

Pengaruh Penambahan *Montmorillonite* pada Sifat Ketahanan Termal Polivinil Asetat

Muchammad Izzuddin Jundullah Hanafi dan Lukman Atmaja
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: lukman_at@chem.its.ac.id

Abstrak—Polimerisasi emulsi PVAc dari PVA dan VAM menggunakan metode *semibatch* telah dipelajari. PVAc disintesis menggunakan pelarut DMSO dengan variasi penambahan *montmorillonite* 1%, 2%, dan 3%. Hasil analisis menggunakan spektroskopi FTIR menunjukkan adanya kemiripan gugus fungsi antara PVAc *solvent based* dengan PVAc hasil sintesis. Karakterisasi menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) menunjukkan PVAc *solvent based* memiliki dekomposisi termal lebih baik dibandingkan PVAc hasil sintesis, yaitu 76,16% pada suhu 280-380°C dan 22,37% pada suhu 400-500°C.

Kata Kunci—Monomer Vinil Asetat; Polivinil Alkohol; *Montmorillonite*

I. PENDAHULUAN

Badan mobil berteknologi listrik biasanyatersusun dari material berbahan dasar *fiberglass* dan poliuretan [1]. Dalam proses perekatan kerangka mobil listrik, diperlukan perekat yang dapat merekatkan material poliuretan dan *fiberglass* secara kuat. Perekat tersebut juga harus memiliki ketahanan panas yang tinggi (tahan pada kenaikan suhu tertentu).

Polivinil asetat (PVAc) adalah salah satu polimer aplikatif yang digunakan sebagai perekat material poliuretan. PVAc termasuk polimer yang dapat disintesis melalui proses polimerisasi emulsi. Kinerja mekanik dari PVAc akan menurun seiring meningkatnya suhu. Stabilitas ikatan PVAc akan menurun pada suhu di atas 70°C [2].

Polimerisasi emulsi PVAc umumnya terjadi melalui reaksi radikal bebas dengan beberapa komponen penting yaitu monomer dan *emulsifier* yang terdiri dari *buffer*, surfaktan, dan koloid pelindung [3]. Surfaktan memiliki peranan penting sebagai tempat terjadinya reaksi polimerisasi, stabilisator pertumbuhan partikel selama polimerisasi, dan sebagai agen pengubah rantai [4].

Optimalisasi kinerja dari PVAc dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan pemilihan surfaktan dan penambahan *montmorillonite*. Penambahan *montmorillonite* selama proses polimerisasi dapat meningkatkan kinerja mekanik PVAc sebagai perekat [2], namun pemakaian *montmorillonite* pada pelarut dimetil sulfoksida dan pengaruhnya pada ketahanan panas dari PVAc belum pernah dilaporkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sintesis Polivinil Asetat

Pelarut DMSO ditimbang sebanyak 462 gram dan dimasukkan ke dalam gelas reaktor melalui labu berleher lima. Kemudian dipanaskan hingga suhu 70°C dan dialiri gas nitrogen selama 2 menit. Setelah itu ditambahkan polivinil alkohol sebanyak 60,437 gram ke dalam gelas reaktor. Kemudian dinaikkan suhunya hingga 90°C dan diaduk menggunakan *mechanical stirer* dengan kecepatan 750 rpm hingga PVA terlarut sempurna.

Larutan amonium persulfat (APS), sodium bikarbonat (SBK), dan surfaktan dimasukkan ke dalam gelas reaktor selama proses pengadukan. Campuran diaduk selama 10 menit. Monomer vinil asetat (VAM) dan larutan amonium persulfat (APS) sebanyak 45 gram dimasukkan melalui *syringe* yang terpisah tetes demi tetes. Campuran diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 750 rpm sampai terbentuk busa putih. Campuran direfluks dan diaduk selama 10 menit kemudian ditambahkan campuran VAM-Surfaktan dan larutan APS. Sisa larutan amonium persulfat dan monomer vinil asetat dimasukkan kembali secara perlahan setelah isi *syringe* habis. Pengadukan campuran dilanjutkan kembali selama 4 jam dan suhu reaktor diturunkan hingga 30°C.

