

PEMBUATAN POLIURETAN ELASTOMER RAMAH LINGKUNGAN BERAZASKAN JATROPHA OIL

Vera Ilhani¹

¹*Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹ vera.mosaipa@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan tentang pembuatan poliuretan berbasis Metilen difenil diisosianat (MDI) dan minyak jarak pagar dengan menggunakan etil asetat, dibutyltin dilaurat, metal laurat, nano tio₂, pentaeritritol, dan aquades sebagai pengisi tambahan yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik poliuretan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh massa MDI dan minyak jarak pada pembuatan poliuretan dengan memvarisirkan bahan utamanya. Karakteristik analisa stabilitas termal menggunakan alat TGA (Thermo Gravimetric Analyzer) menunjukkan keandalan termal yang sangat baik memiliki stabilitas termal, kapasitas penyimpanan panas laten yang tinggi, dan stabilitas siklus termal yang unggul dengan ketahanan termal hingga 403.65°C. Pada analisa gugus fungsi menggunakan FT-IR spektroskopis gugus N-H pada daerah serapan 132.24 cm⁻¹, pada daerah serapan 3620.39 cm⁻¹ merupakan gugus O-H dan daerah serapan 1541.12 cm⁻¹ merupakan gugus C=C (MDI). Sedangkan analisa struktur morfologi menggunakan alat SEM (Scanning Electron Microscope) pada sampel PU sampel A memiliki permukaan halus dan menandakan partikel padat sebagai penstabil yang baik (emulsi pickering) dibandingkan dengan sampel B yang menunjukkan beberapa bentuk agregat yang menggumpal dan berpori-pori besar, serta permukaan yang lebih halus.

Kata kunci : *Poliuratan, MDI, Minyak Jarak, PCM*

ABSTRACT

In this research, the manufacture of polyurethane based on methylene diphenyl diisocyanate (MDI) and jatropha oil was conducted using ethyl acetate, dibutyltin dilaurate, metal laurate, nano tio₂, pentaerythritol, and aquades as additional fillers aimed at improving the mechanical properties of polyurethane. The purpose of this study was to determine the effect of MDI mass and castor oil on the manufacture of polyurethane by varying the main ingredients. Characteristics of thermal stability analysis using TGA (Thermo Gravimetric Analyzer) shows excellent thermal reliability having thermal stability, high latent heat storage capacity, and superior thermal cycle stability with thermal resistance up to 403.65°C. In the functional group analysis using spectroscopic FT-IR the N-H group in the distribution area of 132.24 cm⁻¹, in the absorption area of 3620.39 cm⁻¹ is the O-H group and the absorption area of 1541.12 cm⁻¹ is the C=C (MDI) group. While the morphological structure analysis using SEM (Scanning Electron Microscope) on the PU sample, sample A has a smooth surface and indicates solid particles as a good stabilizer (emulsion pickering) compared to sample B which shows several forms of agglomerates and large pores, and smoother surface.

Key words : *Polyurethane, MDI, Castor Oil, PCM*

I. PENDAHULUAN

1.1 Poliuretan

Poliuretan adalah kelas polimer yang hanya memiliki satu aspek umum kelompok uretan (NHCO-O-). Gugus uretan (karbamat) biasanya dibentuk oleh reaksi antara isosianat dan gugus hidroksil (poliol), meskipun rute alternatif seperti dari bischloroformates dan amina digunakan dalam kasus khusus. Karena pentingnya industri besar poliuretan, kimia isosianat telah dipelajari secara ekstensif.

Gugus isosianat sangat reaktif dan memungkinkan konversi kuantitatif yang mudah menjadi kelompok uretan tanpa produk sampingan. Reaktivitas tinggi juga dapat menimbulkan masalah, terutama karena bahaya kesehatan dan kemungkinan reaksi samping atau yang tidak diinginkan seperti itu sebagai reaksi dengan air atau dengan gugus uretan atau urea yang sudah terbentuk.

1.1.1 Poliol

Poliol yang digunakan untuk sintesis PU sering terdiri dari dua atau lebih gugus -OH. Ada berbagai jenis poliol yang tersedia yang dapat disiapkan di laboratorium dengan berbagai cara.. Poliol sering digunakan sebagai campuran molekul yang serupa di alam tetapi dengan berat molekul yang berbeda yaitu molekul memiliki jumlah gugus -OH yang berbeda.

