persentase yang lebih besar yakni 300% sedangkan *unmodified* sebesar 280%. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang potongan uji mekanis karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus ini bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik (Nasruddin, 2010).

Sifat mekanis berikutnya yaitu *compression set* atau pemampatan tetap. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama. Nilai *compression set* sampel *modified* juga menunjukkan persentase yang lebih besar dibandingkan *unmodified*.

Penurunan sifat mekanik ini dikarenakan pada proses pembuatan sampel, pati yang digunakan tidak dimodifikasi. Pati yang tak termodifikasi hanya akan bertindak sebagai pengisi *inert* sehingga tidak memberikan sifat mekanik yang baik pada produknya (Min dan Rashid, 2013).



Gambar 7. Hasil Analisa SEM Sampel *Modified* (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Gambar 7 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada sampel *modified*. Jika dibandingkan dengan sampel *unmodified* sebelumnya, molekul pati pada permukaan sampel *modified* tersebar lebih sedikit. Hal ini dibuktikan dari pengambilan gambar dengan perbesaran 2000x. Permukaan yang

dihasilkan terlihat tidak terlalu bergelombang jika dibandingkan dengan sampel *unmodified*.

Pada sampel *modified*, tidak terdapat retakan. Tidak adanya retakan pada sampel ini menandakan bahwa pati yang termodifikasi lebih terdistribusi dengan baik. Retakan tidak terjadi pada sampel *modified* dikarenakan interaksi antar partikel yang terdapat dalam sampel kuat, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sampel tersebut (Min dan Rashid, 2013). Permukaan yang cukup merata pada sampel menandakan hasil *grafting* dapat dikatakan berhasil dengan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inisiator dan monomer dalam proses *grafting* sangat berpengaruh pada persen *grafting*. Persen *grafting* tertinggi yaitu 58,28% dengan menggunakan konsentrasi kalium persulfat 3%. Semakin tinggi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin tinggi nilai persen *grafting* yang dihasilkan.

Konsentrasi inisiator kalium persulfat optimum adalah 3% dengan hasil persen *grafting* yang didapatkan pada kondisi tersebut adalah 29,78%, 32,82%, 36,27%, 45,94% dan 44,73%. Nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94% merupakan penambahan jumlah monomer asam akrilat sebanyak 28. Nilai persen *grafting* pada variasi jumlah monomer asam akrilat cenderung semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah monomer yang ditambahkan.

Hasil FTIR sampel *modified* menunjukkan adanya gugus fungsi pati yaitu C-O-C pada rentang panjang gelombang sekitar $1244,78\text{ cm}^{-1}$ dan gugus asam akrilat C=O pada rentang panjang gelombang $1739,62\text{ cm}^{-1}$ yang membuktikan bahwa *grafting* berhasil dilakukan. Analisa SEM pada sampel *modified* pati terdistribusi dengan baik dengan penambahan monomer asam akrilat sehingga sifat mekanik akan yang baik dibandingkan *unmodified*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0017/UN9.3.1/SK.LP2M.PT/2022 tanggal 15 Juni 2022.

DAFTAR PUSTAKA

Afif, M. N., Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 102-109.

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

- Alam, P.N., dan Rihayat, T. 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1): 1-6.
- Eddiyanto, M.S. 2012. *Grafting* Maleat Anhidrat pada Karet Alam Siklis (*Cyclic Natural Rubber/Cnr*) dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. *Agrium*, 1(1): 128-133.
- Fika, W., dkk. 2019. Rasio Pati dan Asam Akrilat terhadap Kapasitas Absorpsi pada Sintesis Komposit Polimer Superabsorben. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20(2): 111-119.
- Handayani, H., Maspanger, D.H., dan Radiman, C.H. 2016. Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2): 65-74.
- Hidayani, T.R., Akli, K., dan Samah, S.D. 2018. Grafting Polipropilena dengan Maleat Anhidrida sebagai Pengikat Silang dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Eksakta*, 19(1): 59-61.
- Khairuddin, N., dan Muhamad, I. I. 2009. Antimicrobial Effects on Starch-Based Films Incorporated with Lysozymes. *Pertanika Journal of Sciences and Technology*, 17(1): 8.
- Kurniawan, D., Nirwana. Dan Bahrudin. 2015. Epoksidasi Karet Alam dengan Menggunakan Surfaktan Amonium Lauril Sulfat sebagai Wetting Agent. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-4.
- Laksanawati, T.A. 2019. Sintesis dan Karakteristik Gel Komposit Starch-Graft-Acrylic Acid/Bentonite dengan Bahan Jaringan N,N-Methylenebisacrylamide untuk EOR. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu, C., Shao, Y., dan Jia, D.. 2008. Chemically Modified Starch Reinforced Natural Rubber Composites. *Journal Polymer*, 49(8): 2176-2181.
- Mardiyati dan Steven. 2014. Acrylic Sebagai Compatibilizer Agent pada Plastik Pati Tapioka/ Lateks Karet Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(1): 33.
- Min, L.X., dan A.Rashid, A. 2013. Effect of Modified Tapioca Starch on Mechanical Properties of Styrene-Grafted Natural-Rubber/Starch Composites. *International Journal Materials Engineering Innovation*. 4(3): 265-266. <https://dx.doi.org/10.1504/IJMATEI.2013.057152>.
- Nasruddin. 2010. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Membran dari Berbagai Formula Kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*. 21(37): 60-71.
- Nurdin, S. U., dkk. 2015. *Manfaat Herbal Indonesia*. Plantaxia: Yogyakarta
- Octavia, J. 2008. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan, Inisiator dan Monomer terhadap Ukuran Partikel pada Polimerisasi Stirena. *Skripsi*. Departemen Kimia, Universitas Indonesia.
- Pratama, I.G.D.Y., Ida, A.R.A.A., dan James, S. 2011. Studi Kopolimerisasi Grafting Asam Akrilat (AA) pada Polietilen (PE) dengan Inisiator H₂O₂/Fe²⁺ sebagai Penukar Kation. *Jurnal Kimia*, 5(2): 143 – 155.
- Pulungan, A.N., Basuki, W., Eddiyanto., dan Sunit, H. 2017. *Grafting* Maleat Anhidrida pada Lateks Karet Alam dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan. 28 September: 24-30.
- Rinawita, 2011. Modifikasi Selulosa dengan Teknik Pencangkokan dan Penautan Silang Menggunakan Akrilamida. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor.
- Ritonga, A.H., Aritonang, B., dan Zai, L.I.P. 2018. Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1): 42-43.
- Riyajan, S., dan Keawittarit. 2016. A Novel Natural Rubber-graft-cassava Starch Foam for Oil/Gasohol Absorption. *Polym Int.*, 65(1): 491-502.
- Riyajan, S., Yodsathorn, S., dan Pranee, P. 2012. Green Natural Rubber-g-Modified Starch For Controlling Urea Release. *Carbohydrate Polymers*, 89(1): 251-258.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1): 54-60.
- Setiorini, I. A. 2019. Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2): 41-44.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati., Manuntun, M., dan Ni, M.P. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli(Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation Cu²⁺, Pb²⁺ dan Cr³⁺. *Cakra Kimia*, 6(2): 98-105.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K.A. dan Surasno. 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxodysulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Suka, I.G., dan Wasinton, S. 2007. Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH melalui Grafting Asam Akrilat yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(2): 148-157.
- Wahyuni, S. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Beras Patah (*Oryza sativa* L. dengan Penambahan Gliserol dan Ekstrak Jahe

Commented [FA10]: Hapus spasi yg berlebih dan penulisan senyawa kimia tolong diperbaiki

Commented [FA11]: Tolong ditulis Italic

Commented [FA12]: Tolong ditulis Italic

Commented [FA9]: Tolong tulis nama penulis yang lengkap

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

(*Zingiber officinale* Riscoe). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Wongthong, P., dkk. 2013. Modification of Deproteinized Natural Rubber via Grafting Polymerization with Maleic Anhydride. *European Polymer Journal*, 49(1): 4035-4046.

Widyaningsih, S., Karika, D., dan Nurhayati, Y. T. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Moleku*, 7(1): 69-81.

Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen *Grafting* Karet Alam/*Starch*

Effect of Potassium Persulfate and Acrylic Acid Monomer Concentration on The Grafting Percentage of Natural Rubber/*Starch*

Abstrak

Modifikasi karet alam menggunakan pati (*starch*) dilakukan untuk meningkatkan kualitas karet alam serta meningkatkan kekuatan mekanis. Pati termasuk polimer yang sering dikembangkan dengan monomer atau beberapa polimer, karena memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Modifikasi karet alam menggunakan pati dilakukan dengan menambahkan kalium persulfat sebagai inisiator dan asam akrilat sebagai monomer. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer terhadap persen *grafting* karet alam/*starch*, spektrum karet alam/pati dengan asam akrilat, dan morfologi hasil *grafting* karet alam dengan membandingkan pati termodifikasi dan tak termodifikasi. Variasi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan berkisar 1 – 3%, sedangkan variasi jumlah monomer asam akrilat berkisar 22 – 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu pada konsentrasi inisiator 3% yaitu sebesar 58,28%, sedangkan variasi monomer menunjukkan hasil optimum pada penambahan monomer 28% dari pati yaitu 45,94%. Hasil *Fourier Transform Infrared (FTIR)* pada sampel menunjukkan munculnya *peak* pada panjang gelombang sekitar 1244,78 cm^{-1} yaitu gugus C-O-C yang menandakan adanya senyawa pati serta panjang gelombang sekitar 1739,62 cm^{-1} yaitu gugus C=O yang menandakan adanya asam akrilat. Morfologi sampel *grafting* karet alam dengan pati termodifikasi menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pati tak termodifikasi.

Kata Kunci: asam akrilat, *grafting*, kalium persulfat, karet alam, pati

Abstract

The modification of natural rubber with starch was carried out to improve the quality of natural rubber and increase its mechanical strength. Due to its high tensile strength properties, starch is always used for polymer modification combined with monomers and other polymers. The modification of natural rubber with starch was carried out by potassium persulfate as an initiator and acrylic acid as a monomer. This study aims to determine the effect of initiator and monomer concentration on the grafting percent, the spectrum of NR/*starch*-acrylic acid, and morphology results of natural rubber grafting using modified and unmodified starch. Process optimization is carried out by varying the initiator concentration 1% to 3% and monomer concentration 22% to 30%. The grafting percentages showed that sample with 3% initiator concentration and sample with 28% monomer addition have the highest grafting percentage, they are 58,28% and 45,94%, respectively. The *Fourier Transform Infrared (FTIR)* results showed the presence of the functional group of starch (C-O-C) at wavenumber 1244,78 cm^{-1} and the functional group of acrylic acid (C=O) at wavenumber 1739,62 cm^{-1} . The morphology results showed that samples with modified starch had better results than samples with unmodified starch.

Keywords: acrylic acid, *grafting*, natural rubber, potassium persulfate, starch.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil tanaman karet alam terbesar di dunia. Karet alam memiliki sejumlah sifat unggul, seperti

kekuatan dan elastisitas tarik yang tinggi, ketahanan kiris dan sobek, serta daya rekat yang baik. Namun, karet alam tidak dapat dibandingkan dengan beberapa jenis karet sintetis, karena karet alam tidak

Received _____, Revised _____, Accepted for publication _____

tahan terhadap sinar matahari, oksigen, ozon, pelarut dan minyak (Alam dan Rihayat, 2007).

Berbagai modifikasi produk karet alam yang melibatkan perubahan secara fisik maupun kimia pada struktur molekul karet alam sehingga akan menghasilkan material baru (Handayani dkk, 2016).

Modifikasi karet alam dengan menambahkan bahan penguat dapat menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada karet alam. Salah satu bahan pengisi yang umum digunakan dalam modifikasi adalah pati dengan metode pencangkakan (*grafting*) (Ritonga dkk, 2018). Teknik *grafting* yang digunakan untuk modifikasi polimer akan diawali dengan pembentukan situs aktif yang dapat berupa radikal atau ion bebas. Radikal atau ion bebas ini akan terlebih dahulu terbantu pada monomer atau polimer induknya (Hidayani dkk, 2018).

Pati merupakan bahan yang terbarukan dengan jumlah yang melimpah di alam, tidak beracun, terbarukan dan harganya yang tidak terlalu mahal (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Pati termasuk polimer hayati yang sering dikembangkan sebagai bioplastik karena sifat mekanik berupa kekuatan tariknya yang tinggi tetapi ketahanan airnya yang rendah (Mardiyati dan Steven, 2014). Sementara, karet alam merupakan polimer alam dengan elongasi tinggi dan tahan air. Pencampuran pati dan karet alam, diharapkan akan memperoleh sifat unggul dari masing-masing polimer tersebut (Mardiyati dan Steven, 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan meng-*grafting*kan karet alam dan pati kulit pisang menggunakan monomer asam akrilat dan inisiator kalium persulfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu (2008) mengungkapkan bahwa penggunaan pati termodifikasi yang di-*grafting* ke karet alam jauh lebih unggul daripada pati tak termodifikasi.

Inisiator adalah sumber dari radikal bebas yang terdapat di alam polimerisasi emulsi (Octavia, 2008). Inisiator yang umumnya dipakai dalam proses polimerisasi emulsi adalah inisiator yang cepat larut dalam air. Konsentrasi inisiator dapat mempengaruhi jumlah partikel polimer yang akan terbentuk dalam tahap nukleasi pada saat polimerisasi emulsi. Kalium persulfat merupakan garam dengan memiliki rumus $K_2S_2O_8$ yang berbentuk berupa padatan kristal yang memiliki warna putih dan tidak berbau. Kalium persulfat biasanya digunakan sebagai inisiator radikal. Radikal bebas dari kalium persulfat yang telah terbentuk yang digunakan sebagai inisiator untuk memicu terjadinya polimerisasi.

Monomer merupakan struktur molekul yang secara kimiawi dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk molekul polimer yang berulang dengan memiliki ukuran yang panjang. Dalam proses *grafting*, monomer dan inisiator

adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam prosesnya.

Metode *grafting* merupakan yang paling umum digunakan didasarkan pada aktivitas dari rantai utama polimer, sebagai tempat inisiasi pada pencangkakan beberapa monomer rantai bercabang pada rantai utama (Rinawita, 2011). Pada proses *grafting*, pertama-tama monomer akan bereaksi dengan inisiator untuk menyusun radikal bebas dalam suatu sistem larutan dan kemudian akan terjadi reaksi antar monomer membentuk homopolimer.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer dalam memodifikasi pati agar menghasilkan produk karet alam dengan sifat mekanik yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah karet alam lateks dengan 60% *Dried Rubber Content* (DRC), pati (*starch*) dari kulit pisang, inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 99% *pure analysis* (*merck*), monomer asam akrilat, triton x-100 *pure analysis*, gas N_2 dan aquadest.

Beberapa variabel proses yang diberikan adalah variabel bebas berupa konsentrasi kalium persulfat 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% serta jumlah asam akrilat 22%, 24%, 26%, 28% dan 30% terhadap berat pati (*starch*).

Modifikasi terhadap pati adalah *pretreatment* terhadap pati dengan melakukan proses gelatinisasi yaitu menambahkan pati ke dalam sejumlah air. Proses gelatinisasi dilakukan tanpa oksigen, sehingga saat melakukan gelatinisasi gas nitrogen ikut dialirkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen yang masuk ke dalam proses. Oksigen dapat mengganggu proses gelatinisasi karena dapat menonaktifkan radikal bebas yang telah terbentuk (Nurdin dkk, 2015).