Dibutil phtalate (DBP) dan anti mikrobal (AM) pada tahap selanjutnya dimasukkan melalui salah satu leher labu. Pengadukan tetap dilanjutkan selama beberapa menit dan sintesis selesai dilakukan. Selanjutnya, dimasukkan serbuk *montmorillonite* K-10 (Sigma Aldrich) tanpa preparasi. *Montmorillonite* yang ditambahkan adalah variasi 1%, 2%, dan 3% berat *montmorillonite* terhadap PVAc. Campuran diaduk menggunakan *mechanical stirer* selama 1 jam dengan kecepatan 750 rpm. Produk berupa lateks PVAc dipindahkan di atas plat kaca dan dibiarkan pada suhu ruangan selama 2 minggu.

B. Karakterisasi Spektroskopi FTIR

PVAc dikarakterisasi dengan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Sampel dipreparasi terlebih dahulu sebelum dilakukan uji FTIR. Sampel PVAc diambil sebanyak 0,002 g dan diletakkan di atas mortar. Serbuk KBr ditambahkan sebanyak 0,01 g. PVAc dan KBr kemudian digerus dan ditekan menggunakan dongkrak hidrolik hingga berbentuk pelet. Pelet tersebut kemudian diletakkan dalam *holder* FTIR dan diukur dengan bilangan gelombang antara 500-4000 cm^{-1}

C. Karakterisasi Thermogravimetric Analysis (TGA)

Analisis termal dilakukan dengan TGA untuk mengetahui massa sampel yang terdekomposisi pada kenaikan suhu tertentu secara konstan. Sampel yang diuji ditimbang antara 10-80 mg. Laju pemanasan diatur sebesar 5°C/menit. Pengukuran dilakukan dengan rentang suhu 30-800°C. Alat TGA yang digunakan adalah TGA tipe Mettler Toledo. Analisis TGA dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Sintesis PVAc

Sintesis polivinil asetat dilakukan dalam *reactor glass* berukuran besar dengan penutup berleher lima. Leher pertama merupakan tempat diletakkannya pengaduk besi yang digerakkan menggunakan *mechanical stirer*. *Mechanical stirer* berfungsi sebagai pengaduk untuk mencampur bahan agar homogen. Leher kedua dihubungkan dengan kondensor refluks. Kondensor digunakan untuk menjaga agar pelarut DMSO tidak menguap. Leher ketiga dan keempat dipakai sebagai *infuse set*, tempat untuk mengalirkan inisiator amonium persulfat (APS) dan monomer vinil asetat (VAM) yang terhubung ke dua buah *syringe* yang terikat pada statif. Rangkaian alat yang digunakan ditunjukkan dalam gambar 1.



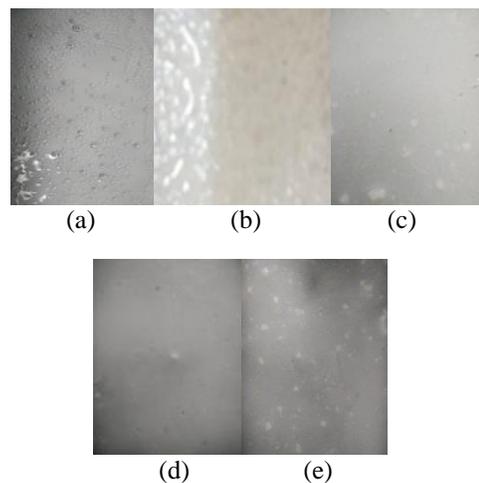
Gambar.1. Rangkaian alat polimerisasi PVAc