Terlepas dari kerumitan campuran poliol, poliol kelas industri memiliki komposisi yang telah dikontrol secara hati-hati untuk mendapatkan sifat konsisten yang diperlukan untuk memproduksi PU dengan sifat khusus. Sebagai contoh, PU kaku dibuat dari poliol dengan berat molekul rendah (beberapa ratus) sedangkan PU fleksibel diperoleh dari poliol dengan berat molekul tinggi (sekitar sepuluh ribu ke atas).

Poliuretan (PU) dengan sifat yang melingkupi elastomer yang sangat baik

hingga termoplastik yang kuat, telah digunakan secara luas disebabkan karena sifat fisiknya misalnya kekuatan tensil yang tinggi, abrasi dan tahan koyak, tahan terhadap minyak dan pelarut, suhu fleksibilitas yang rendah, dan versatilitas yang tinggi didalam struktur kimia. Perlindungan terhadap lingkungan dapat lebih direalisasikan ketika poliol digantikan dengan bahan yang dapat diperbaharui, seperti minyak tumbuhan (Lu et al, 2005).

Diantara banyak jenis minyak tumbuhan, minyak jarak mempunyai tiga gugus hidroksil yang baik untuk mensintesa poliuretan, dapat meningkatkan sifat mekanis atau daya tahan terhadap air (Rozanna Dewi, 2015).

1.1.2 Isosianat

Peningkatan sifat elektrofilik isosianat dapat dilakukan dengan menghilangkan kerapatan elektron dari nitrogen atau oksigen dari gugus NCO. Isocyanate aromatik seperti toluene diisocyanate (TDI) dan diphenylmethane diisocyanate (MDI) biasanya lebih reaktif dibandingkan dengan rekan alifatik mereka seperti isophorene diisocyanate (IPDI) dan hexamethylene diisocyanate (HDI). Sebagian besar isosianat bersifat fungsional (masing-masing molekul memiliki dua kelompok isosianat), kecuali beberapa anggota seperti diphenylmethane diisocyanate yang terdiri dari campuran molekul yang mengandung dua atau lebih gugus isosianat.

Tabel 2.1 Berbagai jenis PU dan aplikasinya

No.	Jenis PU	Aplikasi
1	Plastik berbusa	Bahan bantalan, bahan isolasi, bahan bangunan, dll.
2	Elastomer	Ban, pipa, sepatu, bahan penambal, dll.
3	Pelapis	Anti korosi, dekorasi lapisan tahan aus, dll
4	Perekat	Pengikatan kayu,

		kaca, atau keramik, logam, bahan molekular, dll
5	Sealant	Penyelangan gedung, jalan, dan komponen elektronik, dll
6	Resin kulit	Pakaian, furniture, sepatu, dll.
7	Bahan tahan air	Bahan bangunan

1.2 Aplikasi Poliuretan

1.2.1 Elastomer

Elastomer adalah kelas material yang menunjukkan deformasi reversibel tinggi. Perilaku seperti itu membutuhkan rantai yang sangat fleksibel, yaitu antarmolekul derajat rendah interaksi, dan adanya ikatan silang yang mencegah tergelincirnya rantai terhadap tetangga mereka menyebabkan aliran plastik. Tautan silang dapat berupa bahan kimia atau sifat fisik. Keduanya digunakan dalam elastomer poliuretan. Persilangan fisik penautan dapat diperoleh melalui ikatan hidrogen dan pembentukan domain keras. Pengikatan silang kimiawi diperkenalkan melalui konstituen tri- atau multifungsi.

Setelah dimasukkan, ikatan silang kimia tidak dapat dengan mudah dihancurkan oleh termal perlakuan seperti halnya dengan tautan silang fisik, kecuali dalam beberapa kasus khusus kelompok kimia labil, menghasilkan jaringan yang tidak dapat diubah. Jadi, secara fisik polimer berikatan silang memungkinkan beberapa peleburan atau pelarutan bahan yang sangat penting secara praktis.

Elastomer poliuretan ikatan silang secara fisik adalah kopolimer blok, yang terdiri dari blok kaku dan fleksibel bergantian. Disebabkan oleh polaritas dan sifat kimiawi yang berbeda dari kedua blok itu mereka pisahkan menjadi dua fase yang ditetapkan sebagai "lunak" dan "keras". Blok keras juga diasosiasikan dengan domain karena kekakuan dan ikatan hidrogen. Domain keras bertindak sebagai tautan silang fisik.