Gelatinisasi untuk pati termodifikasi dimulai dengan memanaskan aquadest sampai suhu 80°C lalu memasukkan pati kulit pisang sebanyak 20 gram. Gelatinisasi dilakukan selama 30 menit dengan dialirkan gas nitrogen (Liu dkk, 2008). Inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat ditambahkan secara bertahap, lalu proses gelatinisasi dilanjutkan selama 2 jam dengan mengalirkan gas nitrogen pada 30 menit awal. Gelatinisasi pati tak termodifikasi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tidak menambahkan inisiator dan monomer dalam prosesnya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk gelatinisasi hanya 30 menit (Riyajan dkk, 2012).

Proses grafting untuk pati termodifikasi dan tak termodifikasi memiliki prosedur yang sama. Karet alam lateks 60% *Dried Rubber Content* (DRC) atau Kadar Karet Kering (KKK) sebanyak 40 gram KKK yang sudah diencerkan diberikan triton x-100 lalu dicampurkan dengan pati gelatinisasi yang sudah didinginkan (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Campuran di grafting dalam reaktor sederhana menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C selama 3 jam dengan dialirkan gas nitrogen selama 30 menit awal. Inisiator kalium persulfat yang sudah di variasikan ditambah secara bertahap ke dalam proses grafting (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Setelah 3 jam grafting, campuran tersebut dituangkan ke dalam *glass plate* dan didiamkan selama 3-4 hari pada suhu ruangan.

Pencucian sampel bertujuan untuk menghilangkan sisa serat tidak halus dari pati dan sisa triton x-100 (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Sampel dicuci dengan air panas pada suhu 100°C dan dilakukan secara berulang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam lalu di ukur *moisture content* nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sampel grafting menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dilakukan beberapa analisa. Analisa pertama yaitu persen grafting yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pati yang berhasil tergrafting pada karet alam sebuah sampel. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari sebuah sampel, hal ini bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses grafting dengan ditandai adanya sejumlah gugus fungsi khas dari senyawa yang akan di grafting. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana morfologi dari sebuah sampel, dalam hal ini melihat perbedaan struktur permukaan serta persebaran pati pada sampel grafting.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Persen Grafting

Pati yang tergrafting pada karet alam lateks dihitung dengan menggunakan persamaan persen grafting.

$$\%Grafting = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W₀ = berat sebelum grafting (gram)

W₁ = berat sesudah grafting (gram)

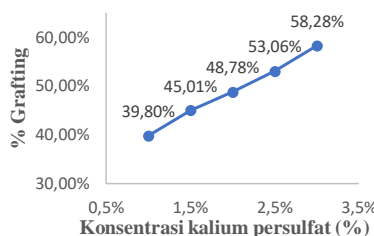
Variasi konsentrasi kalium persulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%. Karakteristik reaksi kopolimerisasi grafting yang dilakukan dengan nilai persen grafting yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Persen Grafting Variasi konsentrasi kalium persulfat

Konsentrasi kalium persulfat	Berat sebelum grafting (gram)	Berat sesudah grafting (gram)	Persen grafting
1%	40	55,9186	39,80%
1,5%	40	58,0051	45,01%
2%	40	59,5132	48,78%
2,5%	40	61,2231	53,06%
3%	40	63,3111	58,28%

Kalium persulfat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membentuk radikal bebas jika dibandingkan dengan inisiator lain sehingga efisiensi grafting akan lebih tinggi dibandingkan inisiator lainnya (Sondari dkk, 2010).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongthong dkk, (2013), efisiensi grafting akan meningkat sampai penggunaan inisiator 3%.



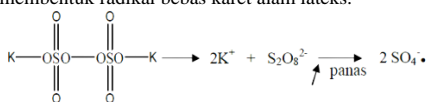
Gambar 1. Grafik Persen Grafting Variasi Konsentrasi Inisiator

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi inisiator kalium persulfat yang lebih tinggi menghasilkan persen grafting yang juga meningkat. Nilai persen grafting tertinggi

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

diperoleh pada konsentrasi kalium persulfat 3% yaitu sebesar 58,28%. Hal ini dibuktikan oleh Pulungan dkk, (2017) bahwa persen *grafting* pati pada karet alam lateks meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inisiator yang digunakan. Dapat disimpulkan bahwa proses *grafting* pati pada karet alam dengan inisiator kalium persulfat melalui mekanisme proses pembentukan radikal.

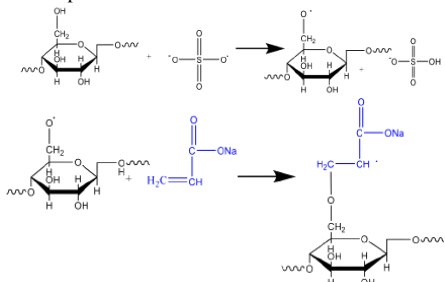
Menurut Eddiyanto dkk. (2012), reaksi yang terjadi oleh radikal bebas dari inisiator merupakan awal kalium persulfat untuk membentuk radikal bebas yang menyerang rantai karet alam sehingga membentuk radikal bebas karet alam lateks.



(Sumber: Laksanawati, 2019)

Konsentrasi inisiator mempunyai peranan penting dalam pembentukan situs aktif dalam polimer. Semakin besar konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin besar juga situs aktif (makroradikal) yang terbentuk pada karet alam lateks untuk menginisiasi polimerisasi *grafting* (Suka dan Wasinton, 2007).

Ketika larutan inisiator kalium persulfat dipanaskan, radikal sulfat terbentuk untuk mengawali proses polimerisasi. Turunnya persulfat menjadi radikal bebas lalu akan menginisiasi gugus -OH pati.



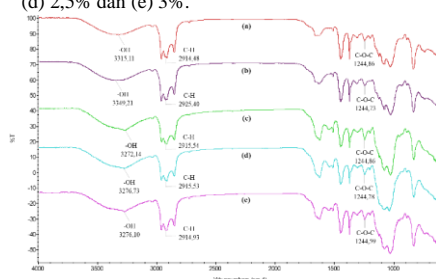
(Sumber: Laksanawati, 2019)

Penggunaan inisiator dalam proses *grafting* dilakukan sampai batas optimum. Ketika penambahan inisiator sudah melebihi batas optimum maka nilai persen *grafting* akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak inisiator yang ditambahkan akan menyebabkan semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *chain transfer* (Sondari dkk, 2010).

3.2 Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 2**, menunjukkan hasil uji FTIR untuk sampel dengan variasi konsentrasi inisiator. Inisiator yang digunakan adalah kalium persulfat

dengan variasi konsentrasi (a) 1%, (b) 1,5%, (c) 2%, (d) 2,5% dan (e) 3%.



Gambar 2. Spektrum FTIR pada Variasi Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat

Dari **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak di berbagai panjang gelombang menunjukkan kemiripan yang menandakan bahwa setiap sampel memiliki ikatan atau gugus yang hampir sama. Bilangan gelombang yang pertama terdapat pada rentang 3315,11 – 3276,10 cm⁻¹ yang menandakan adanya gugus hidroksil -OH (Afif dkk, 2018). Gugus hidroksil ini menandakan adanya pati di dalam sampel *grafting* tersebut.

Gugus C-O-C khas pati pada sampel variasi inisiator menunjukkan panjang gelombang yang berkisar dari 1244,59 – 1244,86 cm⁻¹. Tidak ada perbedaan yang signifikan dari 5 sampel variasi konsentrasi inisiator dikarenakan pada setiap sampel terdapat perlakuan yang sama, jumlah bahan baku berupa pati dan karet alam yang sama.

Perbedaan panjang gelombang pada **Gambar 2** ditunjukkan dari tajam atau tidaknya panjang gelombang grafik *transmittance* FTIR yang merupakan ukuran seberapa besar cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh sampel.

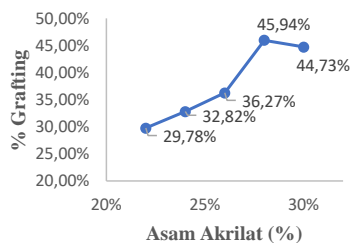
3.3 Pengaruh Variasi Monomer Terhadap Persen Grafting

Mekanisme *grafting* pati ke karet alam menggunakan inisiator kalium persulfat optimum dan monomer asam akrilat. Konsentrasi inisiator kalium persulfat maksimal didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *grafting* menggunakan pati tak termodifikasi yaitu sebesar 3%. Konsentrasi inisiator yang optimum digunakan untuk melanjutkan proses *grafting* dengan pati termodifikasi.

Tabel 2. Hasil Persen Grafting Variasi Jumlah Monomer pada konsentrasi KPS 3%

Jumlah asam akrilat (persen berat)	Berat sebelum grafting (gram)	Berat sesudah grafting (gram)	Persen Grafting
22%	40	51,9102	29,78%
24%	40	53,1285	32,82%
26%	40	54,5089	36,27%
28%	40	58,3771	45,94%
30%	40	57,8902	44,73%

Pengaruh monomer asam akrilat dengan variasi 22, 24, 26, 28 dan 30% berat dari jumlah pati telah diteliti. Hal ini mengacu pada penelitian Liu, dkk (2008) yang menggunakan jumlah monomer 24% dari jumlah pati. Hasil persen grafting Gambar 3. Menunjukkan bahwa persen grafting akan meningkat seiring meningkatnya jumlah asam akrilat yang digunakan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Fika dkk, (2019), meningkatnya massa monomer asam akrilat akan menyebabkan meningkatnya berat molekul dan efisiensi grafting dari produk.



Gambar 3. Pengaruh Persen Grafting pada Variasi Jumlah Monomer

Kenaikan persen grafting dimulai dari penggunaan monomer asam akrilat sebanyak 22% dari pati hingga jumlah asam akrilat 28% dari pati. Ketika monomer semakin banyak, maka intensitas tumbukan antar molekul asam akrilat besar, sehingga laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal akan menjadi cepat. Hal ini mengakibatkan dalam menghasilkan rantai poli asam akrilat radikal menjadi cepat sehingga pati termodifikasi asam akrilat menghasilkan persen grafting yang besar (Suka dan Wasinton, 2007).

Pada jumlah monomer 28% menghasilkan nilai persen grafting tertinggi yaitu 45,94%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jumlah 28% monomer yang digunakan, laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal menjadi sangat cepat. Hal ini menyebabkan poli asam akrilat radikal yang ter

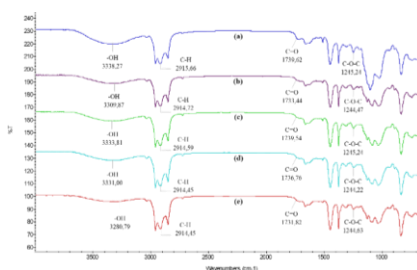
grafting pada sisi aktif polimer induk karet alam lateks menjadi sangat panjang (Laksanawati, 2019).

Pada sampel menggunakan monomer asam akrilat sebanyak 30% dari jumlah pati, menunjukkan hasil persen grafting yang menurun. Hal ini dikarenakan penggunaan monomer yang sudah melewati batas optimum atau sudah terlampau tinggi. Pada jumlah monomer yang terlalu besar, menyebabkan pembentukan rantai poli asam akrilat radikal yang terlalu panjang (Pratama dkk, 2011). Rantai yang terlalu panjang ini akan menyebabkan poli asam akrilat radikal sulit bergabung dengan sisi aktif pada polimer induk karet alam lateks. Pergerakan homopolimer radikal yang sangat lambat akan mengakibatkan hanya sebagian kecil poli asam akrilat yang tergrafting pada karet alam lateks (Laksanawati, 2019).

Asam akrilat digunakan sebagai monomer dalam penelitian ini karena asam akrilat memiliki ikatan rangkap yang dapat menjadi radikal oleh inisiator. Radikal asam akrilat ini akan lebih mudah terikat pada karet alam (Sibarani dkk, 2018).

3.4 Pengaruh Jumlah Monomer Terhadap Hasil FTIR

Pada Gambar 4. menunjukkan hasil FTIR untuk sampel dengan variasi jumlah monomer asam akrilat.

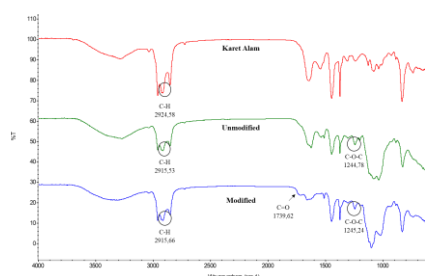


Gambar 4. Spektrum FTIR pada Variasi Jumlah Monomer Asam Akrilat

Dari analisa FTIR masing-masing sampel dengan variasi jumlah monomer terbukti bahwa pati modifikasi asam akrilat berhasil ter-grafting pada karet alam. Terdapat gugus khas dari pati modifikasi seperti C-OH, C-O-C, C-H dan C-O pada masing-masing sampel, hanya saja masing-masing memiliki panjang gelombang berbeda. Dibandingkan hasil FTIR sampel variasi konsentrasi inisiator, hasil FTIR pada variasi jumlah monomer ini menunjukkan satu gugus yang berbeda, yaitu gugus C=O. Gugus ini merupakan asam akrilat yang membuktikan bahwa asam akrilat juga berhasil ter-grafting ke karet alam (Fika dkk, 2019). Gugus C=O pada sampel ini terdapat pada rentang 1733,44 – 1739,54 cm⁻¹.

3.5 Pengaruh Jenis Sampel Terhadap Hasil FTIR

Sebagai kombinasi struktur kimia dari pati dan karet alam, spektrum FTIR sampel *modified* dan *unmodified* menunjukkan puncak yang termasuk dalam gugus fungsi pada karet alam dan selulosa (Laksanawati, 2019). Perbedaannya hanya terletak pada gugus asam akrilat pada sampel *modified*.



Gambar 5. Spektrum FTIR pada Jenis Sampel (a) Karet Alam Murni (b) Unmodified (c) Modified

Pada **Gambar 5**, menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan di antara spektra dari karet alam murni, *unmodified* dan *modified*. Spektra FTIR dari ketiga gambar ini menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang antara 2915,53 - 2924,58 cm^{-1} , panjang gelombang ini menunjukkan adanya gugus C-H atau gugus yang khas dari karet alam (Kurniawan dan Nirwana, 2015). Hal ini menandakan bahwa dari ketiga sampel tersebut masih terdapat karet alam sebagai bahan baku utama. Identifikasi adanya gugus khas karet alam ini menjadi penting karena karet alam akan menjadi rantai utama dimana gugus-gugus dari pati dan asam akrilat akan ter-*grafting*.

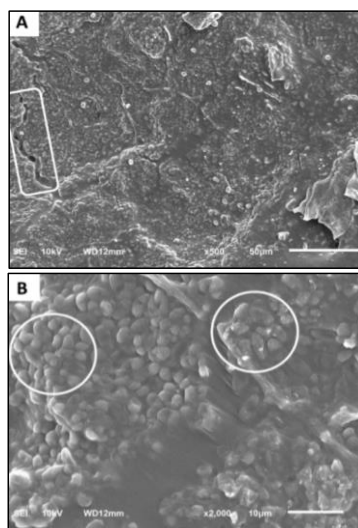
Pada **Gambar 5**, juga menunjukkan adanya puncak baru pada panjang gelombang 1739,62 cm^{-1} , panjang gelombang ini menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan gugus fungsi milik asam akrilat (Rinawita, 2011). Panjang gelombang adanya gugus C=O ini tidak terlihat dari spektra FTIR untuk sampel karet alam murni karena belum diberikan monomer asam akrilat. Begitu pula dengan spektrum FTIR untuk sampel *unmodified*, pada perlakuan *unmodified*, pati yang ditambahkan tidak ter-*grafting* dengan monomer asam akrilat, maka dari itu panjang gelombang yang menunjukkan gugus C=O tidak terlihat pada spektrum FTIR sampel *unmodified*.