Pelarut DMSO dengan volume 420 mL dimasukkan ke dalam *reactor glass* dan dipanaskan hingga 70°C. Selanjutnya dimasukkan polivinil alkohol (PVA) sebanyak 60 gram menggunakan corong. Polivinil alkohol berfungsi sebagai koloid pelindung dan bahan aditif untuk meningkatkan daya tegang atau *tensile strength*, serta tahan terhadap abrasi [3]. Kemudian ke dalam *reactor glass*, dialirkan gas N₂ selama kurang lebih 2 menit. Gas N₂ ini berfungsi untuk membuat kondisi vakuum pada reaktor dan bebas dari oksigen. Adanya gas oksigen di dalam reaktor akan mengganggu proses polimerisasi. Kandungan oksigen dalam sistem polimerisasi dapat memperlambat laju reaksi polimerisasi [5]. Selanjutnya suhu dinaikkan menjadi 90°C dan pengaduk digerakkan dengan kecepatan 750 rpm hingga PVA terlarut sempurna.

Setelah terlarut sempurna, dimasukkan larutan amonium persulfat (APS), sodium bikarbonat (SBK), dan surfaktan FES 27 IS ke dalam *reactor glass*. Campuran diaduk selama 10 menit. Proses polimerisasi polivinil asetat ini termasuk polimerisasi emulsi. Dibutuhkan inisiator yang berfungsi untuk memulai terjadinya reaksi. Inisiator akan menghasilkan radikal bebas yang memulai propagasi dari molekul polimer. Surfaktan menurunkan tegangan permukaan air dan mematahkan ikatan-ikatan hidrogen pada permukaan[6]. Pada pembuatan PVAc, polimerisasi emulsi berlangsung pada pH 4,5-5,5. Untuk mendapatkan emulsi pada pH tersebut, digunakan *buffer* sodium bikarbonat [3].

Campuran monomer vinil asetat (VAM)-surfaktan dan larutan amonium persulfat (APS)-DMSO dimasukkan melalui dua *syringe* yang terpisah tetes demi tetes. Infus set diatur kecepatannya agar tetesan kedua *syringe* dapat habis secara bersamaan. Campuran kembali diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 750 rpm. Setelah isi *syringe* habis, dimasukkan kembali sisa larutan amonium persulfat (APS) dan monomer vinil asetat secara perlahan. Pengadukan campuran dilanjutkan selama 4 jam. Dilakukan penurunan suhu *waterbath* hingga 30°C.

Dimasukkan dibutil phtalate (DBP) dan anti mikrobal (AM) melalui salah satu leher labu. Penambahan ini dilakukan pada saat suhu sistem sekitar 50°C. Fungsi dari penambahan ini adalah untuk memberikan sifat plastis pada produk serta mencegah dari gangguan pertumbuhan jamur [5]. Pengadukan tetap dilanjutkan selama beberapa menit dan sintesis selesai dilakukan. Dimasukkan variasi *montmorillonite* 1%, 2%, dan 3% dan diaduk kembali dengan kecepatan 750 rpm. Produk berupa lateks PVAc dicetak di atas plat kaca dan dibiarkan pada suhu ruangan selama 2 minggu. Produk lateks yang dihasilkan ditunjukkan dalam gambar 2.



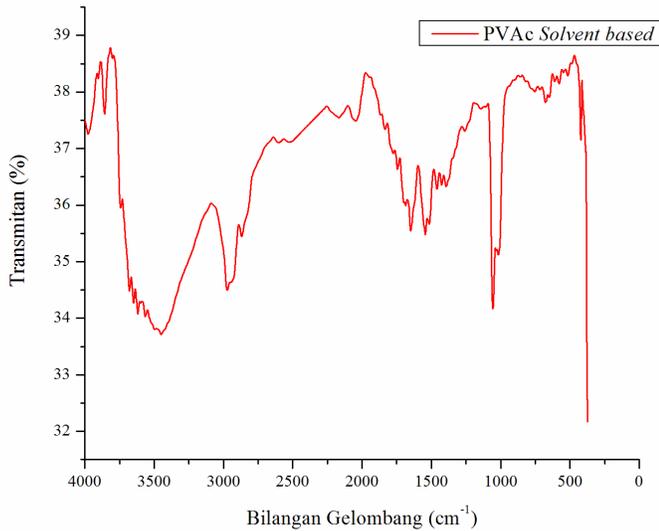
Gambar.2. Produk PVAc (a) *solvent based*, (b) pelarut DMSO tanpa penambahan MMT, (c) penambahan MMT 1%, (d) penambahan MMT 2%, (e) penambahan MMT 3%