1.2.2 Pelapis dan perekat

Pelapis dan perekat yang memanfaatkan air terutama sebagai pelarut sering disebut sebagai polyurethanes melalui air (WPU). Ada beberapa undang-undang yang membatasi jumlah pelarut organik yang mudah menguap dan polutan udara berbahaya lainnya yang mungkin dilepaskan ke lingkungan. Distribusi ukuran partikel bimodal dikontrol secara ketat. Hal ini disebabkan oleh pentingnya distribusi ukuran partikel sebagai parameter dalam penentuan viskositas dan keterkaitan konten padat.

1.2.3 Busa kaku (*foam*)

Busa PU kaku mewakili salah satu isolasi serbaguna dan hemat energi yang paling dikenal. Busa ini dapat secara signifikan mengurangi biaya energi di satu sisi dan dapat membuat peralatan komersial dan perumahan lebih nyaman dan efisien di sisi lain. Laporan Departemen Energi AS menunjukkan bahwa pemanasan dan pendinginan adalah salah satu konsumen utama energi di sebagian besar rumah. Mereka bertanggung jawab atas sekitar 48% dari total konsumsi energi di rumah khas A.S. Untuk memastikan suhu yang stabil serta mengurangi tingkat kebisingan di rumah dan peralatan komersial, pembangun sering menggunakan busa poliisosiuranat dan PU.

Busa ini telah terbukti efektif sebagai bahan insulasi yang aplikasinya menembus insulasi jendela, insulasi dinding dan atap serta sealant penghalang untuk udara dan pintu. Persiapan busa PU kaku dapat dilakukan dengan menggunakan polioliol berbasis minyak bumi serta polioliol berbasis bio dari minyak nabati atau lignin berbasah dasar celana. Properti PU yang diformulasikan tergantung pada kategori gugus hidroksil yang ada dalam polioliol. Misalnya, gliserin yang merupakan polioliol berbasis minyak bumi, mengandung gugus hidroksil primer. (J. O. Akindoyo, 2016).

1.3 Poliuretan dan poliuretan termodifikasi

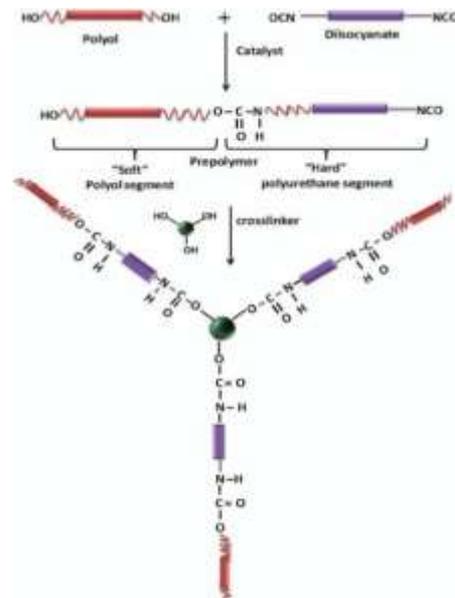
PU adalah polimer sintetik yang diperoleh melalui proses polimerisasi satu atau dua langkah. Tiga komponen vital dalam sintesis PU meliputi (i). Polyol (ii) diisocyanate dan (iii) crosslinker, yang digabungkan untuk membentuk urethane linkage (-NHCOO-) tulang punggung ultimate struktur PU. Polioliol dapat berupa poliester polioliol, polieter, polikarbonat atau polycaprolactones. Ada lebih dari 500 jenis polioliol yang tersedia secara komersial. Polioliol memainkan peran penting dalam sifat fisikokimia PU. Polioliol bermassa molekul tinggi digunakan untuk produksi PU fleksibel dan bahan lain. sebaliknya .

