

## Pengaruh penambahan serbuk alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pada komposit serat kayu jati bermatriks polipropilena

### *The effect of alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) addition on teak powder and polypropylene composite*

Ella Melyna<sup>1\*</sup>, Khadijah Sayyidatun Nisa<sup>1</sup>, Anggi Aurel Lorensa Fitri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik STMI Jakarta, Jakarta Pusat – Indonesia

\*Email: [melynae@gmail.com](mailto:melynae@gmail.com)

#### Abstrak

Limbah serbuk kayu jati hasil penggergajian kayu merupakan salah satu bahan alami yang belum termanfaatkan dengan baik. Penanganan limbah serbuk kayu jati yang tidak tepat dapat merusak lingkungan. Pemanfaatan serat atau partikel alami merupakan upaya alternatif bahan ramah lingkungan untuk menggantikan serat sintetis. Dalam aplikasi komponen otomotif membutuhkan bahan yang ringan seperti polipropilena tetapi dengan sifat mekanik yang lebih tinggi, sehingga pengembangan polipropilena sebagai matriks dalam komposit perlu dilakukan. Komposit pada umumnya terdiri atas matriks dari bahan polimer dan pengisi berupa serat atau partikel. Penggunaan serbuk kayu jati dapat menjadi partikel pengisi komposit. Penambahan *filler* dalam komposit diharapkan dapat meningkatkan sifat dari komposit dan mengurangi biaya produksi. Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dapat dimanfaatkan sebagai *filler* karena memiliki sifat kekerasan dan stabilitas termal yang baik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi penambahan aluminium oksida terhadap kuat tarik, stabilitas termal, kekerasan, dan morfologi komposit polipropilena/serbuk kayu jati. Variabel penelitian ini adalah variasi komposisi aluminium oksida sebesar 1, 3, 5, dan 10 %berat dengan komposisi polipropilena/serbuk kayu jati sebesar 80:20 %berat. Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah metode *compression molding* dengan mesin *manual forming*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi aluminium oksida pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati 80:20 %berat tidak mempengaruhi kekuatan tarik, tetapi meningkatkan nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) dengan nilai tertinggi 43,2 °C dan meningkatkan kekerasan dengan nilai kekerasan tertinggi 88 Shore D pada komposisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10 %berat.

**Kata Kunci:** komposit, polipropilena, serbuk kayu jati, aluminium oksida

#### Abstract

*Teak sawdust waste is one of the natural materials that has not been utilized properly. Improper handling of teak sawdust can damage the environment. Utilization of natural fibers or particles is an alternative to environmentally friendly materials to replace synthetic fibers. The application of automotive components requires lightweight materials such as polypropylene but with higher mechanical properties, so the development of polypropylene as a matrix in composites needs to be done. Composites generally consist of a matrix of polymeric materials and fillers in the form of fibers or particles. The use of teak wood powder can be a composite filler particle. The addition of filler in the composite is expected to improve the properties of the composite and reduce production costs. Aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) can be used as a filler because it has good hardness and thermal stability. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the addition of aluminum oxide on tensile strength, thermal stability, hardness, and morphology of the polypropylene/teak wood powder composite. The variables of this study were variations in the composition of aluminum oxide of 1, 3, 5, and 10 %wt with a composition of polypropylene/teak wood powder of 80:20 %wt. The composite manufacturing method used is the compression molding method with a manual forming machine. The results showed that variations in the composition of aluminum oxide in the polypropylene/teak wood powder composite 80:20 %wt did not affect the tensile strength, but increased the glass transition temperature ( $T_g$ ) with the highest value of 43.2 °C and increased hardness with the highest hardness value of 88 Shore D at 10 %wt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  composition.*