PVAc hasil sintesis memiliki viskositas yang lebih tinggi daripada PVAc *solvent based*. Melalui pengamatan secara fisik, diketahui bahwa PVAc hasil sintesis bersifat sangat kental dan tidak dapat diuji karena dapat menghambat pipa kapiler yang terdapat pada alat uji viskositas.

B. Karakterisasi FTIR

Karakterisasi dengan spektroskopi FTIR digunakan untuk mendapatkan gambaran dan struktur molekul senyawa polivinil asetat. Spektrum FTIR yang dihasilkan selanjutnya dianalisis untuk menentukan gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam sampel lateks PVAc.

PVAc *solvent based* yang berasal dari PT. Greatchemindo Satria Putramas digunakan sebagai dasar acuan dalam penelitian ini. Hasil karakterisasi sampel PVAc *solvent based* dapat dilihat dari gambar 3.



Gambar. 3. Spektra FTIR PVAc *solvent based*

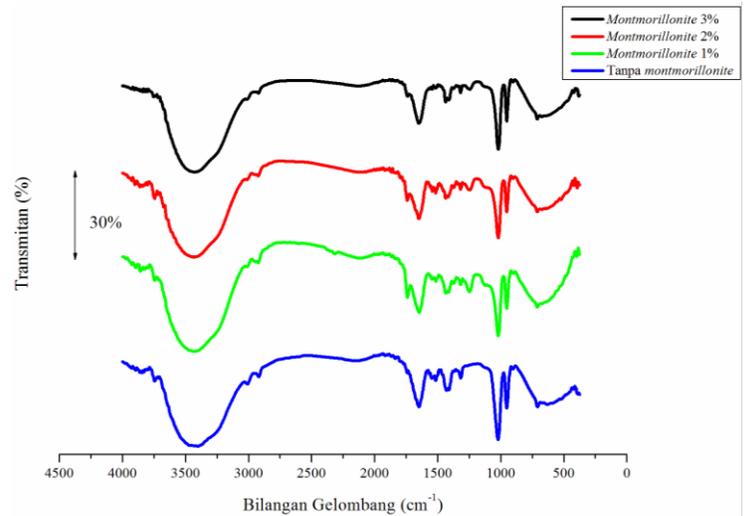
Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya puncak-puncak spektra khas pada bilangan gelombang (cm^{-1}) 3448, 2972, 1745, 1649, dan 1057 yang secara berurutan menunjukkan gugus-gugus fungsi vibrasi ulur -OH, vibrasi ulur CH sp^3 , vibrasi regang C=O , vibrasi regang C=C , dan vibrasi ulur C-O . Munculnya gugus C=C pada spektra inframerah disebabkan karena adanya sisa monomer vinil asetat (VAM) yang tidak bereaksi. Hasil dari karakterisasi ini memiliki puncak-puncak spektra yang menunjukkan ciri khas dari senyawa PVAc.

Spektra inframerah dari PVAc *solvent based* memiliki intensitas yang lebih kecil dibandingkan dengan spektra inframerah dari PVAc hasil sintesis. Spektra inframerah PVAc *solvent based* memiliki rentang transmittan antara 33-39%. Spektra inframerah PVAc hasil sintesis memiliki rentang transmittan antara 4-33%.

Gambar 4. menunjukkan perbandingan antara spektra inframerah dari PVAc hasil sintesis tanpa penambahan *montmorillonite* dengan PVAc hasil sintesis menggunakan penambahan variasi *montmorillonite* 1%, 2%, dan 3%. Setiap sampel mempunyai nilai bilangan gelombang dan intensitas yang berbeda.