Isosianat adalah alifatik, sikloalifatik, disikloalifatik, polisiklik atau aromatik. Isosianat memiliki karakteristik gugus $N = C = O$ (NCO) dalam molekulnya, di mana karakter positif atom karbon menentukan reaktivitas isosianat, karena ia menarik nukleofil sedangkan atom N dan O menarik elektrofil. Isosianat aromatik digunakan untuk produksi PU kaku. Umumnya, diol rantai pendek juga merupakan pemanjangan rantai. Pemanjangan rantai ini mempengaruhi sifat-sifat segmen keras karena variasi struktur kimianya, sifat biokimia, fungsionalitas, volume molekul dan panjang rantai. Katalis juga digunakan untuk mempercepat sintesis PU. Demikian pula, sifat perancah PU seperti fleksibilitas atau kekakuan, kemampuan degradasi atau non-degradabilitas, hidrofilitas atau hidrofobitas, dan ikatan silang kimiawi dapat dikontrol. (Md. D. H. Beg, 2016)

1.4 Poliuretan PCM

Bahan perubahan fasa berbasis metil laurat mikroenkapsulasi (MEPCMs) dengan bahan cangkang poliuretan disintesis melalui oligomerisasi emulsi pickering, MEPCM yang disintesis menunjukkan struktur inti cangkang transparan. Selain itu ketebalan cangkang

secara kasar beragam 8-10 μm dan ukuran MEPCM setinggi 147,71 J/g dan 143,36 J/g, disertai enkapsulasi 83,34% efisiensi. Selain itu, kami juga mendeteksi struktur kimia MEPCM sebelum dan sesudah mengalami uji siklus pemanasan-pendinginan, yang menunjukkan bahwa MEPCM ini menunjukkan stabilitas kimiawi yang baik. Selain itu, MEPCM yang diperoleh menunjukkan stabilitas penyimpanan yang baik. Studi kami menunjukkan bahwa polimerisasi emulsi Pickering dapat diterapkan untuk membuat MEPCM dengan bahan cangkang PU.



Gambar 2.1 Diagram skematis yang menggambarkan sintesis hubungan poliuretan (-NHCOO-) dan jaringan PU crosslinked.

Polyurethane (PU) tidak hanya menunjukkan keramahan lingkungan, tetapi juga menunjukkan kepraktisan dan potensi besar dalam teknologi mikroenkapsulasi. Sedangkan cangkang PU dengan sifat yang sangat baik dapat diperoleh melalui desain struktur molekul. Jadi PU dianggap sebagai bahan cangkang paling menjanjikan untuk membuat MEPCM. Namun, sejauh pengetahuan kami, sangat sedikit perhatian yang difokuskan pada persiapan MEPCM dengan bahan PU

cangkang. MEPCM yang mengandung metil laurat dengan bahan cangkang PU disintesis melalui polimerisasi antarmuka dalam emulsi Pickering. Dan morfologi, struktur kimia, keadaan termal dan stabilitas penyimpanan panas laten MEPCM fabrikasi ini telah dieksplorasi. Selain itu, kami juga mempelajari sifat siklus termal, stabilitas kimia dan stabilitas penyimpanan MEPCM yang disiapkan ini.

Selain itu, MEPCM dapat meningkatkan konduktivitas termal dan area perpindahan panas PCM untuk bertemu dengan kelayakan aplikasi serbaguna, semakin banyak metode termasuk polimerisasi antarmuka, polimerisasi suspensi, polimerisasi in situ, Memilih polimerisasi emulsi dan seterusnya telah diusulkan untuk membuat MEPCM. Di antara semuanya, polimerisasi emulsi Pickering telah menarik banyak perhatian karena sifatnya yang unik seperti tanpa penambahan surfaktan molekuler, perlindungan lingkungan hijau dan stabilitas emulsi yang tinggi. Selain itu, MEPCM dengan cangkang polimer / hibrida anorganik dapat dibuat melalui polimerisasi emulsi Pickering, memiliki sifat mekanik dan stabilitas termal yang lebih baik daripada MEPCM yang dibuat dengan polimerisasi antarmuka. Dan kombinasi partikel anorganik pada bahan cangkang dapat memberikan konduktivitas termal yang tinggi pada MEPCM dan beberapa sifat unik seperti magnetism. Oleh karena itu, para peneliti telah mengupayakan upaya untuk menghasilkan MEPCM dengan polimerisasi emulsi Pickering .