**Keywords:** composite, polypropylene, teak sawdust, aluminium oxide

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya ilmu teknologi, semakin banyak penelitian untuk menghasilkan suatu material baru yang diharapkan memiliki karakteristik yang lebih baik. Kombinasi dari dua atau lebih dari tiga bahan yang akan menghasilkan material dengan sifat dan karakteristik yang berbeda pada hasil akhirnya disebut dengan komposit. Pemanfaatan komposit dikarenakan material tersebut memiliki banyak keunggulan seperti, densitas yang rendah, kekuatan dan kekakuan yang tinggi, tahan terhadap korosi, dan mudah dalam pemrosesan material (Balasubramanian, 2013). Penggabungan bahan yang terdiri atas matriks dan pengisi atau penguat menjadi komposit umumnya membuat sifat material tersebut lebih unggul atau kuat. Polipropilena sudah banyak digunakan dalam aplikasi pengemas makanan, bahan tekstil, peralatan laboratorium, *loudspeaker*, dan komponen otomotif non struktural. Dalam aplikasi pada komponen otomotif, dibutuhkan bahan yang ringan seperti polipropilena tetapi dengan sifat mekanik yang lebih tinggi (Holbery dan Houston, 2006). Pengembangan polipropilena sebagai matriks dalam komposit perlu dilakukan untuk memenuhi aplikasi komponen otomotif yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

Pada umumnya material komposit yang banyak digunakan adalah komposit dengan bahan polimer yang digabungkan dengan serat atau partikel. Penggunaan serat atau partikel alam yang banyak ditemukan di lingkungan sekitar merupakan upaya mengurangi dampak lingkungan karena sifatnya yang mudah terdegradasi dan agar pemanfaatan limbah lebih optimal. Meningkatnya permintaan kayu jati di masyarakat berpotensi menghasilkan limbah yang cukup tinggi. Sebagian besar limbah yang sering dihasilkan pada industri pengolahan kayu jati adalah serbuk kayu hasil proses penggergajian. Serbuk limbah gergajian kayu jati yang banyak ditemukan dapat berpotensi untuk kembali diolah menjadi produk yang bernilai lebih tinggi (Arif dkk, 2019).

Serbuk kayu jati secara umum memiliki sifat yang sama dengan kayu jati, dimana sebagian besar kandungannya merupakan selulosa. Kayu jati memiliki sifat mekanik yang unggul dibandingkan jenis kayu keras lainnya seperti kayu mahoni, sonokeling, dan malapari dengan kuat tarik yang dimiliki sebesar 125 MPa dan kuat tekan 69,5 MPa (Verma dkk, 2014). Medupin dkk (2013) melakukan penelitian uji kekerasan pada kayu jati berbentuk serbuk sebagai pengisi pada komposit *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan memvariasikan komposisi LDPE:serbuk kayu jati.

**Tabel 1.** Perbandingan sifat mekanik kayu jati dengan beberapa jenis kayu

Jenis Kayu	Sifat Mekanik		
	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur (MPa)
Jati	125	69,5	128
<b>Kayu keras</b>			
Malapari	86,2	50,3	103
<i>Elm</i>	120	38,1	81
<i>Maple</i>	108,2	45,09	92,39
<i>Oak</i>	112	41,78	71,02
Poplar	51	27,7	47
<i>Sweetgum</i>	93,8	43,57	86,18
Gandarusa	73,1	28,27	53,78
Poplar kuning	109,6	46,7	69,63
Mahoni	121	63,6	79,3
Sonokeling	115,2	69,5	116,5
<b>Kayu lunak</b>			
Aras	78,6	24,8	42
<i>Douglas-fir</i>	107,6	50	88
Pinus	73,1	36	66
<i>Redwood</i>	62,7	35,99	54,46
<i>Spruce</i>	84,8	41,6	79

Sumber : Verma dkk (2014)

Hasil yang didapatkan kekerasan komposit semakin meningkat ketika komposisi kayu jati semakin besar, namun nilai maksimum terdapat pada komposit dengan komposisi 50 % berat serbuk kayu jati.