Adanya gugus C=O pada sampel *modified* ini menandakan bahwa asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam (Rinawita, 2011). Hal yang sama juga ditemukan untuk gugus C-O-C milik pati. Gugus C-O-C yang muncul pada spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dari pati yang ter-*grafting* pada rantai utama (Riyajan dan

Keawittarir, 2019), sehingga proses *grafting* sampel *unmodified* dan *modified* dapat dikatakan berhasil.

3.6 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil analisa SEM pada jenis sampel menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dapat diamati pada **Gambar 6** berikut.



Gambar 6. Hasil Analisa SEM Sampel Unmodified (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Gambar 6 (a) menunjukkan hasil analisa SEM sampel *unmodified* dengan perbesaran 500x. Pada hasil analisa ini terlihat permukaan sampel yang tidak terlalu halus, menurut penelitian yang dilakukan Wahyuni (2018) hal ini menandakan adanya molekul pati yang tersebar secara tidak merata dengan bentuk yang tidak beraturan. Partikel pati pada **Gambar 6**, terlihat pada area yang berwarna abu-abu terang sedangkan karet alam berwarna abu-abu gelap. Pada sampel *unmodified* (a) terdapat retakan, hal ini dikarenakan unsur-unsur yang bereaksi pada sampel *unmodified* menghasilkan interaksi antar partikel yang lemah, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang buruk dari sampel *unmodified* (Min dan Rashid, 2013).

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Mekanis

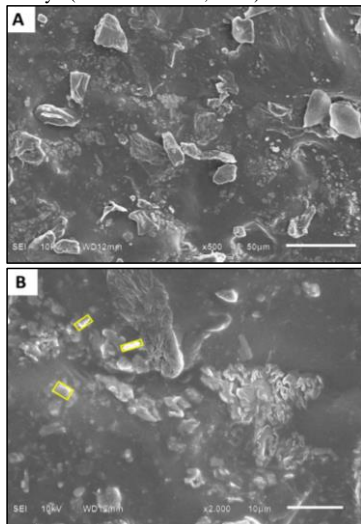
Uji Mekanis	Sampel	
	Modified	Unmodified
Elongation at break, %	300	280
Compression set, %	40,98	30,87

Pada **Tabel 3**, Menunjukkan hasil uji sifat mekanis sampel *unmodified* dan *modified*. Dari tabel dapat dilihat bahwa penggunaan sampel *modified*

menghasilkan sifat uji mekanis yang lebih unggul dari *unmodified*. Sifat mekanis *elongation at break* atau perpanjangan putus sampel *modified* menunjukkan persentase yang lebih besar yakni 300% sedangkan *unmodified* sebesar 280%. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang potongan uji mekanis karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus ini bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik (Nasruddin, 2010).

Sifat mekanis berikutnya yaitu *compression set* atau pemampatan tetap. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama. Nilai *compression set* sampel *modified* juga menunjukkan persentase yang lebih besar dibandingkan *unmodified*.

Penurunan sifat mekanik ini dikarenakan pada proses pembuatan sampel, pati yang digunakan tidak dimodifikasi. Pati yang tak termodifikasi hanya akan bertindak sebagai pengisi *inert* sehingga tidak memberikan sifat mekanik yang baik pada produknya (Min dan Rashid, 2013).



Gambar 7. Hasil Analisa SEM Sampel *Modified* (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Gambar 7 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada sampel *modified*. Jika dibandingkan dengan sampel *unmodified* sebelumnya, molekul pati pada permukaan sampel *modified* tersebar lebih sedikit. Hal ini dibuktikan dari pengambilan gambar dengan perbesaran 2000x. Permukaan yang

dihasilkan terlihat tidak terlalu bergelombang jika dibandingkan dengan sampel *unmodified*.

Pada sampel *modified*, tidak terdapat retakan. Tidak adanya retakan pada sampel ini menandakan bahwa pati yang termodifikasi lebih terdistribusi dengan baik. Retakan tidak terjadi pada sampel *modified* dikarenakan interaksi antar partikel yang terdapat dalam sampel kuat, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sampel tersebut (Min dan Rashid, 2013). Permukaan yang cukup merata pada sampel menandakan hasil *grafting* dapat dikatakan berhasil dengan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inisiator dan monomer dalam proses *grafting* sangat berpengaruh pada persen *grafting*. Persen *grafting* tertinggi yaitu 58,28% dengan menggunakan konsentrasi kalium persulfat 3%. Semakin tinggi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin tinggi nilai persen *grafting* yang dihasilkan.

Konsentrasi inisiator kalium persulfat optimum adalah 3% dengan hasil persen *grafting* yang didapatkan pada kondisi tersebut adalah 29,78%, 32,82%, 36,27%, 45,94% dan 44,73%. Nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94% merupakan penambahan jumlah monomer asam akrilat sebanyak 28. Nilai persen *grafting* pada variasi jumlah monomer asam akrilat cenderung semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah monomer yang ditambahkan.

Hasil FTIR sampel *modified* menunjukkan adanya gugus fungsi pati yaitu C-O-C pada rentang panjang gelombang sekitar $1244,78\text{ cm}^{-1}$ dan gugus asam akrilat C=O pada rentang panjang gelombang $1739,62\text{ cm}^{-1}$ yang membuktikan bahwa *grafting* berhasil dilakukan. Analisa SEM pada sampel *modified* pati terdistribusi dengan baik dengan penambahan monomer asam akrilat sehingga sifat mekanik akan yang baik dibandingkan *unmodified*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0017/UN9.3.1/SK.LP2M.PT/2022 tanggal 15 Juni 2022.

DAFTAR PUSTAKA

Afif, M. N., Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 102-109.

Commented [EO1]: Kesimpulan terlalu panjang, disesuaikan kembali dengan tujuan penelitian di awal. Jika ada kuantitatif ditampilkan secara ringkas dan jelas.

- Alam, P.N., dan Rihayat, T. 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1): 1-6.
- Eddiyanto, M.S. 2012. *Grafting* Maleat Anhidrat pada Karet Alam Siklis (*Cyclic Natural Rubber/Cnr*) dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. *Agrium*, 1(1): 128-133.
- Fika, W., dkk. 2019. Rasio Pati dan Asam Akrilat terhadap Kapasitas Absorpsi pada Sintesis Komposit Polimer Superabsorben. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20(2): 111-119.
- Handayani, H., Maspanger, D.H., dan Radiman, C.H. 2016. Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2): 65-74.
- Hidayani, T.R., Akli, K., dan Samah, S.D. 2018. Grafting Polipropilena dengan Maleat Anhidrida sebagai Pengikat Silang dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Eksakta*, 19(1): 59-61.
- Khairuddin, N., dan Muhamad, I. I. 2009. Antimicrobial Effects on Starch-Based Films Incorporated with Lysozymes. *Pertanika Journal of Sciences and Technology*, 17(1): 8.
- Kurniawan, D., Nirwana. Dan Bahrudin. 2015. Epoksidasi Karet Alam dengan Menggunakan Surfaktan Amonium Lauril Sulfat sebagai Wetting Agent. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-4.
- Laksanawati, T.A. 2019. Sintesis dan Karakteristik Gel Komposit Starch-Graft-Acrylic Acid/Bentonite dengan Bahan Jaringan N,N-Methylenebisacrylamide untuk EOR. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu, C., Shao, Y., dan Jia, D.. 2008. Chemically Modified Starch Reinforced Natural Rubber Composites. *Journal Polymer*, 49(8): 2176-2181.
- Mardiyati dan Steven. 2014. Acrylic Sebagai Compatibilizer Agent pada Plastik Pati Tapioka/ Lateks Karet Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(1): 33.
- Min, L.X., dan A.Rashid, A. 2013. Effect of Modified Tapioca Starch on Mechanical Properties of Styrene-Grafted Natural-Rubber/Starch Composites. *International Journal Materials Engineering Innovation*. 4(3): 265-266. <https://dx.doi.org/10.1504/IJMATEI.2013.057152>.
- Nasruddin. 2010. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Membran dari Berbagai Formula Kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*. 21(37): 60-71.
- Nurdin, S. U., dkk. 2015. *Manfaat Herbal Indonesia*. Plantaxia: Yogyakarta
- Octavia, J. 2008. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan, Inisiator dan Monomer terhadap Ukuran Partikel pada Polimerisasi Stirena. *Skripsi*. Departemen Kimia, Universitas Indonesia.
- Pratama, I.G.D.Y., Ida, A.R.A.A., dan James, S. 2011. Studi Kopolimerisasi Grafting Asam Akrilat (AA) pada Polietilen (PE) dengan Inisiator H₂O₂/Fe²⁺ : Sebagai Penukar Kation. *Jurnal Kimia*, 5(2): 143 – 155.
- Pulungan, A.N., Basuki, W., Eddiyanto., dan Sunit, H. 2017. *Grafting* Maleat Anhidrida pada Lateks Karet Alam dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan. 28 September: 24-30.
- Rinawita, 2011. Modifikasi Selulosa dengan Teknik Pencangkokan dan Penautan Silang Menggunakan Akrilamida. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor.
- Ritonga, A.H., Aritonang, B., dan Zai, L.I.P. 2018. Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1): 42-43.
- Riyajan, S., dan Keawittarit. 2016. A Novel Natural Rubber-graft-cassava Starch Foam for Oil/ Gasohol Absorption. *Polym Int.*, 65(1): 491-502.
- Riyajan, S., Yodsathorn, S., dan Pranee, P. 2012. Green Natural Rubber-g-Modified Starch For Controlling Urea Release. *Carbohydrate Polymers*, 89(1): 251-258.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1): 54-60.
- Setiorini, I. A. 2019. Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2): 41-44.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati., Manuntun, M., dan Ni, M.P. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli(Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation Cu²⁺, Pb²⁺ dan Cr³⁺. *Cakra Kimia*, 6(2): 98-105.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K.A. dan Surasno. 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxodysulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Suka, I.G., dan Wasinton, S. 2007. Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH melalui Grafting Asam Akrilat yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(2): 148-157.
- Wahyuni, S. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Beras Patah (*Oryza sativa* L. dengan Penambahan Gliserol dan Ekstrak Jahe

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

(*Zingiber officinale* Riscoe). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Wongthong, P., dkk. 2013. Modification of Deproteinized Natural Rubber via Grafting Polymerization with Maleic Anhydride. *European Polymer Journal*, 49(1): 4035-4046.

Widyaningsih, S., Karika, D., dan Nurhayati, Y. T. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Moleku*, 7(1): 69-81.

Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen *Grafting* Karet Alam/*Starch*

Effect of Potassium Persulfate and Acrylic Acid Monomer Concentration on The Grafting Percentage of Natural Rubber/Starch

Abstrak

Modifikasi karet alam menggunakan pati (*starch*) dilakukan untuk meningkatkan kualitas karet alam serta meningkatkan kekuatan mekanis. Pati termasuk polimer yang sering dipadukan dengan monomer atau beberapa polimer lain, karena memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Modifikasi karet alam menggunakan pati dilakukan dengan menambahkan kalium persulfat sebagai inisiator dan asam akrilat sebagai monomer. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer terhadap persen *grafting* karet alam/*starch*, spektrum karet alam/pati dengan asam akrilat, dan morfologi hasil *grafting* karet alam dengan membandingkan pati termodifikasi dan tak termodifikasi. Variasi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan berkisar 1 – 3%, sedangkan variasi jumlah monomer asam akrilat berkisar 22 – 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu pada konsentrasi inisiator 3% yaitu sebesar 58,28%, sedangkan variasi monomer menunjukkan hasil optimum pada penambahan monomer 28% dari pati yaitu 45,94%. Hasil *Fourier Transform Infrared (FTIR)* pada sampel menunjukkan munculnya *peak* pada panjang gelombang sekitar 1244,78 cm^{-1} yaitu gugus C-O-C yang menandakan adanya senyawa pati serta panjang gelombang sekitar 1739,62 cm^{-1} yaitu gugus C=O yang menandakan adanya asam akrilat. Morfologi sampel *grafting* karet alam dengan pati termodifikasi menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pati tak termodifikasi.

Kata Kunci: asam akrilat, *grafting*, kalium persulfat, karet alam, pati

Abstract

The modification of natural rubber with starch was carried out to improve the quality of natural rubber and increase its mechanical strength. Due to its high tensile strength properties, starch is always used for polymer modification combined with monomers and other polymers. The modification of natural rubber with starch was carried out by potassium persulfate as an initiator and acrylic acid as a monomer. This study aims to determine the effect of initiator and monomer concentration on the grafting percent, the spectrum of NR/starch-acrylic acid, and morphology results of natural rubber grafting using modified and unmodified starch. Process optimization is carried out by varying the initiator concentration 1% to 3% and monomer concentration 22% to 30%. The grafting percentages showed that sample with 3% initiator concentration and sample with 28% monomer addition have the highest grafting percentage, they are 58,28% and 45,94%, respectively. The Fourier Transform Infrared (FTIR) results showed the presence of the functional group of starch (C-O-C) at wavenumber 1244,78 cm^{-1} and the functional group of acrylic acid (C=O) at wavenumber 1739,62 cm^{-1} . The morphology results showed that samples with modified starch had better results than samples with unmodified starch.

Keywords: acrylic acid, *grafting*, natural rubber, potassium persulfate, starch.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil tanaman karet alam terbesar di dunia. Karet alam memiliki sejumlah sifat unggul, seperti

kekuatan dan elastisitas tarik yang tinggi, ketahanan kikis dan sobek, serta daya rekat yang baik. Namun, karet alam tidak dapat dibandingkan dengan beberapa jenis karet sintetis, karena karet alam tidak

tahan terhadap sinar matahari, oksigen, ozon, pelarut dan minyak (Alam dan Rihayat, 2007).

Berbagai modifikasi produk karet alam yang melibatkan perubahan secara fisik maupun kimia pada struktur molekul karet alam sehingga akan menghasilkan material baru (Handayani dkk, 2016).

Modifikasi karet alam dengan menambahkan bahan penguat dapat menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada karet alam. Salah satu bahan pengisi yang umum digunakan dalam modifikasi adalah pati dengan metode pencangkakan (*grafting*) (Ritonga dkk, 2018). Teknik *grafting* yang digunakan untuk modifikasi polimer akan diawali dengan pembentukan situs aktif yang dapat berupa radikal atau ion bebas. Radikal atau ion bebas ini akan terlebih dahulu terbentuk pada monomer atau polimer induknya (Hidayani dkk, 2018).

Pati merupakan bahan yang terbaru dengan jumlah yang melimpah di alam, tidak beracun, terbarukan dan harganya yang tidak terlalu mahal (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Pati termasuk polimer hayati yang sering dikembangkan sebagai bioplastik karena sifat mekanik berupa kekuatan tariknya yang tinggi tetapi ketahanan airnya yang rendah (Mardiyati dan Steven, 2014). Sementara, karet alam merupakan polimer alam dengan elongasi tinggi dan tahan air. Pencampuran pati dan karet alam, diharapkan akan memperoleh sifat unggul dari masing-masing polimer tersebut (Mardiyati dan Steven, 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan meng-*grafting*kan karet alam dan pati kulit pisang menggunakan monomer asam akrilat dan inisiator kalium persulfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu (2008) mengungkapkan bahwa penggunaan pati termodifikasi yang di-*grafting* ke karet alam jauh lebih unggul daripada pati tak termodifikasi.