Di sisi lain, secara umum diakui bahwa kinerja MEPCM bergantung pada bahan cangkang . Sejauh ini, banyak MEPCM yang memiliki poli (metil metakrilat) (PMMA), melamin-formaldehida (MF), polistiren (PS) dan poly- urea bahan cangkang dirancang. Namun, beberapa molekul rendah molekul yang tersisa seperti formaldehida, akrilat dan stirena dalam resin MF,

PMMA dan PS, yang dapat menyebabkan bahaya besar bagi kesehatan manusia dan lingkungan dan sulit untuk dihilangkan, bersama dengan kekompakan yang buruk dan tingkat kerapuhan kulit poliurea sangat membatasi aplikasi praktis mereka dalam sintesis MEPCM. Dalam makalah ini, MEPCM yang mengandung metil laurat dengan bahan cangkang PU disintesis melalui polimerisasi antarmuka dalam emulsi Pickering. Dan morfologi, struktur kimia, keandalan termal dan stabilitas penyimpanan panas laten MEPCM fabrikasi ini telah dieksplorasi (Zhiqiang Wang, 2020).

1.5 Kimia PU

Kimia PU membuatnya dikelompokkan dengan senyawa lain yang sering secara kolektif disebut sebagai polimer reaksi. Senyawa-senyawa ini termasuk fenolat, poliester tak jenuh dan epoksi. Secara umum, PU sering disintesis dari reaksi antara molekul isosianat dan polioliol dengan adanya katalis atau aktivasi cahaya ultraviolet. Molekul isosianat dan polioliol harus mengandung dua atau lebih gugus isosianat ($R-(N=C=O)_n \geq 2$) dan gugus hidroksil ($R'-(OH)_n \geq 2$), masing-masing. Properti yang dipamerkan biasanya tergantung pada jenis polioliol dan isosianat dari mana dibuat..

Polimer elastis dapat diperoleh melalui rantai panjang dengan ikatan silang rendah, sedangkan polimer keras dapat diperoleh dari rantai pendek dengan ikatan silang tinggi. Di sisi lain, kombinasi rantai panjang dengan pengikat silang rata-rata akan menghasilkan polimer yang cocok untuk pembuatan busa. Karena pengikatan silang dalam PU sering memiliki berat molekul tak terbatas dengan membangun jaringan yang tiga dimensi. Ini adalah alasan mengapa sebagian kecil PU dapat disebut sebagai molekul raksasa dan ini menjelaskan mengapa PU biasa sering tidak akan menjadi lunak atau meleleh ketika dipanaskan. Penggabungan aditif berbeda

di samping isosianat dan polioliol, serta modifikasi pada kondisi pemrosesan memungkinkan untuk mendapatkan berbagai fitur karakteristik yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi.

II. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Methilen diisocyanate (MDI), minyak jarak pagar dikeringkan pada 100° C selama 12 jam dalam kondisi vakum saat diterima, ethyl acetate (EA), dibutyltin dilaurate (DBTDL), metil Laurat, nano-titanium dioksida (nano-TiO₂), pentaeritritol, aquades.

Sedangkan alat yang digunakan ialah Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) Shimadzu IR Prestige – 21 (Serial No. A210048 02519), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM – 6510LA, alat uji thermogravimetric analysis (TGA), *beaker glass*, *hot plate*, pipet tetes, *magnetic stirrer*, timbangan analitik, termometer, kertas saring, cetakan.

1.6 Analisa Poliuretan

Ditimbang MDI sebanyak 7,5 gram dan Minyak jarak 1,5 gram dilarutkan dalam EA 9,6 ml, dan DBTDL diteteskan ke dalam campuran. Setelah campuran dibiarkan bereaksi pada suhu 50 ° C selama 1 jam, metil laurat sebanyak 33,12 g ditambahkan ke larutan prapolimer PU yang diperoleh untuk membuat fasa minyak A. Nano-TiO₂ 0,9 gr diencerkan dengan dalam 750 ml aquades, kemudian 2,04 gr pentaeritritol ditambahkan. larutan B dibuat.