Serat alam memiliki kandungan selulosa yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat mekanik. Kayu jati memiliki kandungan selulosa sebesar 47,5% dan lignin sebesar 30%. Metode preparasi yang dapat dilakukan untuk mendapatkan selulosa pada serbuk kayu jati adalah proses delignifikasi. Proses delignifikasi merupakan proses pemisahan kandungan lignin pada serat alam dengan perlakuan alkali, perlakuan asam, biodelignifikasi dan lainnya. Larutan KOH sebagai basa kuat untuk perlakuan alkali serat alam memiliki kelebihan untuk meningkatkan ikatan serat dengan resin dan sifat mekanik komposit dibandingkan menggunakan larutan NaOH (Hasyim dkk, 2018). Pada penelitian (Nisa dkk, 2022) perlakuan alkalisasi KOH pada serat sabut kelapa yang ditambahkan ke dalam polimer poliester menghasilkan kuat tarik yang bervariasi dimana kuat tarik tanpa perlakuan alkalisasi adalah 1,41 MPa, kuat tarik dengan perlakuan alkalisasi 5% adalah 5,29 MPa dan meningkat pada perlakuan alkalisasi 10% yaitu 6,29 MPa, namun

menurun pada perlakuan alkalisasi 15% yaitu 3,50 MPa.

Penambahan bahan aditif dalam komposit menjadi salah satu pertimbangan dalam membuat produk komponen otomotif. Li dkk (2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan *filler* serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit polipropilena terhadap stabilitas termal dan sifat mekanik. Berdasarkan penelitian tersebut, serbuk aluminium oksida berperan dalam peningkatan stabilitas termal dan sifat mekanik suatu komposit. Nayak dkk, (2014) dalam penelitiannya menunjukkan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) sebagai *filler* memiliki sifat termal temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) sebesar 55,62 °C dan kekerasan sebesar 21,6 Hv yang lebih baik dibandingkan silika dioksida ( $SiO_2$ ), dan titanium dioksida ( $TiO_2$ ) pada komposit *epoxy/glass fiber hybrid*. Serbuk aluminium oksida memiliki sifat stabilitas dan kekerasan yang tinggi sehingga baik untuk digunakan sebagai *filler* dalam komposit (Darmansyah dkk, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan pengembangan penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena. Komposit yang dihasilkan kemudian diuji dengan menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk kayu dan serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) terhadap sifat stabilitas termal, kekuatan tarik, kekerasan dan morfologi komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi massa serbuk aluminium oksida pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati terhadap kuat tarik,

stabilitas termal, kekerasan, dan morfologi komposit.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: biji plastik polipropilena merek Trilene jenis kopolimer yang diproduksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, serbuk kayu jati, aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) merek MERCK, kalsium hidroksida (KOH) merek MERCK dan aqua demineralisasi.

### 2.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik digital, gelas kimia, labu ukur, oven, ayakan 40 mesh, kertas saring, indikator universal, batang pengaduk, jangka sorong, *Manual Forming Machine* (MFM) Cometech, *pneumatic specimen punch* MARTO MPT-63-150-203T, *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) 214 Polyma NETZSCH, *Universal Testing Machine* (UTM) ibertest 5 kN, *Durometer Hardness Test Shore D* Model SHR-D-Gold SR. No. 15298 dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDS) Hitachi SU3500.

### 2.3 Metode

Variasi komposisi massa bahan dalam komposit polipropilena:serbuk kayu jati:serbuk aluminium oksida ditampilkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Variasi komposisi massa bahan dalam komposit polipropilena:serbuk kayu jati:serbuk aluminium oksida

Sampel	Rasio Komposisi (%berat)		$Al_2O_3$ (%berat)	Massa (gram)		
	PP	Serbuk Kayu Jati		PP	Serbuk Kayu Jati	$Al_2O_3$
1			0			0
2			1			0,7
3	80	20	3	57,6	9,9	2,0
4			5			3,4
5			10			6,8

Tahapan dalam penelitian adalah penyaringan serbuk kayu jati, delignifikasi serbuk kayu jati, pengeringan serbuk kayu jati, pembuatan komposit, dan karakterisasi. Serbuk kayu jati hasil limbah penggergajian disaring untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dan seragam. Proses penyaringan menggunakan ayakan dengan ukuran 40 mesh. Serbuk kayu jati yang telah disaring didelignifikasi menggunakan larutan KOH 10 %berat selama 4 jam. Untuk menghilangkan sisa alkali KOH, serbuk kayu jati kemudian dicuci dengan aqua demineralisasi sampai pH air cucian normal. Setelah pH air cucian normal, serbuk kayu jati

dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80 °C. Pengeringan dihentikan apabila berat serbuk kayu jati telah mencapai berat konstan.