PVAc tanpa *montmorillonite* memiliki serapan vibrasi regang C=C pada bilangan gelombang 1649 cm^{-1} dengan intensitas yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dari tajamnya puncak dengan prosentase mencapai 20%. Sedangkan pada PVAc hasil sintesis dengan penambahan *montmorillonite* 1%, serapan vibrasi regang C=C muncul pada bilangan gelombang 1645 cm^{-1} dengan intensitas yang lebih rendah. Puncak dengan

intensitas tertinggi adalah vibrasi ulur -OH. Besar bilangan gelombang untuk masing-masing sampel dapat dilihat paada tabel 1.



Gambar.4. Spektra FTIR dari sampel PVAc hasil sintesis

Tabel.1. Puncak-puncak penting dari spektra FTIR PVAc

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})				
	Solvent Based	Tanpa MMT	MMT 1%	MMT 2%	MMT 3%
Vibrasi ulur -OH	3448	3433	3425	3427	3429
Vibrasi ulur CH sp^3	2972	3009	3010	3010	3012
Vibrasi regang C=O	1745	1739	1739	1741	1737
Vibrasi regang C=C	1649	1649	1645	1647	1651
Vibrasi ulur C-O	1057	1020	1018	1020	1018

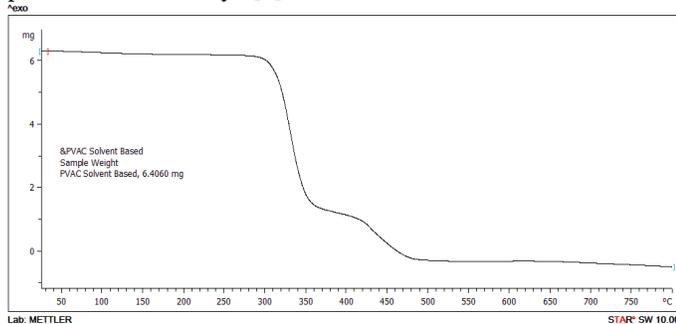
Melalui uji spektroskopi FTIR diketahui bahwa PVAc telah berhasil disintesis melalui metode semibatch menggunakan pelarut DMSO. Sampel PVAc *solvent based* memiliki spektrum yang mirip dengan PVAc hasil sintesis. Penambahan *montmorillonite* sedikit menggeser bilangan gelombang dari beberapa puncak spektra FTIR. Hal ini dapat dilihat dari keberadaan gugus fungsi yang sama dengan bilangan gelombang yang memiliki perbedaan tidak signifikan.

C. Karakterisasi Thermogravimetric Analysis (TGA)

Karakterisasi TGA digunakan untuk mengetahui dekomposisi yang terjadi pada sampel akibat laju pemanasan

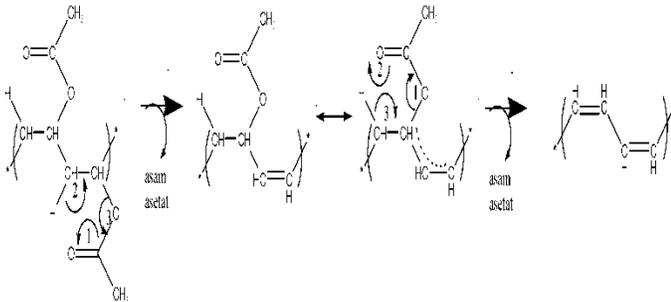
yang diberikan. Pemanasan mengakibatkan dekomposisi pada sampel yang ditunjukkan dengan hilangnya massa sampel.

Hasil uji TGA untuk sampel polivinil asetat *solvent based* menunjukkan dua dekomposisi, yakni pada rentang suhu antara 280-380°C sebesar 76,16% dan pada rentang suhu antara 400-500°C sebesar 22,37%. Hasil pada gambar 5. menunjukkan kemiripan daerah dekomposisi PVAc dengan penelitian sebelumnya [7].