Fase minyak A perlahan-lahan dimasukkan ke dalam larutan B yang telah disiapkan di bawah pengadukan kuat, dipanaskan sampai 60 ° C dan pengadukan dilanjutkan selama 2,5 jam. PU yang diperoleh disaring, dibilas dengan aquades,

dicetak dan dikeringkan dengan udara selama 24 jam.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Massa Minyak Jarak Terhadap Poliuretan yang di Hasilkan

Pembuatan poliuretan sangat tergantung pada pemilihan jenis isosianat dan hidroksil yang digunakan. Minyak jarak (Castor Oil) yang dihasilkan dari biji tanaman jarak mengandung trigliserida asam-asam lemak terutama asam risinoleat dengan kandungan sebesar 89,5%, sehingga minyak jarak sering disebut sebagai sumber trigliserida yang memiliki gugus fungsi hidroksi dengan satu asam lemak berkonsentrasi tinggi. Kandungan asam risinoleat cukup tinggi dalam minyak jarak dapat dimanfaatkan sebagai sumber gugus hidroksi dalam pembuatan poliuretan.

Dengan menggunakan minyak jarak lebih banyak pada sampel B maka poliuretan yang terbentuk semakin halus namun rentan patah, berbanding terbalik dengan minyak jarak pada sampel A lebih sedikit sehingga sampel lebih kuat dan kurang glossy. Menurut hasil uji TGA, FTIR, dan SEM sampel B yang mempunyai minyak jarak memiliki nilai TGA yang rendah, gugus OH lebih banyak yaitu 3641,06 cm⁻¹, dan permukaan yang halus namun berpori-pori besar.

4.2 Pengaruh Massa MDI Terhadap Poliuretan yang di Hasilkan

MDI adalah isosianat yang paling tidak berbahaya di antara isosianat yang umum tersedia, tetapi tidak jinak. Tekanan uapnya yang sangat rendah mengurangi bahayanya selama penanganan dibandingkan dengan isosianat utama lainnya.

Pengaruh mass MDI pada sampel A mempunyai MDI lebih banyak sehingga poliuretan sangat cepat mengeras. Poliuretan yang dihasilkan lebih kuat dan memiliki pori yang keci sehingga sangat

baik untuk kestabilan terhadap ketahanan termal. Pada uji TGA MDI yang lebih banyak mempunyai onset 326.95 uji FTIR Menurut hasil uji TGA, FTIR, dan SEM sampel A yang mempunyai MDI yang tinggi sehingga memiliki nilai TGA yang baik, pada daerah serapan 1541.12 cm^{-1} merupakan gugus C=C (MDI) sedangkan pada daerah serapan 808.17 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-H aromatic dari MDI dan permukaan yang lebih sehingga pori-pori kecil.

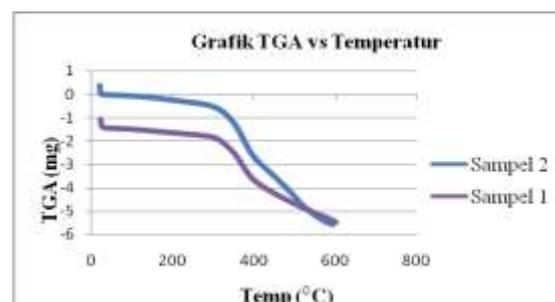
4.3 Karakteristik Analisa

4.3.1 Karakterisasi Uji Ketahanan Termal dengan Alat *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA)

Analisa TGA dilakukan dengan menggunakan instrumen Shimadzu DGT-60. Sampel dengan massa 0,006 g dipanaskan pada suhu kamar sampai dengan 600°C dengan laju pemanasan $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Analisis dilakukan dengan menaikkan suhu sampel secara bertahap dan menentukan kehilangan berat (dekomposisi) terhadap perubahan temperatur. Semua spesimen yang diuji di bawah aliran gas nitrogen. Tujuan menggunakan TGA yaitu untuk mengkarakterisasi setiap bahan yang menunjukkan perubahan berat sampel pada saat pemanasan dan juga untuk mendeteksi adanya perubahan karena proses dekomposisi. Proses kehilangan massa terjadi karena adanya proses dekomposisi yaitu pemutusan ikatan kimia. Berikut merupakan grafik hasil uji TGA terhadap sampel A dan sampel B sampel PU yang telah membentuk komposit.