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode metode *hot press* yaitu bahan ditekan menggunakan *Manual Forming Machine* (MFM). Material komposit ditekan dengan tekanan 300 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 195°C selama 25 menit.

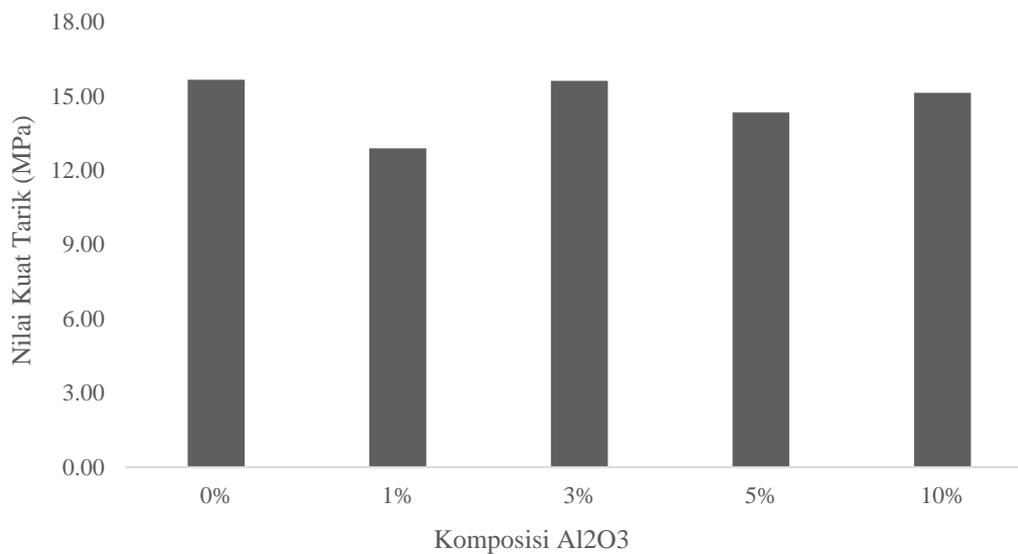
Karakterisasi dalam penelitian ini adalah uji kuat tarik sesuai dengan standar ASTM D638-14 menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan uji stabilitas termal menggunakan *Differential*

Scanning Calorimetry (DSC) merek 214 Polyma dengan sampel yang digunakan 5-20 mg, rentang suhu operasi yang digunakan adalah 0 °C sampai dengan 220 °C dan mengacu pada standar ASTM D3418 yang dilakukan di Laboratorium Polimer, Prodi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, uji kekerasan menggunakan *Durometer Hardness Test Shore D* sesuai dengan standar ASTM D2240-15 yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Polimer, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), dan uji morfologi serta

kandungan unsur menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDS)* di Laboratorium Karakterisasi Lanjut Serpong.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pengaruh variasi komposisi serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena terhadap kuat tarik ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Variasi komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) terhadap kekuatan tarik