Gambar.5. Kurva TGA PVAc solvent based

Dekomposisi PVAc tahap pertama terjadi karena proses deasetilasi dan awal terbentuknya poliena (ditunjukkan dalam gambar 6). Poliena adalah rantai karbon dengan ikatan rangkap dan tunggal yang saling berurutan [8]. Dekomposisi PVAc tahap kedua terjadi pengurangan massa disebabkan oleh degradasi poliena yang terbentuk selama diasetilasi dan pembentukan CO₂[7].



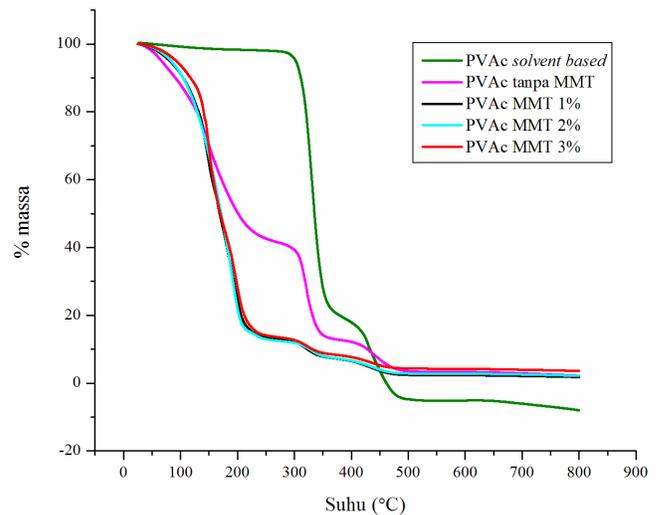
Gambar.6 Skema reaksi pelepasan gugus asetil

Sampel PVAc hasil sintesis dengan pelarut DMSO memiliki perbedaan dekomposisi dengan PVAc *solvent based*. PVAc hasil sintesis tanpa penambahan *montmorillonite* memiliki tiga tahap dekomposisi, yaitu pada rentang suhu antara 40-260°C sebesar 57,27%, pada rentang suhu antara 320-360°C sebesar 27,73%, dan pada rentang suhu antara 400-500°C sebesar 8,94%.

Sampel PVAc hasil sintesis dengan penambahan *montmorillonite* 1% memiliki tiga tahap dekomposisi, yaitu pada rentang suhu antara 40-250°C sebesar 86,02%, pada rentang suhu antara 290-360°C sebesar 4,79%, dan pada rentang suhu antara 380-490°C sebesar 4,65%. Sampel PVAc hasil sintesis dengan penambahan *montmorillonite* 2% memiliki empat tahap dekomposisi, yaitu pada rentang suhu antara 40-220°C sebesar 84,67%, pada rentang suhu antara 220-250°C sebesar 1,87%, pada rentang suhu antara 300-360°C sebesar 4,25%, dan pada rentang suhu antara 380-490°C sebesar 4,24%. Sampel PVAc hasil sintesis dengan penambahan *montmorillonite* 3% memiliki tiga tahap dekomposisi, yaitu

pada rentang suhu antara 120-170°C sebesar 42,43%, pada rentang suhu antara 170-250°C sebesar 31,98%, dan pada rentang suhu antara 290-360°C sebesar 4,34%. Hasil TGA dari sampel PVAc dapat dilihat pada gambar 7.

Dekomposisi yang diawali pada suhu 40°C disebabkan karena sesuatu yang belum diketahui. Dekomposisi yang diawali pada suhu 100°C diduga terjadi karena molekul air yang menguap. Hal ini didukung dengan fakta bahwa PVAc hasil sintesis yang bersifat lebih lembab (kadar air lebih tinggi) dibandingkan dengan PVAc *solvent based*.