Inisiator adalah sumber dari radikal bebas yang terdapat di alam polimerisasi emulsi (Octavia, 2008). Inisiator yang umumnya dipakai dalam proses polimerisasi emulsi adalah inisiator yang cepat larut dalam air. Konsentrasi inisiator dapat mempengaruhi jumlah partikel polimer yang akan terbentuk dalam tahap nukleasi pada saat polimerisasi emulsi. Kalium persulfat merupakan garam dengan memiliki rumus $K_2S_2O_8$ yang berbentuk berupa padatan kristal yang memiliki warna putih dan tidak berbau. Kalium persulfat biasanya digunakan sebagai inisiator radikal. Radikal bebas dari kalium persulfat yang telah terbentuk yang digunakan sebagai inisiator untuk memicu terjadinya polimerisasi.

Monomer merupakan struktur molekul yang secara kimiawi dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk molekul polimer yang berulang dengan memiliki ukuran yang panjang. Dalam proses *grafting*, monomer dan inisiator

adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam prosesnya.

Metode *grafting* merupakan yang paling umum digunakan didasarkan pada aktivitas dari rantai utama polimer, sebagai tempat inisiasi pada pencangkakan beberapa monomer rantai bercabang pada rantai utama (Rinawita, 2011). Pada proses *grafting*, pertama-tama monomer akan bereaksi dengan inisiator untuk menyusun radikal bebas dalam suatu sistem larutan dan kemudian akan terjadi reaksi antar monomer membentuk homopolimer.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer dalam memodifikasi pati agar menghasilkan produk karet alam dengan sifat mekanik yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan jenis karet alam lateks dengan 60% *Dried Rubber Content* (DRC), pati (*starch*) dari kulit pisang, inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 99% *pure analysis* (*merck*), monomer asam akrilat, triton x-100 *pure analysis*, gas N_2 dan aquadest. DRC dapat dihitung dengan 2 metode, yaitu membandingkan berat kering suatu sampel dengan berat basah pada sampel yang sama. Metode lainnya menggunakan alat pengukur DRC yaitu metrolak, pengukuran menggunakan alat ini hanya dilakukan dengan mencelupkan metrolak ke dalam cairan lateks yang telah diencerkan sesuai prosedur.

Beberapa variabel proses yang diberikan adalah variabel bebas berupa konsentrasi kalium persulfat 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% serta jumlah asam akrilat 22%, 24%, 26%, 28% dan 30% terhadap berat pati (*starch*). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Proses, Produk Industri Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Analisa dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia, Pusat Penelitian Karet, Bogor.

Modifikasi terhadap pati adalah *pretreatment* terhadap pati dengan melakukan proses gelatinisasi yaitu menambahkan pati ke dalam sejumlah air. Proses gelatinisasi dilakukan tanpa oksigen, sehingga saat melakukan gelatinisasi gas nitrogen ikut dialirkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen yang masuk ke dalam proses. Oksigen dapat mengganggu proses gelatinisasi karena dapat menonaktifkan radikal bebas yang telah terbentuk (Nurdin dkk, 2015).

Gelatinisasi untuk pati termodifikasi dimulai dengan memanaskan aquadest sampai suhu 80°C lalu memasukkan pati kulit pisang sebanyak 20 gram. Gelatinisasi dilakukan selama 30 menit dengan dialirkan gas nitrogen dalam tekanan atmosfer diukur menggunakan regulator gas nitrogen (Liu dkk, 2008). Nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan cara menghubungkan salah

satu lubang pada tutup reaktor ke tabung nitrogen menggunakan selang.

Inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat ditambahkan secara bertahap, lalu proses gelatinisasi dilanjutkan selama 2 jam dengan mengalirkan gas nitrogen pada 30 menit awal. Gelatinisasi pati tak termodifikasi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tidak menambahkan inisiator dan monomer dalam prosesnya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk gelatinisasi hanya 30 menit (Riyajan dkk, 2012).

Proses *grafting* untuk pati termodifikasi dan tak termodifikasi memiliki prosedur yang sama. Karet alam lateks 60% *Dried Rubber Content* (DRC) atau Kadar Karet Kering (KKK) sebanyak 40 gram KKK yang sudah diencerkan diberikan triton x-100 lalu dicampurkan dengan pati gelatinisasi yang sudah didinginkan (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Campuran di *grafting* dalam reaktor sederhana menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C selama 3 jam dengan dialirkan gas nitrogen selama 30 menit awal. Inisiator kalium persulfat yang sudah di variasikan ditambah secara bertahap ke dalam proses *grafting* (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Setelah 3 jam *grafting*, campuran tersebut dituangkan ke dalam *glass plate* dengan ketebalan sampel kurang lebih 1 cm dan didiamkan selama 3-4 hari pada suhu ruangan.

Pencucian sampel bertujuan untuk menghilangkan sisa serat tidak halus dari pati dan sisa triton x-100 (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Sampel dicuci dengan air panas pada suhu 100°C dan dilakukan secara berulang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam lalu di ukur *moisture content* nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sampel *grafting* menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dilakukan beberapa analisa. Analisa pertama yaitu persen *grafting* yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pati yang berhasil ter*grafting* pada karet alam sebuah sampel. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari sebuah sampel, hal ini bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses *grafting* dengan ditandai adanya sejumlah gugus fungsi khas dari senyawa yang akan di *grafting*. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana morfologi dari sebuah sampel, dalam hal ini melihat perbedaan struktur permukaan serta persebaran pati pada sampel *grafting*.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Persen *Grafting*

Pati yang ter*grafting* pada karet alam lateks dihitung dengan menggunakan persamaan persen *grafting*.

$$\% \text{Grafting} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W_0 = berat sebelum *grafting* (gram)

W_1 = berat sesudah *grafting* (gram)

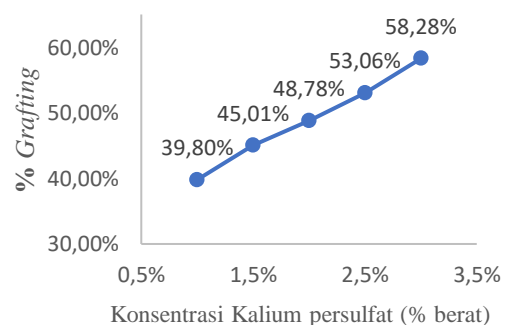
Variasi konsentrasi kalium persulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%. Karakteristik reaksi kopolimerisasi *grafting* yang dilakukan dengan nilai persen *grafting* yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Persen *Grafting* Variasi konsentrasi kalium persulfat

Konsentrasi kalium persulfat	Berat sebelum <i>grafting</i> (gram)	Berat sesudah <i>grafting</i> (gram)	Persen <i>grafting</i>
1%	40	55,9186	39,80%
1,5%	40	58,0051	45,01%
2%	40	59,5132	48,78%
2,5%	40	61,2231	53,06%
3%	40	63,3111	58,28%

Kalium persulfat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membentuk radikal bebas jika dibandingkan dengan inisiator lain sehingga efisiensi *grafting* akan lebih tinggi dibandingkan inisiator lainnya (Sondari dkk, 2010).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongthong dkk, (2013), efisiensi *grafting* akan meningkat sampai penggunaan inisiator 3%.

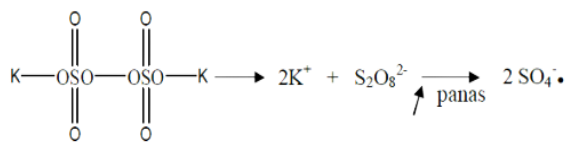


Gambar 1. Persen *Grafting* dengan Variasi Konsentrasi Kalium persulfat

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi inisiator kalium persulfat yang lebih tinggi menghasilkan persen *grafting* yang juga meningkat. Nilai persen *grafting* tertinggi diperoleh pada konsentrasi kalium persulfat 3% yaitu sebesar 58,28%. Hal ini dibuktikan oleh Pulungan dkk, (2017) bahwa persen *grafting* pati pada karet alam lateks meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inisiator yang digunakan. Dapat disimpulkan bahwa proses *grafting* pati pada

karet alam dengan inisiator kalium persulfat melalui mekanisme proses pembentukan radikal.

Menurut Eddiyanto dkk. (2012), reaksi yang terjadi oleh radikal bebas dari inisiator merupakan awal kalium persulfat untuk membentuk radikal bebas yang menyerang rantai karet alam sehingga membentuk radikal bebas karet alam lateks.

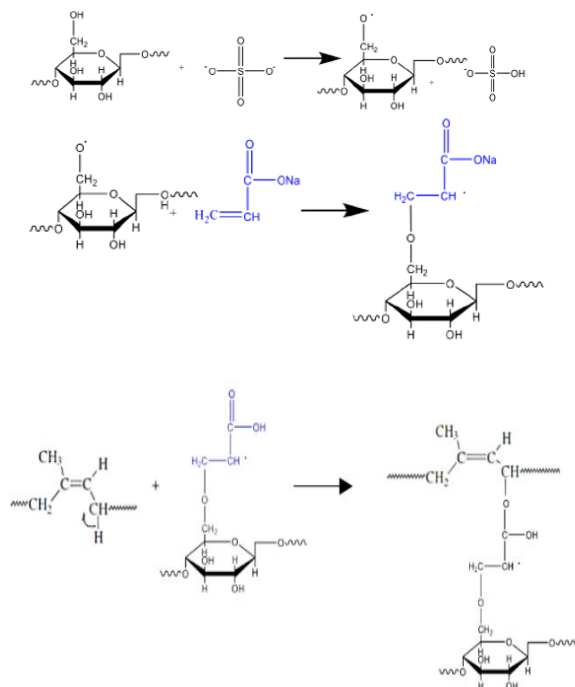


Gambar 2. Reaksi Dekomposisi Inisiator Kalium Persulfat

(Sumber: Laksanawati, 2019)

Konsentrasi inisiator mempunyai peranan penting dalam pembentukan situs aktif dalam polimer. Semakin besar konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin besar juga situs aktif (makroradikal) yang terbentuk pada karet alam lateks untuk menginisiasi polimerisasi *grafting* (Suka dan Wasinton, 2007).

Ketika larutan inisiator kalium persulfat dipanaskan, radikal sulfat terbentuk untuk mengawali proses polimerisasi. Terurainya persulfat menjadi radikal bebas lalu akan menginisiasi gugus -OH pati.



Gambar 3. Mekanisme Reaksi *Grafting* Asam Akrilat pada Pati dan Karet Alam

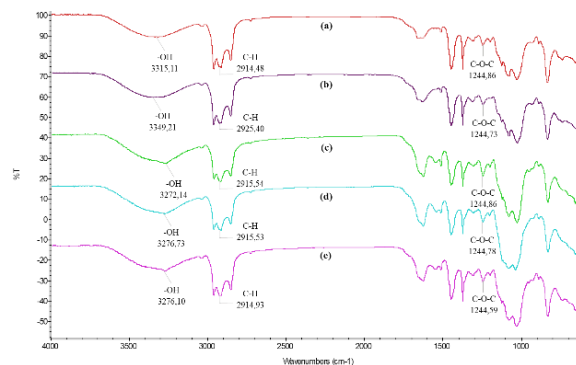
(Sumber: Laksanawati, 2019)

Penggunaan inisiator dalam proses *grafting* dilakukan sampai batas optimum. Ketika penambahan inisiator sudah melebihi batas optimum maka nilai persen *grafting* akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak inisiator yang ditambahkan akan menyebabkan semakin

banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *chain transfer* (Sondari dkk, 2010).

3.2 Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 4.** menunjukkan hasil uji FTIR untuk sampel dengan variasi konsentrasi inisiator. Inisiator yang digunakan adalah kalium persulfat dengan variasi konsentrasi (a) 1%, (b) 1,5%, (c) 2%, (d) 2,5% dan (e) 3%.



Gambar 4. Spektrum FTIR pada Variasi Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat

Dari **Gambar 4.** dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak di berbagai panjang gelombang menunjukkan kemiripan yang menandakan bahwa setiap sampel memiliki ikatan atau gugus yang hampir sama. Bilangan gelombang yang pertama terdapat pada rentang 3315,11 – 3276,10 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus hidroksil -OH (Afif dkk, 2018). Gugus hidroksil ini menandakan adanya pati di dalam sampel *grafting* tersebut.

Gugus C-O-C khas pati pada sampel variasi inisiator menunjukkan panjang gelombang yang berkisar dari 1244,59 – 1244,86 cm^{-1} . Tidak ada perbedaan yang signifikan dari 5 sampel variasi konsentrasi inisiator dikarenakan pada setiap sampel terdapat perlakuan yang sama, jumlah bahan baku berupa pati dan karet alam yang sama.

Perbedaan panjang gelombang pada **Gambar 4** ditunjukkan dari tajam atau tidaknya panjang gelombang grafik *transmittance* FTIR yang merupakan ukuran seberapa besar cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh sampel.

3.3 Pengaruh Variasi Monomer Terhadap Persen *Grafting*

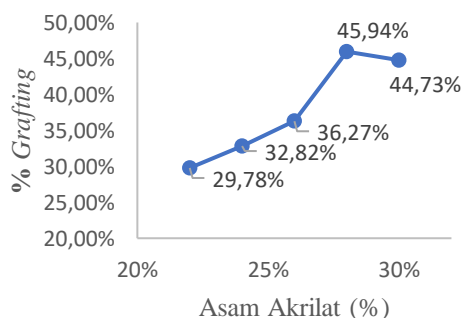
Mekanisme *grafting* pati ke karet alam menggunakan inisiator kalium persulfat optimum dan monomer asam akrilat. Konsentrasi inisiator kalium persulfat maksimal didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *grafting* menggunakan pati tak termodifikasi yaitu sebesar 3%. Konsentrasi inisiator yang optimum digunakan untuk

melanjutkan proses *grafting* dengan pati termodifikasi.

Tabel 2. Hasil Persen *Grafting* Variasi Jumlah Monomer pada konsentrasi KPS 3%

Jumlah asam akrilat (persen berat)	Berat sebelum <i>grafting</i> (gram)	Berat sesudah <i>grafting</i> (gram)	Persen <i>Grafting</i>
22%	40	51,9102	29,78%
24%	40	53,1285	32,82%
26%	40	54,5089	36,27%
28%	40	58,3771	45,94%
30%	40	57,8902	44,73%

Pengaruh monomer asam akrilat dengan variasi 22, 24, 26, 28 dan 30% berat dari jumlah pati telah diteliti. Hal ini mengacu pada penelitian Liu, dkk (2008) yang menggunakan jumlah monomer 24% dari jumlah pati. Hasil persen *grafting* di **Gambar 3**, menunjukkan bahwa persen *grafting* akan meningkat seiring meningkatnya jumlah asam akrilat yang digunakan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Fika dkk, (2019), meningkatnya massa monomer asam akrilat akan menyebabkan meningkatnya berat molekul dan efisiensi *grafting* dari produk.



Gambar 5. Pengaruh Persen *Grafting* pada Variasi Jumlah Monomer

Kenaikan persen *grafting* dimulai dari penggunaan monomer asam akrilat sebanyak 22% dari pati hingga jumlah asam akrilat 28% dari pati. Ketika monomer semakin banyak, maka intensitas tumbukan antar molekul asam akrilat besar, sehingga laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal akan menjadi cepat. Hal ini mengakibatkan dalam menghasilkan rantai poli asam akrilat radikal menjadi cepat sehingga pati termodifikasi asam akrilat menghasilkan persen *grafting* yang besar (Suka dan Wasinton, 2007).