Gambar 4.1 merupakan penurunan massa sampel pada sumbu y dan peningkatan temperature pada sumbu x. Grafik menunjukkan bahwa semua sampel PU mengalami *single decomposition* karena *on set* dan *end set* hanya terjadi sekali. *On set* merupakan suhu dimana sampel mulai

terdegradasi secara termal dan *end set* merupakan suhu dimana sampel bertahan massanya dari reaksi pembakaran. Suhu degradasi PU pada penelitian ini berkisar pada rentang $300\text{-}400^{\circ}\text{C}$, pada temperature 100°C Sampel mengalami kehilangan massa, yaitu penurunan berat (weight loss) dikarenakan menguapkannya kadar air dalam sampel. Kemudian sekitar suhu $200\text{-}750^{\circ}\text{C}$ maka akan ada kehilangan berat berikutnya akibat hilangnya kandungan volatile material dalam bahan. Terakhir yg tersisa adalah abu.



Gambar 4.1 Karakterisasi Termal Poliuretan Sampel A dan Sampel B

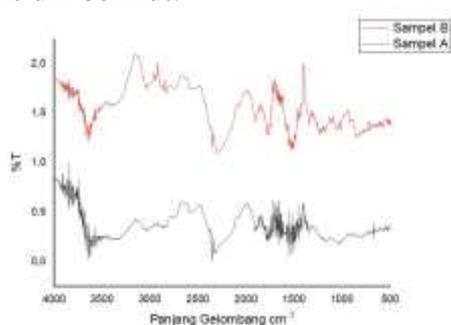
Sampel PU yaitu sampel A dengan variasi MDI 2,3 ml dengan minyak jarak 0,1 ml memiliki kemampuan stabilitas thermal lebih baik yang terdegradasi pada suhu 326.95°C dibandingkan PU sampel B dengan variasi MDI 2,9 ml dengan minyak jarak 0,9 ml yang memiliki kemampuan stabilitas thermal yang terdegradasi pada suhu 331.76°C . Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan lebih banyak MDI dalam Polimer PU berhasil meningkatkan stabilitas termal yang baik dibandingkan dengan penambahan MDI lebih sedikit. Peningkatan suhu degradasi ini diakibatkan oleh ikatan pada polimer PU yang menyatu lebih kuat sehingga dekomposisi material menjadi lebih lambat. seperti yang ditunjukkan pada table berikut:

Tabel 4.1 Kehilangan berat pada variasi temperatur

No	Sampl A		Sampel B	
	Temp	TGA	Temp	TGA
	°C	mg	°C	mg
1	35.0473	-1.4329	29.7078	0.0009
2	50.1436	-1.4478	42.7852	-0.0133
3	100.2281	-1.4861	90.2361	-0.0513
4	150.5549	-1.5641	139.9873	-0.117
5	200.2634	-1.6428	190.0682	-0.2127
6	250.0485	-1.7157	239.9494	-0.321
7	300.0732	-1.8354	290.1703	-0.4655
8	350.3903	-2.5046	339.7294	-0.9992
9	400.4177	-3.6678	391.2833	-2.4577
10	500.0722	-4.6757	490.6438	-4.2004
11	550.3587	-5.0659	542.3379	-5.0749
12	600.8007	-5.4509	592.4734	-5.5539
Onset	326.95		331.67	

4.3.1 Hasil Uji gugus fungsi dengan Alat FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Reaksi MDI dengan minyak jarak pagar dan beberapa bahan pengisi lainnya dengan pengujian FT-IR menghasilkan spektrum berikut:



Gambar 4.1 Spektrum FT-IR PU sampel A dan Sampel B

Hasil karakterisasi terhadap poliuretan dengan spektroskopis pada daerah serapan 3620.39 cm^{-1} merupakan gugus O-H, pada daerah serapan 3377.36 cm^{-1} merupakan gugus N-H, pada daerah serapan 132.24 cm^{-1} merupakan gugus C-N dan pada daerah serapan 1541.12 cm^{-1} merupakan

gugus C=C (MDI) sedangkan pada daerah serapan 808.17 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-H aromatic dari MDI. Pada gugus C=O dengan serapan gelombang pada 1774.51 cm^{-1} menandakan adanya ikatan silang yang diperkuat oleh hasil derajat gelombang tersebut.