Gambar.7. Hasil TGA sampel polivinil asetat

Hasil sintesis PVAc dengan masing-masing variasi penambahan *montmorillonite* memiliki zona suhu dekomposisi yang hampir sama (dapat dilihat dalam tabel 2). PVAc *solvent based* memiliki ketahanan termal yang lebih tinggi dibandingkan semua PVAc hasil sintesis. Penurunan massa pada masing-masing tahapan dekomposisi dapat dilihat pada tabel 3.

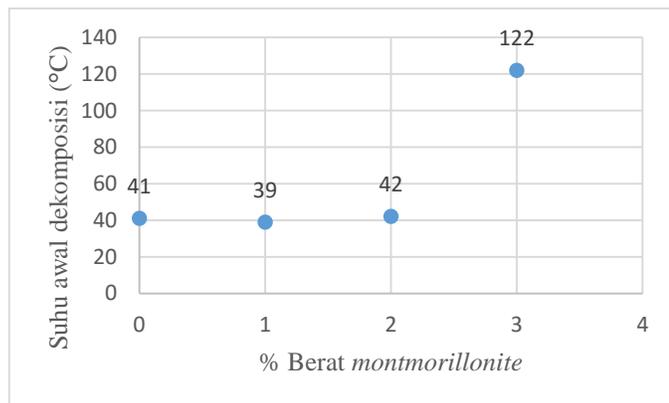
Tabel.2. Zona suhu dekomposisi sampel

Sampel	Zona Suhu Dekomposisi (°C)				
	I	II	III	IV	
A	<i>Solvent based</i>	-	280-380	400-500	
B	Tanpa MMT	40-260	320-360	400-500	
C	MMT 1%	40-250	290-360	380-490	
D	MMT 2%	40-220	220-250	300-360	380-490
E	MMT 3%	120-170	170-250	290-360	-

Tabel .3. Penurunan massa sampel pada zona dekomposisi

Sampel		Penurunan Massa Sampel pada Zona Suhu Dekomposisi (%)			
		I	II	III	IV
A	<i>Solvent based</i>	-		76,16	22,37
B	Tanpa MMT	57,27		27,73	8,94
C	MMT 1%	86,02		4,79	4,65
D	MMT 2%	84,67	1,87	4,25	4,24
E	MMT 3%	42,34	31,98	4,34	-

Melalui uji TGA diketahui bahwa PVAc mempunyai dua daerah dekomposisi, yaitu pada suhu 280-380°C dan 400-500°C. PVAc hasil sintesis memiliki daerah dekomposisi yang mirip dengan PVAc *solvent based*, namun ketahanan termal PVAc *solvent based* masih lebih baik dibandingkan PVAc hasil sintesis. Penambahan *montmorillonite* hanya meningkatkan ketahanan termal hingga suhu 120°C, seperti ditunjukkan pada Gambar.8.



Gambar.8. Suhu awal dekomposisi masing-masing sampel PVAc

Montmorillonite adalah salah satu *filler* yang banyak digunakan dalam modifikasi suatu polimer. *Montmorillonite* merupakan material yang banyak mengandung silika [9]. Penambahan silika membuat mekanisme degradasi termal semakin kompleks. PVAc dengan modifikasi silika lebih sulit terurai dibandingkan PVAc murni [10]. Material yang sulit terurai akan memiliki suhu dekomposisi yang lebih tinggi dibandingkan material yang mudah terurai. Terdapat empat parameter utama yang mempengaruhi sifat suatu polimer termodifikasi, yaitu [9]:

- Rasio *filler*
- Dispersi *filler*
- Kesesuaian *filler* dan orientasinya
- Interaksi antar muka dari polimer-polimer dan polimer-*filler*

Montmorillonite yang ditambahkan akan terdispersi ke dalam matriks PVAc. Proses dispersi ini sulit terjadi tanpa adanya preparasi terhadap *montmorillonite* yang akan ditambahkan. Penambahan *montmorillonite* dalam jumlah berlebih juga mengakibatkan sulitnya terjadi dispersi secara sempurna. Saat *montmorillonite* dapat terdispersi dengan baik dalam matriks, maka kualitas dari PVAc dapat meningkat [11].