Pada jumlah monomer 28% menghasilkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jumlah 28% monomer yang digunakan, laju propagasi rantai poli

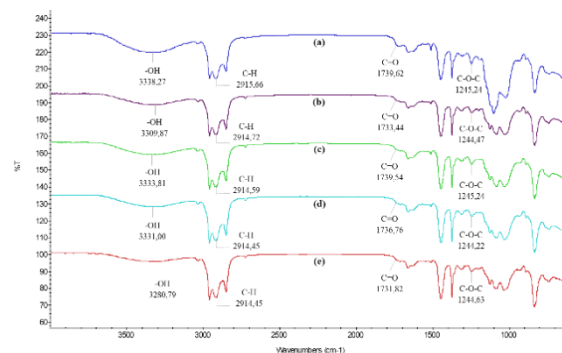
asam akrilat radikal menjadi sangat cepat. Hal ini menyebabkan poli asam akrilat radikal yang ter *grafting* pada sisi aktif polimer induk karet alam lateks menjadi sangat panjang (Laksanawati, 2019).

Pada sampel menggunakan monomer asam akrilat sebanyak 30% dari jumlah pati, menunjukkan hasil persen *grafting* yang menurun. Hal ini dikarenakan penggunaan monomer yang sudah melewati batas optimum atau sudah terlampaui tinggi. Pada jumlah monomer yang terlalu besar, menyebabkan pembentukan rantai poli asam akrilat radikal yang terlalu panjang (Pratama dkk, 2011). Rantai yang terlalu panjang ini akan menyebabkan poli asam akrilat radikal sulit bergabung dengan sisi aktif pada polimer induk karet alam lateks. Pergerakan homopolimer radikal yang sangat lambat akan mengakibatkan hanya sebagian kecil poli asam akrilat yang ter *grafting* pada karet alam lateks (Laksanawati, 2019).

Asam akrilat digunakan sebagai monomer dalam penelitian ini karena asam akrilat memiliki ikatan rangkap yang dapat menjadi radikal oleh inisiator. Radikal asam akrilat ini akan lebih mudah terikat pada karet alam (Sibarani dkk, 2018).

3.4 Pengaruh Jumlah Monomer Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 6**, menunjukkan hasil FTIR untuk sampel dengan variasi jumlah monomer asam akrilat.



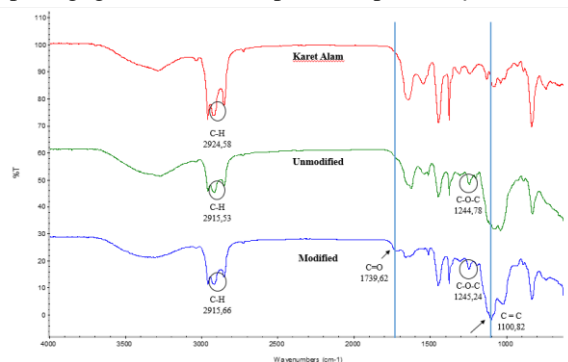
Gambar 6. Spektrum FTIR pada Variasi Jumlah Monomer Asam Akrilat

Dari analisa FTIR masing-masing sampel dengan variasi jumlah monomer terbukti bahwa pati modifikasi asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam. Terdapat gugus khas dari pati modifikasi seperti C-OH, C-O-C, C-H dan C-O pada masing-masing sampel, hanya saja masing-masing memiliki panjang gelombang berbeda. Dibandingkan hasil FTIR sampel variasi konsentrasi inisiator, hasil FTIR pada variasi jumlah monomer ini menunjukkan satu gugus yang berbeda, yaitu gugus C=O. Gugus ini merupakan asam akrilat yang membuktikan bahwa asam akrilat juga berhasil ter-*grafting* ke karet alam (Fika dkk,

2019). Gugus C=O pada sampel ini terdapat pada rentang 1733,44 – 1739,54 cm^{-1} .

3.5 Pengaruh Jenis Sampel Terhadap Hasil FTIR

Sebagai kombinasi struktur kimia dari pati dan karet alam, spektrum FTIR sampel *modified* dan *unmodified* menunjukkan puncak yang termasuk dalam gugus fungsi pada karet alam dan selulosa (Laksanawati, 2019). Perbedaannya hanya terletak pada gugus asam akrilat pada sampel *modified*.



Gambar 7. Spektrum FTIR pada Jenis Sampel (a) Karet Alam Murni (b) Unmodified (c) Modified

Pada **Gambar 7**, menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan di antara spektra dari karet alam murni, *unmodified* dan *modified*. Spektra FTIR dari ketiga gambar ini menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang antara 2915,53 - 2924,58 cm^{-1} , panjang gelombang ini menunjukkan adanya gugus C-H atau gugus yang khas dari karet alam (Kurniawan dan Nirwana, 2015). Hal ini menandakan bahwa dari ketiga sampel tersebut masih terdapat karet alam sebagai bahan baku utama. Identifikasi adanya gugus khas karet alam ini menjadi penting karena karet alam akan menjadi rantai utama dimana gugus-gugus dari pati dan asam akrilat akan ter-*grafting*.

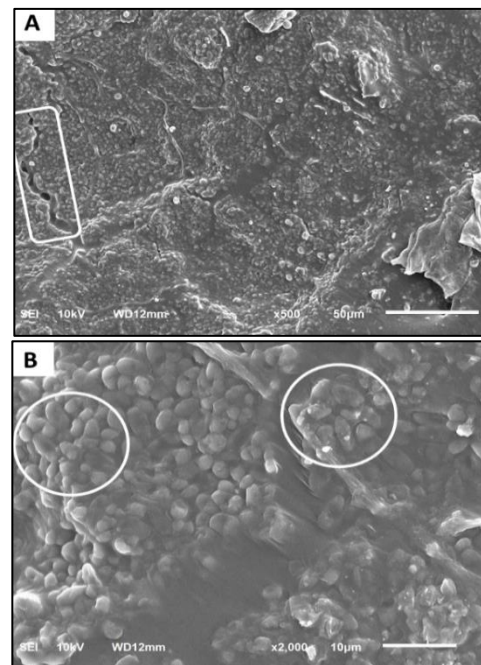
Pada **Gambar 7**, juga menunjukkan adanya puncak baru pada panjang gelombang 1739,62 cm^{-1} , milik C=O yang menandakan adanya gugus asam akrilat (Rinawita, 2011). Gugus yang menandakan asam akrilat selanjutnya yaitu pada panjang gelombang 1100,82 cm^{-1} milik C=C (Ismail dkk, 2011). Panjang gelombang adanya gugus C=O dan C=C ini tidak terlihat dari spektra FTIR untuk sampel karet alam murni karena belum diberikan monomer asam akrilat. Begitu pula dengan spektrum FTIR untuk sampel *unmodified*, pada perlakuan *unmodified*, pati yang ditambahkan tidak ter-*grafting* dengan monomer asam akrilat, maka dari itu panjang gelombang yang menunjukkan gugus C=O dan C=C tidak terlihat.

Adanya gugus C=O dan C=C pada sampel *modified* ini menandakan bahwa asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam (Rinawita, 2011). Hal yang sama juga ditemukan untuk gugus

C-O-C milik pati. Gugus C-O-C yang muncul pada spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dari pati yang ter-*grafting* pada rantai utama (Riyajan dan Keawittarir, 2019), sehingga proses *grafting* sampel *unmodified* dan *modified* dapat dikatakan berhasil.

3.6 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil analisa SEM pada jenis sampel menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dapat diamati pada **Gambar 8** berikut.



Gambar 8. Hasil Analisa SEM Sampel *Unmodified* (a) perbesaran 500x (b) 2000x

Gambar 8 (a) menunjukkan hasil analisa SEM sampel *unmodified* dengan perbesaran 500x. Pada hasil analisa ini terlihat permukaan sampel yang tidak terlalu halus, menurut penelitian yang dilakukan Wahyuni (2018) hal ini menandakan adanya molekul pati yang tersebar secara tidak merata dengan bentuk yang tidak beraturan. Partikel pati pada **Gambar 8**, terlihat pada area yang berwarna abu-abu terang sedangkan karet alam berwarna abu-abu gelap. Pada sampel *unmodified* (a) terdapat retakan, hal ini dikarenakan unsur-unsur yang bereaksi pada sampel *unmodified* menghasilkan interaksi antar partikel yang lemah, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang buruk dari sampel *unmodified* (Min dan Rashid, 2013).

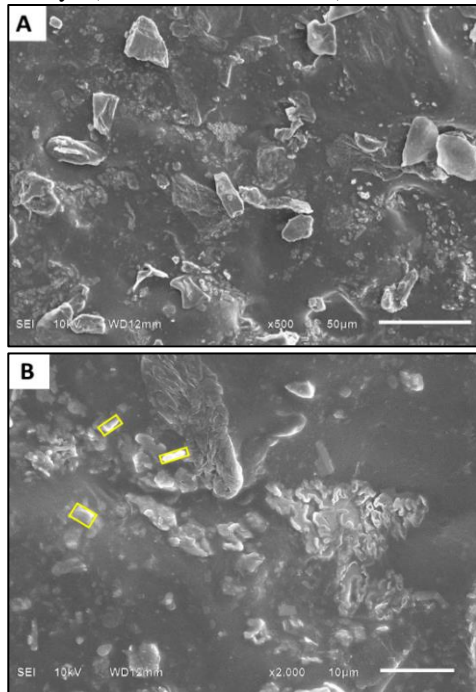
Tabel 3. Hasil Uji Sifat Mekanis

Uji Mekanis	Sampel	
	<i>Modified</i>	<i>Unmodified</i>
<i>Elongation at break, %</i>	300	280
<i>Compression set, %</i>	40,98	30,87

Pada **Tabel 3**, menunjukkan hasil uji sifat mekanis sampel *unmodified* dan *modified*. Dari tabel dapat dilihat bahwa penggunaan sampel *modified* menghasilkan sifat uji mekanis yang lebih unggul dari *unmodified*. Sifat mekanis *elongation at break* atau perpanjangan putus sampel *modified* menunjukkan persentase yang lebih besar yakni 300% sedangkan *unmodified* sebesar 280%. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang potongan uji mekanis karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus ini bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik (Nasruddin, 2010).

Sifat mekanis berikutnya yaitu *compression set* atau pemampatan tetap. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama. Nilai *compression set* sampel *modified* juga menunjukkan persentase yang lebih besar dibandingkan *unmodified*.

Penurunan sifat mekanik ini dikarenakan pada proses pembuatan sampel, pati yang digunakan tidak dimodifikasi. Pati yang tak termodifikasi hanya akan bertindak sebagai pengisi *inert* sehingga tidak memberikan sifat mekanik yang baik pada produknya (Min dan Rashid, 2013).



Gambar 9. Hasil Analisa SEM Sampel *Modified* (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Gambar 9 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada sampel *modified*. Jika dibandingkan dengan sampel *unmodified* sebelumnya, molekul pati pada permukaan sampel *modified* tersebar lebih

sedikit. Hal ini dibuktikan dari pengambilan gambar dengan perbesaran 2000x. Permukaan yang dihasilkan terlihat tidak terlalu bergelombang jika dibandingkan dengan sampel *unmodified*.

Pada sampel *modified*, tidak terdapat retakan. Tidak adanya retakan pada sampel ini menandakan bahwa pati yang termodifikasi lebih terdistribusi dengan baik. Retakan tidak terjadi pada sampel *modified* dikarenakan interaksi antar partikel yang terdapat dalam sampel kuat, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sampel tersebut (Min dan Rashid, 2013). Permukaan yang cukup merata pada sampel menandakan hasil *grafting* dapat dikatakan berhasil dengan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inisiator dan monomer dalam proses *grafting* sangat berpengaruh pada persen *grafting*. Semakin tinggi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan dan semakin meningkat jumlah monomer yang ditambahkan, maka akan semakin tinggi nilai persen *grafting* yang dihasilkan. Persen *grafting* tertinggi yaitu 58,28% dengan pada konsentrasi kalium persulfat 3%. Persen *grafting* tertinggi pada penambahan jumlah monomer 28% adalah 45,94%.

Hasil FTIR sampel *modified* menunjukkan adanya gugus fungsi pati yaitu C-O-C pada rentang panjang gelombang sekitar $1244,78\text{ cm}^{-1}$ dan gugus asam akrilat C=O pada rentang panjang gelombang $1739,62\text{ cm}^{-1}$ yang membuktikan bahwa *grafting* berhasil dilakukan.

Analisa morfologi pada sampel *modified* menunjukkan pati terdistribusi dengan baik dengan adanya penambahan monomer asam akrilat. Hal ini juga meningkatkan sifat mekanik sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0017/UN9.3.1/SK.LP2M.PT/2022 tanggal 15 Juni 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. N., Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 102-109.
- Alam, P.N., dan Rihayat, T. 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet

- Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1): 1-6.
- Eddiyanto, M.S. 2012. *Grafting Maleat Anhidrat pada Karet Alam Siklis (Cyclic Natural Rubber/Cnr) dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. Agrium*, 1(1): 128-133.
- Fika, W., Kasim, A., Novelina, N., dan Septevani, A.A. 2019. Rasio Pati dan Asam Akrilat terhadap Kapasitas Absorpsi pada Sintesis Komposit Polimer Superabsorben. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20(2): 111-119.
- Handayani, H., Maspanger, D.H., dan Radiman, C.H. 2016. Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2): 65-74.
- Hidayani, T.R., Akli, K., dan Samah, S.D. 2018. Grafting Polipropilena dengan Maleat Anhidrida sebagai Pengikat Silang dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Eksakta*, 19(1): 59-61.
- Ismail, O., Beyribey, B., dan Turhan K. 2011. Removal of Water in Liquid Fuel with a Super Absorbent Copolymer. *Energy Sources*, 33(1): 1669-1677.
- Khairuddin, N., dan Muhamad, I. I. 2009. Antimicrobial Effects on Starch-Based Films Incorporated with Lysozymes. *Pertanika Journal of Sciences and Technology*, 17(1): 8.
- Kurniawan, D., Nirwana. Dan Bahruddin. 2015. Epoksidasi Karet Alam dengan Menggunakan Surfaktan Amonium Lauril Sulfat sebagai Wetting Agent. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-4.
- Laksanawati, T.A. 2019. Sintesis dan Karakteristik Gel Komposit Starch-Graft-Acrylic Acid/Bentonite dengan Bahan Jaringan N,N-Methylenebisacrylamide untuk EOR. *Skripsi. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Liu, C., Shao, Y., dan Jia, D.. 2008. Chemically Modified Starch Reinforced Natural Rubber Composites. *Journal Polymer*, 49(8): 2176-2181.
- Mardiyati dan Steven. 2014. Acrylic Sebagai Compatibilizer Agent pada Plastik Pati Tapioka/ Lateks Karet Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(1): 33.
- Min, L.X., dan A.Rashid, A. 2013. Effect of Modified Tapioca Starch on Mechanical Properties of Styrene-Grafted Natural-Rubber/Starch Composites. *International Journal Materials Engineering Innovation*. 4(3): 265-266.
<https://dx.doi.org/10.1504/IJMATEI.2013.057152>.
- Nasruddin. 2010. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Membran dari Berbagai Formula Kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*. 21(37): 60-71.
- Nurudin, S. U., Nurdjanah, S., Astuti, S., Sukohar, A., dan Kustyawati, M.E. 2015. *Manfaat Herbal Indonesia*. Plantaxia: Yogyakarta
- Octavia, J. 2008. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan, Inisiator dan Monomer terhadap Ukuran Partikel pada Polimerisasi Stirena. *Skripsi. Departemen Kimia, Universitas Indonesia*.
- Pratama, I.G.D.Y., Ida, A.R.A.A., dan James, S. 2011. Studi Kopolimerisasi Grafting Asam Akrilat (AA) pada Polietilen (PE) dengan Inisiator H_2O_2/Fe^{2+} : Sebagai Penukar Kation. *Jurnal Kimia*, 5(2): 143 – 155.
- Pulungan, A.N., Basuki, W., Eddiyanto., dan Sunit, H. 2017. *Grafting Maleat Anhidrida pada Lateks Karet Alam dengan Inisiator Benzoil Peroksida. Prosiding Seminar Hasil Penelitian untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan. 28 September: 24-30.
- Rinawita, 2011. Modifikasi Selulosa dengan Teknik Pencangkokan dan Penautan Silang Menggunakan Akrilamida. *Skripsi. Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor*.
- Ritonga, A.H., Aritonang, B., dan Zai, L.I.P. 2018. Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1): 42-43.
- Riyajan, S., dan Keawitarit. 2016. A Novel Natural Rubber-graft-cassava Starch Foam for Oil/Gasohol Absorption. *Polym Int.*, 65(1): 491-502.
- Riyajan, S., Yodsathorn, S., dan Pranee, P. 2012. Green Natural Rubber-g-Modified Starch For Controlling Urea Release. *Carbohydrate Polymers*, 89(1): 251-258.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1): 54-60.
- Setiorini, I. A. 2019. Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2): 41-44.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati., Manuntun, M., dan Ni, M.P. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli(Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation Cu^{2+} , Pb^{2+} dan Cr^{3+} . *Cakra Kimia*, 6(2): 98-105.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K.A. dan Surasno. 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxodysulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Suka, I.G., dan Wasinton, S. 2007. Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH melalui Grafting Asam Akrilat yang Diinduksi oleh