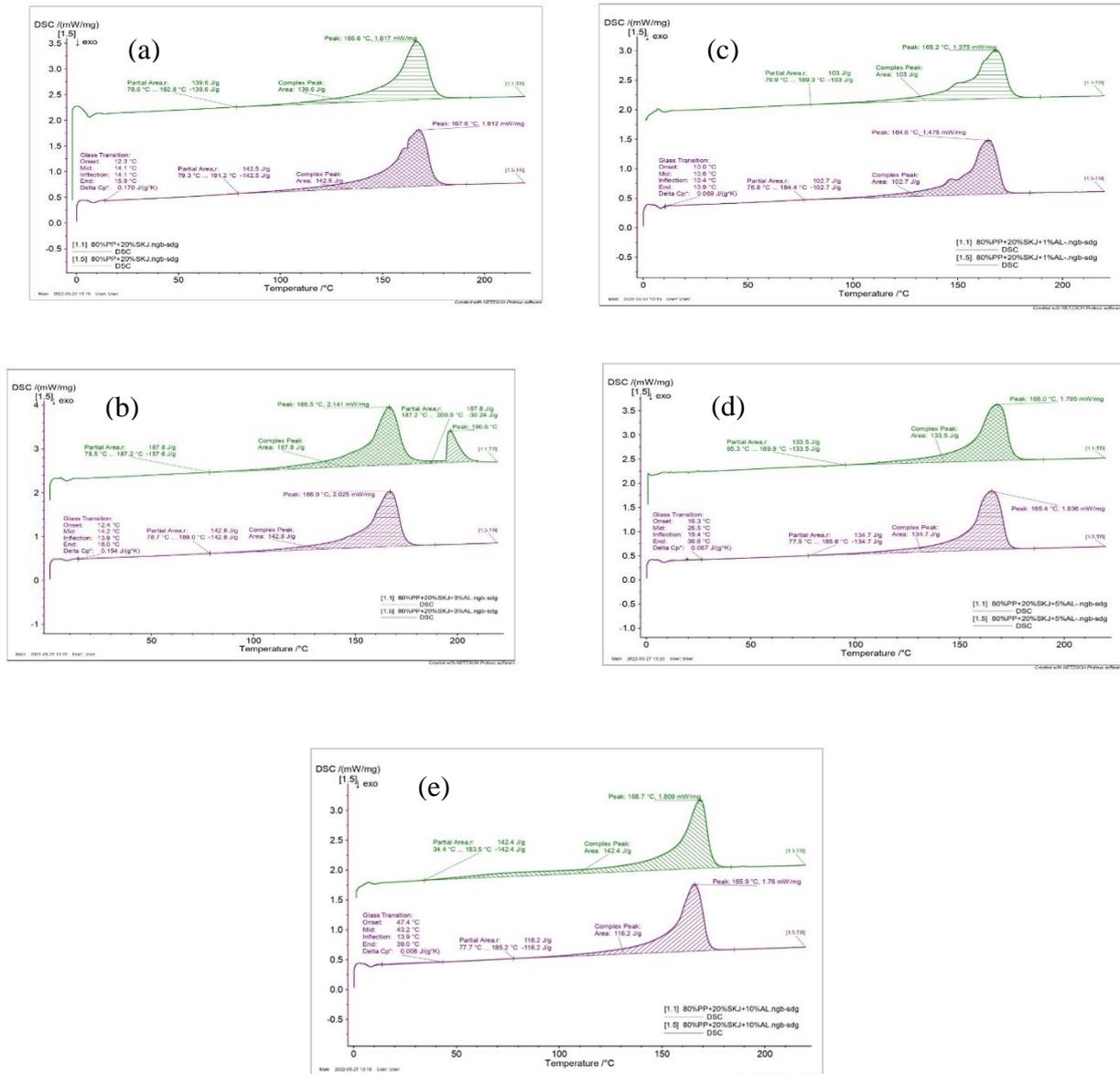
Data hasil pengujian kekuatan tarik dianalisa berdasarkan pengaruh penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena terhadap nilai kekuatan tarik. Berdasarkan nilai kuat tarik tersebut dapat dilihat bahwa komposisi polipropilena/serbuk kayu jati komposisi 80:20 %berat dengan tanpa  $Al_2O_3$  memberikan nilai kuat tarik tertinggi yaitu 15,66 MPa.