IV. KESIMPULAN

Polimerisasi emulsi polivinil asetat dari polivinil alkohol dan monomer vinil asetat menggunakan pelarut dimetil sulfoksida telah berhasil dilakukan. Sintesis polivinil alkohol dilakukan dengan variasi penambahan *montmorillonite* 1%, 2%, dan 3%. Polivinil asetat hasil sintesis selanjutnya dibandingkan dengan sampel polivinil asetat *solvent based*.

Melalui uji spektroskopi FTIR diketahui bahwa sampel PVAc *solvent based* memiliki spektrum yang mirip dengan PVAc hasil sintesis. Penambahan *montmorillonite* sedikit menggeser bilangan gelombang dan intensitas dari beberapa puncak spektra FTIR. Melalui uji TGA diketahui bahwa PVAc mempunyai dua daerah dekomposisi, yaitu pada suhu 280-380°C dan 400-500°C. PVAc hasil sintesis memiliki daerah dekomposisi yang mirip dengan PVAc *solvent based*, namun ketahanan termal PVAc *solvent based* masih lebih baik dibandingkan PVAc hasil sintesis. Penambahan *montmorillonite* pada sintesis PVAc hanya dapat meningkatkan ketahanan termal hingga suhu 120°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada tim penelitian polimer, Laboratorium Kimia Material dan Energi Jurusan Kimia FMIPA ITS, serta semua pihak yang turut membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- Nieuwenhuyse, A.E.V. 2006. *Thermal Insulation Materials Made of Rigid Polyurethane Foam (PUR/PIR) Properties – Manufacture, Federation of European Rigid Polyurethane Foam Associations*, Belgium: Bing-Europe Press.
- Kaboorani, A. dan Riedl, B. 2011. *Effects of Adding Nanoclay on Performance of Polyvinyl Acetate (PVA) as a Wood Adhesive*. Composites: Part A 4, 1031-1039.
- Lange, H. 2011. *Emulsion Polymerization of Vinyl Acetate with Renewable Raw Materials*. Necka: Degree Project in Coating Technology.
- Salager, J. 2002. *Surfactants Types and Uses, version 2, FIRP Booklet E300-A: Teaching Aid in Surfactant Science & Engineering in English*. Merida-Venezuela: Universidad De Los Andes.
- Chern, C.S. 2006. *Emulsion Polymerization Mechanisms and Kinetics*. Progress in Polymer Science 31, 443-486.
- Ralp, J. Fessenden. 1982. *Kimia Organik. Edisi Ke Empat, Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Rimez, H.G. 2008. *The Thermal Degradation of Poly(Vinyl acetate) and Poly(ethylene-co-vinyl acetate). Part I: Experimental Study of the Degradation Mechanisms*. Polymer Degradation and Stability 93. 800-810.
- Novita, M. 2010. *Karakterisasi Dinamika Tingkat Tenaga Eksitasi $2A_g^-$ pada Karotenoid Spheroidene Menggunakan Spektroskopi Ultra Cepat Pisah Waktu*. 13. C65-C68.

- [9] Sapalidis, A. Andreas, Fotios K. Katsaros, dan Nick K. Kanelopoulos. 2011. *PVA/Montmorillonite Nanocomposites: Development and Properties, Nanocomposites and Polymers with Analytical Methods*. Rijeka: Slavka University Campus.
- [10] Peng, Zheng dan Ling Xue Kong. 2007. *A Thermal Degradation Mechanism of Polyvinyl Alcohol/Silica Nanocomposites*. *Polymer Degradation and Stability* 92 1061e1071.
- [11] Zanetti M, Camino G, Toman R, dan Mulhaup R. 2001. *Synthesis and Thermal Behavior of Layered Silicate-EVA Nanocomposites*. *Polymer*;42(6):4501–7.