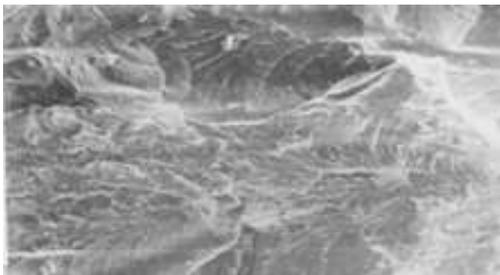
Tabel 4.1 Bilangan Gelombang dengan Senyawa PU

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm^{-1})
O-H	3620.39
N-H	3377.36
C-N	132.24
C=C (MDI)	1541.12
C-H (Aromatik)	808.17
C=O	1774.51

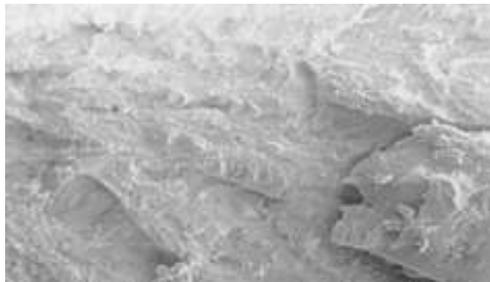
4.3.2 Hasil Uji Struktur Morfologi dengan Alat Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM sebagai uji tambahan pada penelitian ini yang bertujuan untuk mendukung hasil sampel

terbaik. Sampel PU yaitu sampel A dengan variasi MDI 2,3 ml dengan minyak jarak 0,1 ml dan sampel B dengan variasi MDI 2,9 ml dengan minyak jarak 0,9 ml. Uji bertujuan untuk melihat struktur morfologi PU dengan menggunakan microscop yang mengandalkan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisa. Berikut merupakan gambar hasil analisa dibawah microscop electron (SEM).



Gambar 4.2 Hasil uji SEM sampel A



Gambar 4.2 Hasil uji SEM sampel B

Gambar diatas memperlihatkan struktur permukaan kedua sampel yang menunjukkan beberapa perbedaan dari struktur permukaannya. Jika dibandingkan dengan pembesaran x250 terlihat strukturnya memiliki perbedaan yang sangat jauh, yaitu pada sampel PU sampel A memiliki permukaan lebih halus dan menandakan partikel padat sebagai penstabil yang baik (*emulsi pickering*) dibandingkan dengan sampel B yang menunjukkan beberapa bentuk agregat yang menggumpal dan berpori-pori besar, serta permukaan yang halus.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Poliuretan dapat disintesis dengan cara mereaksikan dua komponen kimia reaktif berupa senyawa diisocyanat dan polioliol.
2. Hasil uji FTIR menunjukkan terdapat banyak gugus fungsi poliuretan seperti adanya daerah serapan 1541.12 cm^{-1} pada gugus C=C (MDI) dan daerah serapan 3620.39 cm^{-1} gugus O-H pada polioliol.
3. Hasil analisa TGA menunjukkan bahwa sampel A dengan MDI lebih banyak mempunyai weight loss -3.320 mg lebih baik terhadap termal dibandingkan sampel B mempunyai weight loss -4.559 mg.
4. Berdasarkan hasil Thermal, dan SEM menunjukkan bahwa PU sampel A mempunyai stuktur permukaan yang lebih padat dibandingkan sampel B yang mempunyai permukaan lebih berpori-pori besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Kardar Pooneh. 2015. Persiapan mikrokapsul poliuretan dengan polioliol berbeda enkapsulasi isophorone diisocyanate agen. 89. 271-276
- Ahmadi Younes. Kim Ki-Hyun . 2020. Kemajuan terbaru dalam poliuretan sebagai media yang efisien untuk penyimpanan energi panas. 74-86.
- A.D. Rigotti, Dorigato, Kategoretti.A. 2018. campuran poliuretan termoplastik 3D yang dapat dicetak dengan kemampuan penyimpanan / pelepasan energi panas.
- Hai-Chen Zhang, Ben-hao Kang, dkk. 2020. Meningkatkan ketangguhan campuran poli (asam laktat) / poliuretan termoplastik melalui peningkatan kompatibilitas antarmuka dengan prapolimer elastomer poliuretan dan mekanisme pengerasannya. 87.

- Yang Shiwen, Wang Shuang. 2019. Elastomer Poliuretana Terbelakang Api yang Kuat Secara Mekanis dan Dapat Didaur Ulang berdasarkan Jaringan Crosslinking Termoreversibel dan Beberapa Ikatan Hidrogen
- Hu Shikai, Shou Tao. 2020. Desain rasional dari elastomer poliuretan termoplastik berbasis NDI baru dengan ketahanan panas yang unggul. 205.