Hasil kuat tarik yang mengalami peningkatan dan penurunan. Kekuatan tarik komposit mengalami peningkatan dari  $Al_2O_3$  1 %berat sampai  $Al_2O_3$  3 %berat, namun saat  $Al_2O_3$  5 %berat terjadi penurunan kekuatan tarik. Pada  $Al_2O_3$  10 %berat nilai kekuatan tarik naik kembali tetapi tidak lebih baik dari nilai kekuatan tarik  $Al_2O_3$  3 %berat.

Pada penelitian ini nilai komposit tanpa penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) memiliki nilai kuat tarik yaitu 15,66 MPa yang berarti nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan keseluruhan nilai kuat tarik komposit dengan variasi komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ). Hal ini membuktikan bahwa pada penelitian ini penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) tidak mempengaruhi secara

signifikan kekuatan tarik, malah cenderung membuat kekuatan tarik menurun. Nilai kekuatan tarik komposit dengan variasi komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) yang lebih rendah dibandingkan komposit tanpa penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) dapat disebabkan karena kurang homogenya komposit yang dihasilkan seperti serbuk kayu jati pada komposit tidak terdistribusi secara merata, terjadi aglomerasi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) sehingga distribusi partikel tidak merata pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati, dan terdapat rongga kosong pada komposit (Zhang dkk, 2020; Aynalem dan Sirahbizu, 2021). Perbaikan yang dapat dilakukan dengan meningkatkan distribusi *filler* aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) yang merata sehingga aglomerasi partikel aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) tidak terjadi dan sifat adhesi *interface* komposit menjadi lebih baik (Latief dkk, 2019).

Hasil pengujian pengaruh variasi komposisi serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena terhadap stabilitas termal ditampilkan pada Gambar 2 dan Tabel 3.



Gambar 2. Variasi komposisi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap stabilitas termal (a) tanpa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1%, (c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3%, (d) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5%, (e) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10%

Tabel 3. Variasi komposisi aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) terhadap stabilitas termal

No	Komposisi Material	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	ΔH <sub>m</sub> (J/g)
1	Tanpa Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	166,6	139,6
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1%	-	168,2	103,0
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3%	-	166,5	187,8
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5%	-	168,0	133,5
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10%	-	168,7	142,4
1	Tanpa Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,1	167,6	142,5
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1%	10,6	164,6	102,7
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3%	14,2	166,9	142,8
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5%	26,5	165,4	134,7
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10%	43,2	165,9	116,2

Pengujian stabilitas termal dilakukan 2 (dua) kali pemanasan. Pemanasan pertama berfungsi untuk

menghilangkan *history thermal* komposit yang diujikan pada pemrosesan sebelumnya sedangkan

pemanasan kedua dilakukan untuk mengetahui nilai yang tidak terbaca pada saat pemanasan pertama. Dari hasil pengujian stabilitas termal didapatkan nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) dan temperatur leleh ( $T_m$ ). Pada *first heating* terdeteksi nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) tanpa adanya temperatur transisi kaca ( $T_g$ ). Pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati komposisi 80:20 %berat dan tanpa  $Al_2O_3$  didapatkan nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) sebesar  $166,6^\circ C$ ; komposisi  $Al_2O_3$  1 %berat sebesar  $168,2^\circ C$ ; komposisi  $Al_2O_3$  3 %berat sebesar  $166,5^\circ C$ ; komposisi  $Al_2O_3$  5 %berat sebesar  $168,0^\circ C$ ; dan komposisi  $Al_2O_3$  10 %berat sebesar  $168,7^\circ C$ . Berdasarkan nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) tersebut didapatkan nilai tertinggi pada komposisi  $Al_2O_3$  10 %berat yaitu  $168,7^\circ C$ .

Pada *second heating* terdeteksi nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) dan temperatur leleh ( $T_m$ ). Berdasarkan hasil tersebut, nilai tertinggi temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) didapatkan pada komposisi  $Al_2O_3$  10 %berat yaitu  $43,2^\circ C$  dan nilai tertinggi temperatur leleh ( $T_m$ ) tersebut didapatkan pada komposisi tanpa  $Al_2O_3$  yaitu  $167,6^\circ C$ .