- Sinar Ultraviolet. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(2): 148-157.
- Wahyuni, S. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Beras Patah (*Oryza sativa* L. dengan Penambahan Gliserol dan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Riscoe). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wongthong, P., Nakason, C., Pan, Q., Rempel, G.L., dan Kiatkamjornwong, S. 2013. Modification of Deproteinized Natural Rubber via Grafting Polymerization with Maleic Anhydride. *European Polymer Journal*, 49(1): 4035-4046.
- Widyaningsih, S., Karika, D., dan Nurhayati, Y. T. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Moleku*, 7(1): 69-81.

Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen *Grafting* Karet Alam/*Starch*

Effect of Potassium Persulfate and Acrylic Acid Monomer Concentration on The *Grafting* Percentage of Natural Rubber/*Starch*

Abstrak

Modifikasi karet alam menggunakan pati (*starch*) dilakukan untuk meningkatkan kualitas karet alam serta meningkatkan kekuatan mekanis. Pati termasuk polimer yang sering dikembangkan dengan monomer atau beberapa polimer, karena memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Modifikasi karet alam menggunakan pati dilakukan dengan menambahkan kalium persulfat sebagai inisiator dan asam akrilat sebagai monomer. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer terhadap persen *grafting* karet alam/*starch*, spektrum karet alam/pati dengan asam akrilat, dan morfologi hasil *grafting* karet alam dengan membandingkan pati termodifikasi dan tak termodifikasi. Variasi konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan berkisar 1 – 3%, sedangkan variasi jumlah monomer asam akrilat berkisar 22 – 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu pada konsentrasi inisiator 3% yaitu sebesar 58,28%, sedangkan variasi monomer menunjukkan hasil optimum pada penambahan monomer 28% dari pati yaitu 45,94%. Hasil *Fourier Transform Infrared (FTIR)* pada sampel menunjukkan munculnya *peak* pada panjang gelombang sekitar $1244,78\text{ cm}^{-1}$ yaitu gugus C-O-C yang menandakan adanya senyawa pati serta panjang gelombang sekitar $1739,62\text{ cm}^{-1}$ yaitu gugus C=O yang menandakan adanya asam akrilat. Morfologi sampel *grafting* karet alam dengan pati termodifikasi menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pati tak termodifikasi.

Kata Kunci: asam akrilat, *grafting*, kalium persulfat, karet alam, pati

Abstract

The modification of natural rubber with starch was carried out to improve the quality of natural rubber and increase its mechanical strength. Due to its high tensile strength properties, starch is always used for polymer modification combined with monomers and other polymers. The modification of natural rubber with starch was carried out by potassium persulfate as an initiator and acrylic acid as a monomer. This study aims to determine the effect of initiator and monomer concentration on the grafting percent, the spectrum of NR/starch-acrylic acid, and morphology results of natural rubber grafting using modified and unmodified starch. Process optimization is carried out by varying the initiator concentration 1% to 3% and monomer concentration 22% to 30%. The grafting percentages showed that sample with 3% initiator concentration and sample with 28% monomer addition have the highest grafting percentage, they are 58,28% and 45,94%, respectively. The Fourier Transform Infrared (FTIR) results showed the presence of the functional group of starch (C-O-C) at wavenumber $1244,78\text{ cm}^{-1}$ and the functional group of acrylic acid (C=O) at wavenumber $1739,62\text{ cm}^{-1}$. The morphology results showed that samples with modified starch had better results than samples with unmodified starch.

Keywords: acrylic acid, *grafting*, natural rubber, potassium persulfate, starch.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil tanaman karet alam terbesar di dunia. Karet alam memiliki sejumlah sifat unggul, seperti

kekuatan dan elastisitas tarik yang tinggi, ketahanan kikis dan sobek, serta daya rekat yang baik. Namun, karet alam tidak dapat dibandingkan dengan beberapa jenis karet sintetis, karena karet alam tidak

tahan terhadap sinar matahari, oksigen, ozon, pelarut dan minyak (Alam dan Rihayat, 2007).

Berbagai modifikasi produk karet alam yang melibatkan perubahan secara fisik maupun kimia pada struktur molekul karet alam sehingga akan menghasilkan material baru (Handayani dkk, 2016).

Modifikasi karet alam dengan menambahkan bahan penguat dapat menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada karet alam. Salah satu bahan pengisi yang umum digunakan dalam modifikasi adalah pati dengan metode pencangkakan (*grafting*) (Ritonga dkk, 2018). Teknik *grafting* yang digunakan untuk modifikasi polimer akan diawali dengan pembentukan situs aktif yang dapat berupa radikal atau ion bebas. Radikal atau ion bebas ini akan terlebih dahulu terbentuk pada monomer atau polimer induknya (Hidayani dkk, 2018).

Pati merupakan bahan yang terbaru dengan jumlah yang melimpah di alam, tidak beracun, terbarukan dan harganya yang tidak terlalu mahal (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Pati termasuk polimer hayati yang sering dikembangkan sebagai bioplastik karena sifat mekanik berupa kekuatan tariknya yang tinggi tetapi ketahanan airnya yang rendah (Mardiyati dan Steven, 2014). Sementara, karet alam merupakan polimer alam dengan elongasi tinggi dan tahan air. Pencampuran pati dan karet alam, diharapkan akan memperoleh sifat unggul dari masing-masing polimer tersebut (Mardiyati dan Steven, 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan meng-*grafting*kan karet alam dan pati kulit pisang menggunakan monomer asam akrilat dan inisiator kalium persulfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu (2008) mengungkapkan bahwa penggunaan pati termodifikasi yang di-*grafting* ke karet alam jauh lebih unggul daripada pati tak termodifikasi.

Inisiator adalah sumber dari radikal bebas yang terdapat di alam polimerisasi emulsi (Octavia, 2008). Inisiator yang umumnya dipakai dalam proses polimerisasi emulsi adalah inisiator yang cepat larut dalam air. Konsentrasi inisiator dapat mempengaruhi jumlah partikel polimer yang akan terbentuk dalam tahap nukleasi pada saat polimerisasi emulsi. Kalium persulfat merupakan garam dengan memiliki rumus $K_2S_2O_8$ yang berbentuk berupa padatan kristal yang memiliki warna putih dan tidak berbau. Kalium persulfat biasanya digunakan sebagai inisiator radikal. Radikal bebas dari kalium persulfat yang telah terbentuk yang digunakan sebagai inisiator untuk memicu terjadinya polimerisasi.

Monomer merupakan struktur molekul yang secara kimiawi dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk molekul polimer yang berulang dengan memiliki ukuran yang panjang. Dalam proses *grafting*, monomer dan inisiator

adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam prosesnya.

Metode *grafting* merupakan yang paling umum digunakan didasarkan pada aktivitas dari rantai utama polimer, sebagai tempat inisiasi pada pencangkakan beberapa monomer rantai bercabang pada rantai utama (Rinawita, 2011). Pada proses *grafting*, pertama-tama monomer akan bereaksi dengan inisiator untuk menyusun radikal bebas dalam suatu sistem larutan dan kemudian akan terjadi reaksi antar monomer membentuk homopolimer.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inisiator dan monomer dalam memodifikasi pati agar menghasilkan produk karet alam dengan sifat mekanik yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan jenis karet alam lateks dengan 60% *Dried Rubber Content* (DRC), pati (*starch*) dari kulit pisang, inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 99% *pure analysis* (merck), monomer asam akrilat, triton x-100 *pure analysis*, gas N_2 dan aquadest. DRC dapat dihitung dengan 2 metode, yaitu membandingkan berat kering suatu sampel dengan berat basah pada sampel yang sama. Metode lainnya menggunakan alat pengukur DRC yaitu metrolak, pengukuran menggunakan alat ini hanya dilakukan dengan mencelupkan metrolak ke dalam cairan lateks yang telah diencerkan sesuai prosedur.

Beberapa variabel proses yang diberikan adalah variabel bebas berupa konsentrasi kalium persulfat 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% serta jumlah asam akrilat 22%, 24%, 26%, 28% dan 30% terhadap berat pati (*starch*). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Proses, Produk Industri Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Fisika dan Kimia, Pusat Penelitian Karet, Bogor.

Modifikasi terhadap pati adalah *pretreatment* terhadap pati dengan melakukan proses gelatinisasi yaitu menambahkan pati ke dalam sejumlah air. Proses gelatinisasi dilakukan tanpa oksigen, sehingga saat melakukan gelatinisasi gas nitrogen ikut dialirkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen yang masuk ke dalam proses. Oksigen dapat mengganggu proses gelatinisasi karena dapat menonaktifkan radikal bebas yang telah terbentuk (Nurdin dkk, 2015).

Gelatinisasi untuk pati termodifikasi dimulai dengan memanaskan aquadest sampai suhu 80°C lalu memasukkan pati kulit pisang sebanyak 20 gram. Gelatinisasi dilakukan selama 30 menit dengan dialirkan gas nitrogen dalam tekanan atmosfer diukur menggunakan regulator gas nitrogen (Liu dkk, 2008). Nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan cara menghubungkan salah satu lubang pada tutup reaktor ke tabung nitrogen menggunakan selang.

Inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat ditambahkan secara bertahap, lalu proses gelatinisasi dilanjutkan selama 2 jam dengan mengalirkan gas nitrogen pada 30 menit awal. Gelatinisasi pati tak termodifikasi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tidak menambahkan inisiator dan monomer dalam prosesnya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk gelatinisasi hanya 30 menit (Riyajan dkk, 2012).

Proses grafting untuk pati termodifikasi dan tak termodifikasi memiliki prosedur yang sama. Karet alam lateks 60% *Dried Rubber Content* (DRC) atau Kadar Karet Kering (KKK) sebanyak 40 gram KKK yang sudah diencerkan diberikan triton x-100 lalu dicampurkan dengan pati gelatinisasi yang sudah didinginkan (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Campuran di grafting dalam reaktor sederhana menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C selama 3 jam dengan dialirkan gas nitrogen selama 30 menit awal. Inisiator kalium persulfat yang sudah di variasikan ditambah secara bertahap ke dalam proses grafting (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Setelah 3 jam grafting, campuran tersebut dituangkan ke dalam *glass plate* dengan ketebalan sampel kurang lebih 1 cm dan didiamkan selama 3-4 hari pada suhu ruangan.

Pencucian sampel bertujuan untuk menghilangkan sisa serat tidak halus dari pati dan sisa triton x-100 (Riyajan dan Keawittarit, 2016). Sampel dicuci dengan air panas pada suhu 100°C dan dilakukan secara berulang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam lalu di ukur *moisture content* nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sampel grafting menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dilakukan beberapa analisa. Analisa pertama yaitu persen grafting yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pati yang berhasil tergrafting pada karet alam sebuah sampel. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari sebuah sampel, hal ini bertujuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses grafting dengan ditandai adanya sejumlah gugus fungsi khas dari senyawa yang akan di grafting. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana morfologi dari sebuah sampel, dalam hal

ini melihat perbedaan struktur permukaan serta pesebaran pati pada sampel grafting.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Persen Grafting

Pati yang tergrafting pada karet alam lateks dihitung dengan menggunakan persamaan persen grafting.

$$\% \text{Grafting} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W₀ = berat sebelum grafting (gram)

W₁ = berat sesudah grafting (gram)

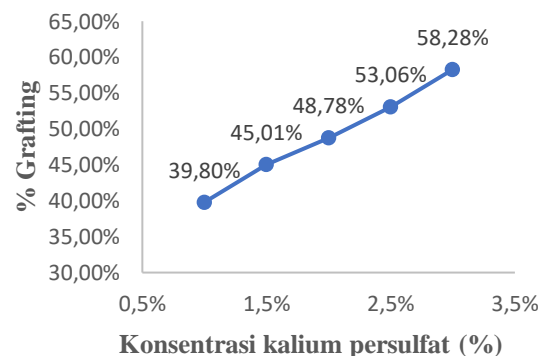
Variasi konsentrasi kalium persulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%. Karakteristik reaksi kopolimerisasi grafting yang dilakukan dengan nilai persen grafting yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Persen Grafting Variasi konsentrasi kalium persulfat

Konsentrasi kalium persulfat	Berat sebelum grafting (gram)	Berat sesudah grafting (gram)	Persen grafting
1%	40	55,9186	39,80%
1,5%	40	58,0051	45,01%
2%	40	59,5132	48,78%
2,5%	40	61,2231	53,06%
3%	40	63,3111	58,28%

Kalium persulfat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membentuk radikal bebas jika dibandingkan dengan inisiator lain sehingga efisiensi grafting akan lebih tinggi dibandingkan inisiator lainnya (Sondari dkk, 2010).

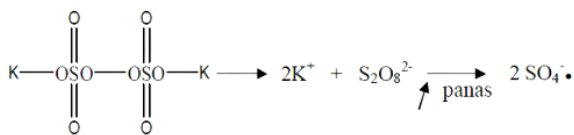
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongthong dkk, (2013), efisiensi grafting akan meningkat sampai penggunaan inisiator 3%.



Gambar 1. Grafik Persen Grafting Variasi Konsentrasi Inisiator

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada penggunaan konsentrasi inisiator kalium persulfat yang lebih tinggi menghasilkan persen *grafting* yang juga meningkat. Nilai persen *grafting* tertinggi diperoleh pada konsentrasi kalium persulfat 3% yaitu sebesar 58,28%. Hal ini dibuktikan oleh Pulungan dkk, (2017) bahwa persen *grafting* pati pada karet alam lateks meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inisiator yang digunakan. Dapat disimpulkan bahwa proses *grafting* pati pada karet alam dengan inisiator kalium persulfat melalui mekanisme proses pembentukan radikal.

Menurut Eddiyanto dkk. (2012), reaksi yang terjadi oleh radikal bebas dari inisiator merupakan awal kalium persulfat untuk membentuk radikal bebas yang menyerang rantai karet alam sehingga membentuk radikal bebas karet alam lateks.



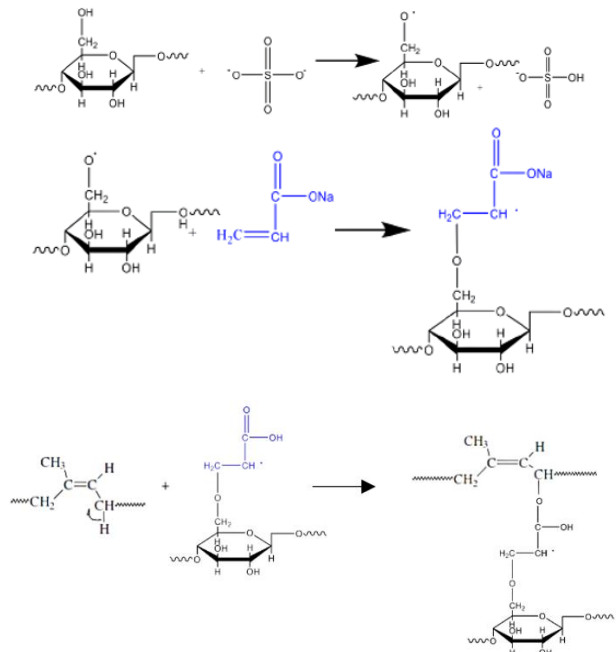
Gambar 2. Reaksi Dekomposisi Inisiator Kalium Persulfat

(Sumber: Laksanawati, 2019)

Konsentrasi inisiator mempunyai peranan penting dalam pembentukan situs aktif dalam polimer. Semakin besar konsentrasi inisiator kalium persulfat yang digunakan, maka akan semakin besar juga situs aktif (makroradikal) yang terbentuk pada karet alam lateks untuk menginisiasi polimerisasi *grafting* (Suka dan Wasinton, 2007).

Ketika larutan inisiator kalium persulfat dipanaskan, radikal sulfat terbentuk untuk mengawali proses polimerisasi. Terurainya persulfat

menjadi radikal bebas lalu akan menginisiasi gugus -OH pati.



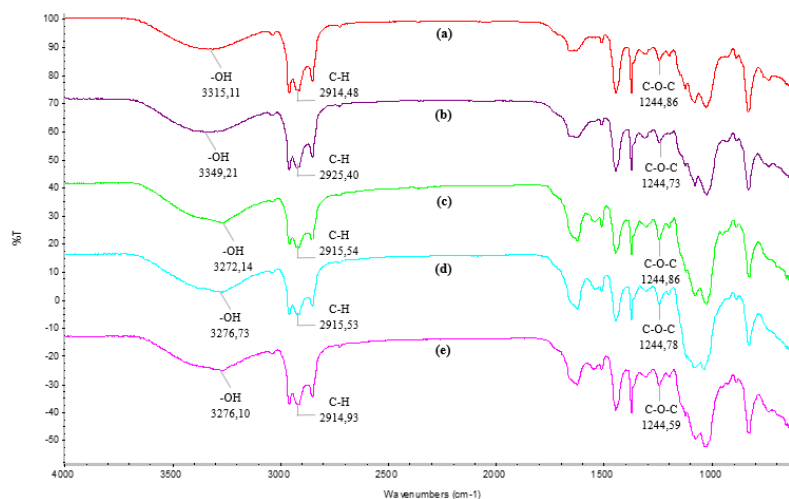
Gambar 3. Mekanisme Reaksi Grafting Asam Akrilat pada Pati dan Karet Alam

(Sumber: Laksanawati, 2019)

Penggunaan inisiator dalam proses *grafting* dilakukan sampai batas optimum. Ketika penambahan inisiator sudah melebihi batas optimum maka nilai persen *grafting* akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak inisiator yang ditambahkan akan menyebabkan semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *chain transfer* (Sondari dkk, 2010).

3.2 Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 4.** menunjukkan hasil uji FTIR untuk sampel dengan variasi konsentrasi inisiator. Inisiator yang digunakan adalah kalium persulfat dengan variasi konsentrasi (a) 1%, (b) 1,5%, (c) 2%, (d) 2,5% dan (e) 3%



Gambar 4. Spektrum FTIR pada Variasi Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat

Dari **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak di berbagai panjang gelombang menunjukkan kemiripan yang menandakan bahwa setiap sampel memiliki ikatan atau gugus yang hampir sama. Bilangan gelombang yang pertama terdapat pada rentang 3315,11 – 3276,10 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus hidroksil –OH (Afif dkk, 2018). Gugus hidroksil ini menandakan adanya pati di dalam sampel *grafting* tersebut.

Gugus C-O-C khas pati pada sampel variasi inisiator menunjukkan panjang gelombang yang berkisar dari 1244,59 – 1244,86 cm^{-1} . Tidak ada perbedaan yang signifikan dari 5 sampel variasi konsentrasi inisiator dikarenakan pada setiap sampel terdapat perlakuan yang sama, jumlah bahan baku berupa pati dan karet alam yang sama.

Perbedaan panjang gelombang pada **Gambar 4** ditunjukkan dari tajam atau tidaknya panjang gelombang grafik *transmittance* FTIR yang merupakan ukuran seberapa besar cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh sampel.

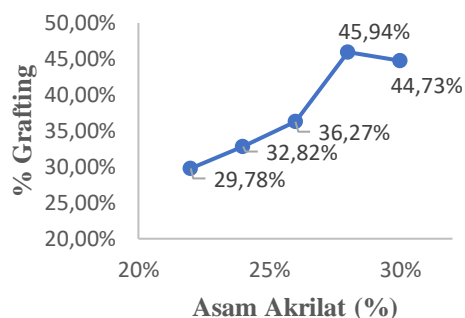
3.3 Pengaruh Variasi Monomer Terhadap Persen Grafting

Mekanisme *grafting* pati ke karet alam menggunakan inisiator kalium persulfat optimum dan monomer asam akrilat. Konsentrasi inisiator kalium persulfat maksimal didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *grafting* menggunakan pati tak termodifikasi yaitu sebesar 3%. Konsentrasi inisiator yang optimum digunakan untuk melanjutkan proses *grafting* dengan pati termodifikasi.

Tabel 2. Hasil Persen *Grafting* Variasi Jumlah Monomer pada konsentrasi KPS 3%

Jumlah asam akrilat (persen berat)	Berat sebelum <i>grafting</i> (gram)	Berat sesudah <i>grafting</i> (gram)	Persen <i>Grafting</i>
22%	40	51,9102	29,78%
24%	40	53,1285	32,82%
26%	40	54,5089	36,27%
28%	40	58,3771	45,94%
30%	40	57,8902	44,73%

Pengaruh monomer asam akrilat dengan variasi 22, 24, 26, 28 dan 30% berat dari jumlah pati telah diteliti. Hal ini mengacu pada penelitian Liu, dkk (2008) yang menggunakan jumlah monomer 24% dari jumlah pati. Hasil persen *grafting* **Gambar 3**. Menunjukkan bahwa persen *grafting* akan meningkat seiring meningkatnya jumlah asam akrilat yang digunakan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Fika dkk, (2019), meningkatnya massa monomer asam akrilat akan menyebabkan meningkatnya berat molekul dan efisiensi *grafting* dari produk.



Gambar 5. Pengaruh Persen *Grafting* pada Variasi Jumlah Monomer

Kenaikan persen *grafting* dimulai dari penggunaan monomer asam akrilat sebanyak 22% dari pati hingga jumlah asam akrilat 28% dari pati. Ketika monomer semakin banyak, maka intensitas tumbukan antar molekul asam akrilat besar, sehingga laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal akan menjadi cepat. Hal ini mengakibatkan dalam menghasilkan rantai poli asam akrilat radikal menjadi cepat sehingga pati termodifikasi asam akrilat menghasilkan persen *grafting* yang besar (Suka dan Wasinton, 2007).

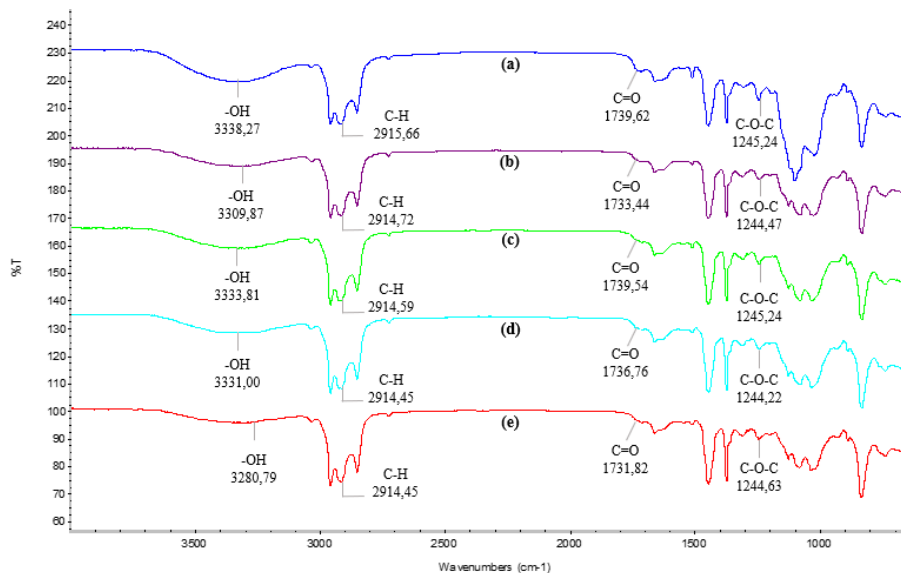
Pada jumlah monomer 28% menghasilkan nilai persen *grafting* tertinggi yaitu 45,94%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jumlah 28% monomer yang digunakan, laju propagasi rantai poli asam akrilat radikal menjadi sangat cepat. Hal ini menyebabkan poli asam akrilat radikal yang ter *grafting* pada sisi aktif polimer induk karet alam lateks menjadi sangat panjang (Laksanawati, 2019).

Pada sampel menggunakan monomer asam akrilat sebanyak 30% dari jumlah pati, menunjukkan hasil persen *grafting* yang menurun. Hal ini dikarenakan penggunaan monomer yang sudah melewati batas optimum atau sudah terlampaui tinggi. Pada jumlah monomer yang terlalu besar, menyebabkan pembentukan rantai poli asam akrilat radikal yang terlalu panjang (Pratama dkk, 2011). Rantai yang terlalu panjang ini akan menyebabkan poli asam akrilat radikal sulit bergabung dengan sisi aktif pada polimer induk karet alam lateks. Pergerakan homopolimer radikal yang sangat lambat akan mengakibatkan hanya sebagian kecil poli asam akrilat yang ter *grafting* pada karet alam lateks (Laksanawati, 2019).

Asam akrilat digunakan sebagai monomer dalam penelitian ini karena asam akrilat memiliki ikatan rangkap yang dapat menjadi radikal oleh inisiator. Radikal asam akrilat ini akan lebih mudah terikat pada karet alam (Sibarani dkk, 2018).

3.4 Pengaruh Jumlah Monomer Terhadap Hasil FTIR

Pada **Gambar 6**, menunjukkan hasil FTIR untuk sampel dengan variasi jumlah monomer asam akrilat.



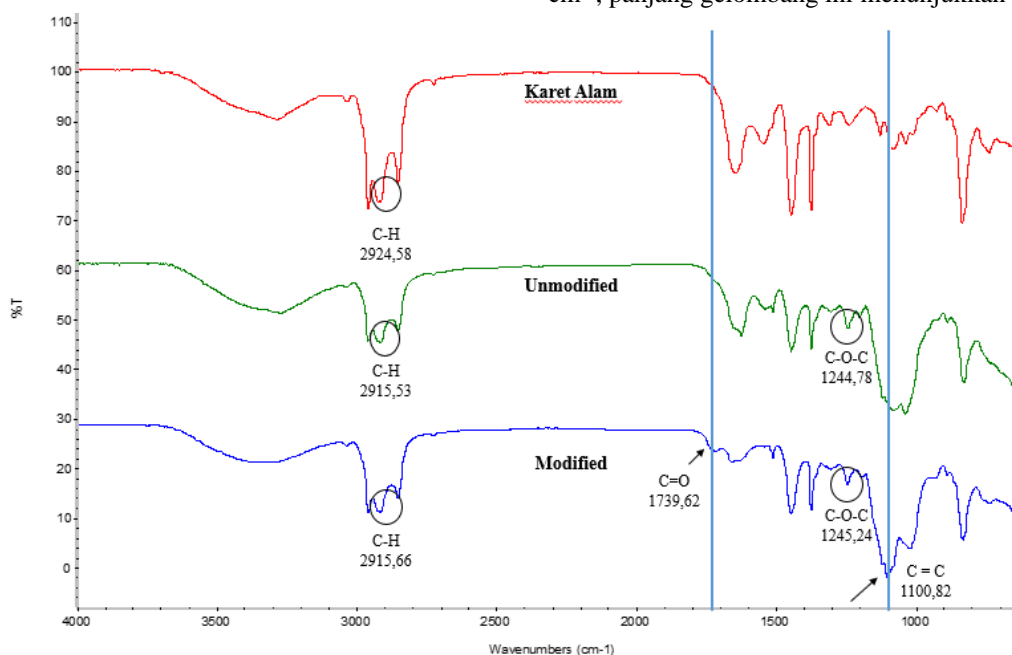
Gambar 6. Spektrum FTIR pada Variasi Jumlah Monomer Asam Akrilat

Dari analisa FTIR masing-masing sampel dengan variasi jumlah monomer terbukti bahwa pati modifikasi asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam. Terdapat gugus khas dari pati modifikasi seperti C-OH, C-O-C, C-H dan C-O pada masing-masing sampel, hanya saja masing-masing memiliki panjang gelombang berbeda. Dibandingkan hasil FTIR sampel variasi konsentrasi inisiator, hasil FTIR pada variasi jumlah monomer ini menunjukkan satu gugus yang berbeda, yaitu gugus C=O. Gugus ini merupakan asam akrilat yang membuktikan bahwa asam akrilat juga berhasil ter-*grafting* ke karet alam (Fika dkk, 2019). Gugus C=O pada sampel ini terdapat pada rentang 1733,44 – 1739,54 cm⁻¹.

3.5 Pengaruh Jenis Sampel Terhadap Hasil FTIR

Sebagai kombinasi struktur kimia dari pati dan karet alam, spektrum FTIR sampel *modified* dan *unmodified* menunjukkan puncak yang termasuk dalam gugus fungsi pada karet alam dan selulosa (Laksanawati, 2019). Perbedaannya hanya terletak pada gugus asam akrilat pada sampel *modified*.