Dari pengujian stabilitas termal, temperatur kristalisasi tidak terdeteksi karena tidak ada energi yang dibutuhkan untuk proses kristalisasi saat pengujian. Pada *first heating* nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) tidak terdeteksi kembali, tetapi terdapat puncak temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) pada *second heating*.

Dalam hasil uji DSC Dari pengujian stabilitas termal ditunjukkan juga komposit tanpa  $Al_2O_3$  memiliki nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) sebesar  $14,1^\circ C$  yang berarti lebih tinggi dibandingkan komposit  $Al_2O_3$  1 %berat. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kurang homogenya bahan pada komposit sehingga penyebaran komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) ataupun serbuk kayu jati pada komposit tidak merata dan bagian yang dijadikan sampel uji tidak proporsional (Ardiansyah, 2016).

Temperatur transisi kaca mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya komposisi aluminium kayu jati. Peningkatan nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) sesuai dengan penelitian yang dilakukan Jiang dkk (2012), penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit dapat mengurangi ruang antar makromolekul yang mengakibatkan menurunnya gerakan antar molekul dalam komposit. Penurunan gerakan molekul saat pemanasan komposit akan membuat nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) meningkat (Said dkk, 2021). Nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) komposit dengan variasi komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) memiliki 1 puncak, terkecuali variasi komposisi  $Al_2O_3$  3 %berat yang terdapat 2 puncak temperatur leleh ( $T_m$ ). Pembentukan kristal yang sejenis menyebabkan puncak temperatur leleh ( $T_m$ ) terdeteksi hanya satu (Huang dkk, 2016).

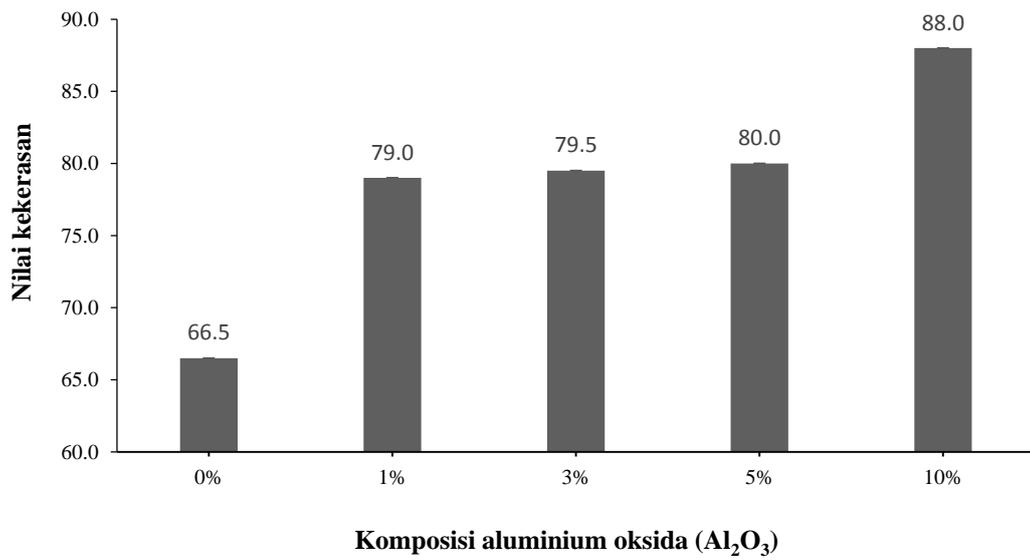
nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) pada *first heating* yang terdeteksi pada setiap variasi komposisi  $Al_2O_3$  memiliki nilai yang bervariasi, dengan nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) tertinggi pada komposisi 10 %berat sebesar  $168,7^\circ C$ . Pada *second heating* terdapat nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) pada keseluruhan variasi komposisi dengan nilai tertinggi pada komposit dengan komposisi tanpa  $Al_2O_3$  sebesar  $167,6^\circ C$ . Perbedaan nilai temperatur leleh ( $T_m$ ) pada keseluruhan variasi komposisi tidak terlalu signifikan, sebab mendekati titik leleh polipropilena sebagai matriks. Pada penelitian Panaitescu dkk (2011) menjelaskan bahwa peningkatan temperatur leleh ( $T_m$ ) pada komposit menunjukkan peningkatan gaya adhesi *interface* komposit dan berkorelasi dengan peningkatan ukuran partikel. Berdasarkan data yang ada, dapat diketahui nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) pada *second heating* menunjukkan bahwa penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) berpengaruh dengan meningkatkan nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) komposit polipropilena/serbuk kayu jati.