Pada Gambar 7, menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan di antara spektra dari karet alam murni, *unmodified* dan *modified*. Spektra FTIR dari ketiga gambar ini menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang antara 2915,53 - 2924,58 cm⁻¹, panjang gelombang ini menunjukkan adanya



Gambar 7. Spektrum FTIR pada Jenis Sampel (a) Karet Alam Murni (b) Unmodified (c) Modified

gugus C-H atau gugus yang khas dari karet alam (Kurniawan dan Nirwana, 2015). Hal ini menandakan bahwa dari ketiga sampel tersebut masih terdapat karet alam sebagai bahan baku utama. Identifikasi adanya gugus khas karet alam ini menjadi penting karena karet alam akan menjadi rantai utama dimana gugus-gugus dari pati dan asam akrilat akan ter-*grafting*.

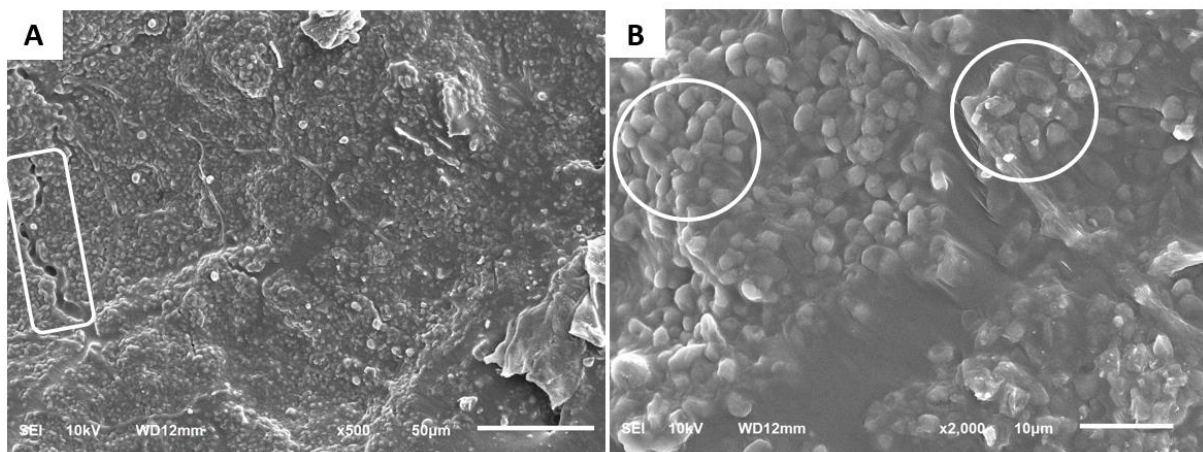
Pada **Gambar 7**. Juga menunjukkan adanya puncak baru pada panjang gelombang $1739,62\text{ cm}^{-1}$, milik C=O yang menandakan adanya gugus asam akrilat (Rinawita, 2011). Gugus yang menandakan asam akrilat selanjutnya yaitu pada panjang gelombang $1100,82\text{ cm}^{-1}$ milik C=C (Ismail dkk, 2011). Panjang gelombang adanya gugus C=O dan C=C ini tidak terlihat dari spektra FTIR untuk sampel karet alam murni karena belum diberikan monomer asam akrilat. Begitu pula dengan spektrum FTIR untuk sampel *unmodified*, pada perlakuan *unmodified*, pati yang ditambahkan tidak

ter-*grafting* dengan monomer asam akrilat, maka dari itu panjang gelombang yang menunjukkan gugus C=O dan C=C tidak terlihat.

Adanya gugus C=O dan C=C pada sampel *modified* ini menandakan bahwa asam akrilat berhasil ter-*grafting* pada karet alam (Rinawita, 2011). Hal yang sama juga ditemukan untuk gugus C-O-C milik pati. Gugus C-O-C yang muncul pada spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dari pati yang ter-*grafting* pada rantai utama (Riyajan dan Keawittarir, 2019), sehingga proses *grafting* sampel *unmodified* dan *modified* dapat dikatakan berhasil.

3.6 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil analisa SEM pada jenis sampel menggunakan pati termodifikasi dan tak termodifikasi dapat diamati pada **Gambar 8** berikut.



Gambar 8. Hasil Analisa SEM sampel Unmodified (a) perbesaran 500x (b) 2000x

Gambar 8 (a) menunjukkan hasil analisa SEM sampel *unmodified* dengan perbesaran 500x. Pada hasil analisa ini terlihat permukaan sampel yang tidak terlalu halus, menurut penelitian yang dilakukan Wahyuni (2018) hal ini menandakan adanya molekul pati yang tersebar secara tidak merata dengan bentuk yang tidak beraturan. Partikel pati pada **Gambar 8**. terlihat pada area yang berwarna abu-abu terang sedangkan karet alam berwarna abu-abu gelap. Pada sampel *unmodified* (a) terdapat retakan, hal ini dikarenakan unsur-unsur yang bereaksi pada sampel *unmodified* menghasilkan interaksi antar partikel yang lemah, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang buruk dari sampel *unmodified* (Min dan Rashid, 2013).

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Mekanis

Uji Mekanis	Sampel	
	<i>Modified</i>	<i>Unmodified</i>
<i>Elongation at break</i> , %	300	280
<i>Compression set</i> , %	40,98	30,87

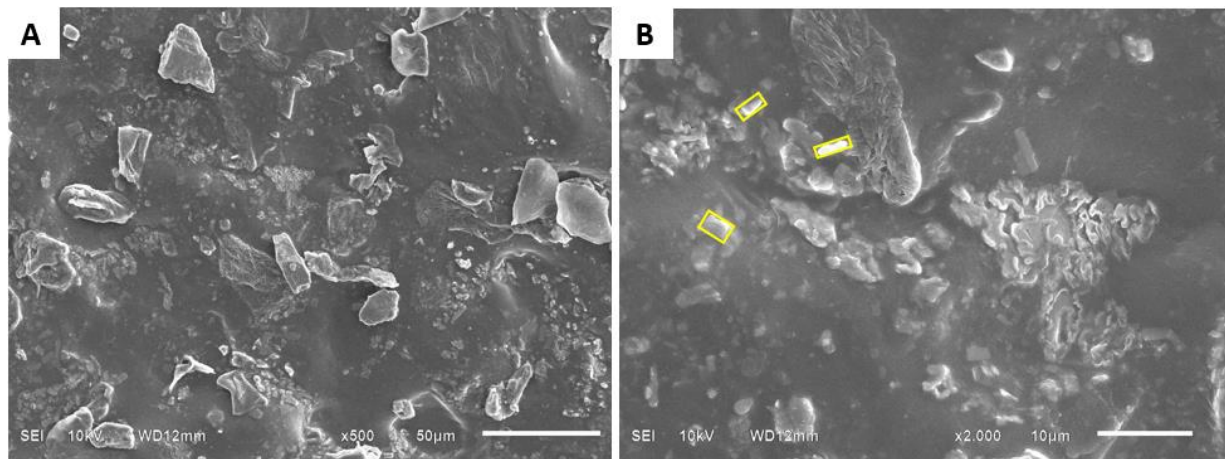
Pada **Tabel 3**. Menunjukkan hasil uji sifat mekanis sampel *unmodified* dan *modified*. Dari tabel dapat dilihat bahwa penggunaan sampel *modified* menghasilkan sifat uji mekanis yang lebih unggul dari *unmodified*. Sifat mekanis *elongation at break* atau perpanjangan putus sampel *modified* menunjukkan persentase yang lebih besar yakni 300% sedangkan *unmodified* sebesar 280%. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang potongan uji mekanis karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus ini bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik (Nasruddin, 2010).

Sifat mekanis berikutnya yaitu *compression set* atau pemampatan tetap. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama. Nilai *compression set* sampel *modified* juga menunjukkan

persentase yang lebih besar dibandingkan *unmodified*.

Penurunan sifat mekanik ini dikarenakan pada proses pembuatan sampel, pati yang digunakan tidak dimodifikasi. Pati yang tak termodifikasi hanya akan bertindak sebagai pengisi *inert* sehingga tidak memberikan sifat mekanik yang baik pada produknya (Min dan Rashid, 2013).

Gambar 9 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada sampel *modified*. Jika dibandingkan dengan sampel *unmodified* sebelumnya, molekul pati pada permukaan sampel *modified* tersebar lebih sedikit. Hal ini dibuktikan dari pengambilan gambar dengan perbesaran 2000x. Permukaan yang dihasilkan terlihat tidak terlalu bergelombang jika dibandingkan dengan sampel *unmodified*.



Gambar 9. Hasil Analisa SEM Sampel Modified (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 2000x

Pada sampel *modified*, tidak terdapat retakan. Tidak adanya retakan pada sampel ini menandakan bahwa pati yang termodifikasi lebih terdistribusi dengan baik. Retakan tidak terjadi pada sampel *modified* dikarenakan interaksi antar partikel yang terdapat dalam sampel kuat, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sampel tersebut (Min dan Rashid, 2013). Permukaan yang cukup merata pada sampel menandakan hasil *grafting* dapat dikatakan berhasil dengan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inisiator dan monomer dalam proses *grafting* sangat berpengaruh pada persen *grafting*. Persen *grafting* tertinggi pada penambahan inisiator adalah 58,28% dan 45,94% pada penambahan monomer. Semakin tinggi konsentrasi inisiator dan monomer, maka akan semakin tinggi nilai persen *grafting*.

Hasil FTIR sampel *modified* menunjukkan adanya gugus fungsi pada panjang gelombang 1244,78 cm^{-1} khas pati (C-O-C) serta panjang gelombang 1739,62 cm^{-1} dan 1100,82 cm^{-1} khas asam akrilat (C=O dan C=C) yang membuktikan bahwa *grafting* berhasil dilakukan.

Analisa morfologi pada sampel *modified* menunjukkan pati terdistribusi dengan baik dengan adanya penambahan monomer asam akrilat. Hal ini juga meningkatkan sifat mekanik sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0017/UN9.3.1/SK.LP2M.PT/2022 tanggal 15 Juni 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. N., Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 102-109.
- Alam, P.N., dan Rihayat, T. 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1): 1-6.
- Eddiyanto, M.S. 2012. *Grafting* Maleat Anhidrat pada Karet Alam Siklis (*Cyclic Natural Rubber/Cnr*) dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. *Agrium*, 1(1): 128-133.
- Fika, W., Kasim, A., Novelina, N., dan Septevani, A.A. 2019. Rasio Pati dan Asam Akrilat terhadap Kapasitas Absorpsi pada Sintesis Komposit Polimer Superabsorben. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20(2): 111-119.

- Handayani, H., Maspanger, D.H., dan Radiman, C.H. 2016. Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2): 65-74.
- Hidayani, T.R., Akli, K., dan Samah, S.D. 2018. Grafting Polipropilena dengan Maleat Anhidrida sebagai Pengikat Silang dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Eksakta*, 19(1): 59-61.
- Ismail, O., Beyribey, B., dan Turhan K. 2011. Removal of Water in Liquid Fuel with a Super Absorbent Copolymer. *Energy Sources*, 33(1): 1669-1677.
- Khairuddin, N., dan Muhamad, I. I. 2009. Antimicrobial Effects on Starch-Based Films Incorporated with Lysozymes. *Pertanika Journal of Sciences and Technology*, 17(1): 8.
- Kurniawan, D., Nirwana. Dan Bahruddin. 2015. Epoksidasi Karet Alam dengan Menggunakan Surfaktan Amonium Lauril Sulfat sebagai Wetting Agent. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-4.
- Laksanawati, T.A. 2019. Sintesis dan Karakteristik Gel Komposit Starch-Graft-Acrylic Acid/Bentonite dengan Bahan Jaringan N,N-Methylenebisacrylamide untuk EOR. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu, C., Shao, Y., dan Jia, D.. 2008. Chemically Modified Starch Reinforced Natural Rubber Composites. *Journal Polymer*, 49(8): 2176-2181.
- Mardiyati dan Steven. 2014. Acrylic Sebagai Compatibilizer Agent pada Plastik Pati Tapioka/ Lateks Karet Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(1): 33.
- Min, L.X., dan A.Rashid, A. 2013. Effect of Modified Tapioca Starch on Mechanical Properties of Styrene-Grafted Natural-Rubber/Starch Composites. *International Journal Materials Engineering Innovation*. 4(3): 265-266.
<https://dx.doi.org/10.1504/IJMATEI.2013.057152>.
- Nasruddin. 2010. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Membran dari Berbagai Formula Kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*. 21(37): 60-71.
- Nurdin, S. U., Nurdjanah, S., Astuti, S., Sukohar, A., dan Kustyawati, M.E. 2015. *Manfaat Herbal Indonesia*. Plantaxia: Yogyakarta
- Octavia, J. 2008. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan, Inisiator dan Monomer terhadap Ukuran Partikel pada Polimerisasi Stirena. *Skripsi*. Departemen Kimia, Universitas Indonesia.
- Pratama, I.G.D.Y., Ida, A.R.A.A., dan James, S. 2011. Studi Kopolimerisasi Grafting Asam Akrilat (AA) pada Polietilen (PE) dengan Inisiator H_2O_2/Fe^{2+} . Sebagai Penukar Kation. *Jurnal Kimia*, 5(2): 143 – 155.
- Pulungan, A.N., Basuki, W., Eddiyanto., dan Sunit, H. 2017. *Grafting Maleat Anhidrida pada Lateks Karet Alam dengan Inisiator Benzoil Peroksida*. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan. 28 September: 24-30.
- Rinawita, 2011. Modifikasi Selulosa dengan Teknik Pencangkakan dan Penautan Silang Menggunakan Akrilamida. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor.
- Ritonga, A.H., Aritonang, B., dan Zai, L.I.P. 2018. Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1): 42-43.
- Riyajan, S., dan Keawittarit. 2016. A Novel Natural Rubber-graft-cassava Starch Foam for Oil/ Gasohol Absorption. *Polym Int.*, 65(1): 491-502.
- Riyajan, S., Yodsathorn, S., dan Pranee, P. 2012. Green Natural Rubber-g-Modified Starch For Controlling Urea Release. *Carbohydrate Polymers*, 89(1): 251-258.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1): 54-60.
- Setiorini, I. A. 2019. Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2): 41-44.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati., Manuntun, M., dan Ni, M.P. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli(Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation Cu^{2+} , Pb^{2+} dan Cr^{3+} . *Cakra Kimia*, 6(2): 98-105.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K.A. dan Surasno. 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxodysulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Suka, I.G., dan Wasinton, S. 2007. Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH melalui Grafting Asam Akrilat yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(2): 148-157.
- Wahyuni, S. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Beras Patah (*Oryza sativa* L. dengan Penambahan Gliserol dan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Riscoe)). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wongthong, P., Nakason, C., Pan, Q., Rempel, G.L., dan Kiatkamjornwong, S. 2013. Modification of Deproteinized Natural Rubber via Grafting

Pengaruh konsentrasi inisiator kalium persulfat dan monomer asam akrilat terhadap persen grafting karet alam/starch

Polymerization with Maleic Anhydride.
European Polymer Journal, 49(1): 4035-4046.
Widyaningsih, S., Karika, D., dan Nurhayati, Y. T.
2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang.
Moleku, 7(1): 69-81.

[jtk] Editor Decision

1 pesan

Lia Cundari <ejournal@ft.unsri.ac.id>
Kepada: Tuti Indah Sari <tutiindahsari@ft.unsri.ac.id>

24 Februari 2023 pukul 15.00

Tuti Indah Sari:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Teknik Kimia, "Pengaruh Konsentrasi Inisiator Kalium Persulfat dan Monomer Asam Akrilat terhadap Persen Grafting Karet Alam/Starch".

Our decision is to: Accept Submission

Management Jurnal Teknik Kimia
jurnal_tekim@unsri.ac.id

Jurnal Teknik Kimia