Hasil pengujian pengaruh variasi komposisi serbuk aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena terhadap kekerasan ditampilkan pada Gambar 3.

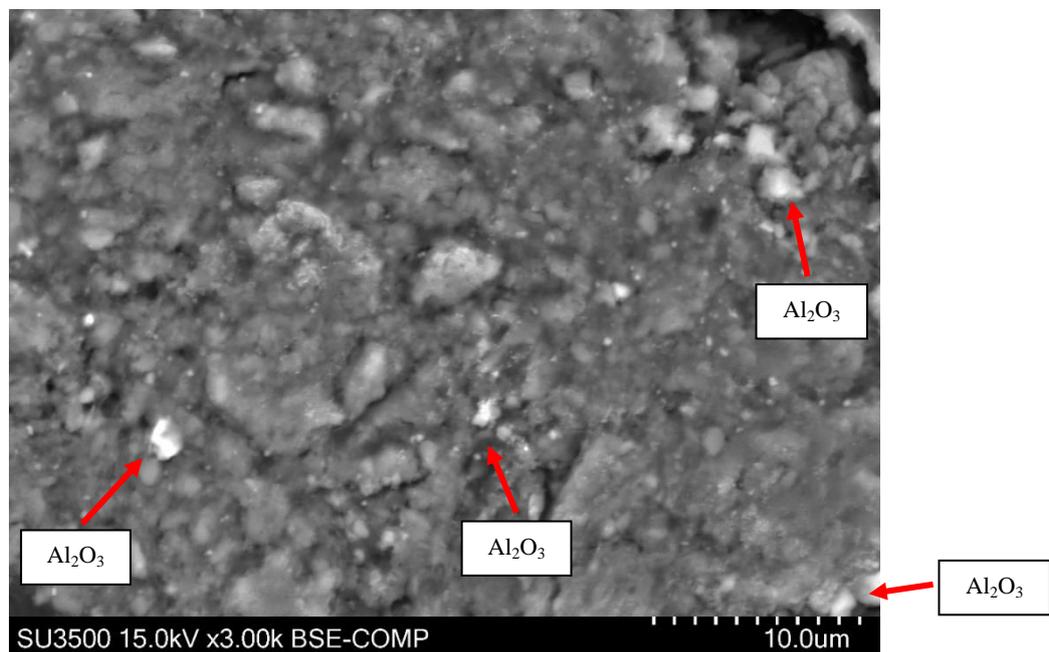
Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit serbuk kayu jati bermatriks polipropilena terhadap nilai kekerasan. Berdasarkan nilai kekerasan tersebut dapat dilihat bahwa tanpa penambahan  $Al_2O_3$  memberikan nilai kekerasan terendah yaitu  $66,5 Shore D$  dan penambahan  $Al_2O_3$  10 %berat memberikan nilai kekerasan tertinggi yaitu  $88 Shore D$ .

Berdasarkan hasil di atas, dapat dilihat penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) sebagai *filler* pada komposit berpengaruh untuk meningkatkan nilai kekerasan. Nilai kekerasan akan terus meningkat seiring dengan penambahan komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati. Peningkatan nilai kekerasan ini selaras dengan penelitian yang dilakukan Kader dkk (2020). Pada penelitian tersebut penambahan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada komposit meningkatkan kekuatan adhesi *interface* antara matriks dengan *filler*, peningkatan kekuatan tersebut menyebabkan permukaan komposit memiliki ketahanan tinggi terhadap goresan.

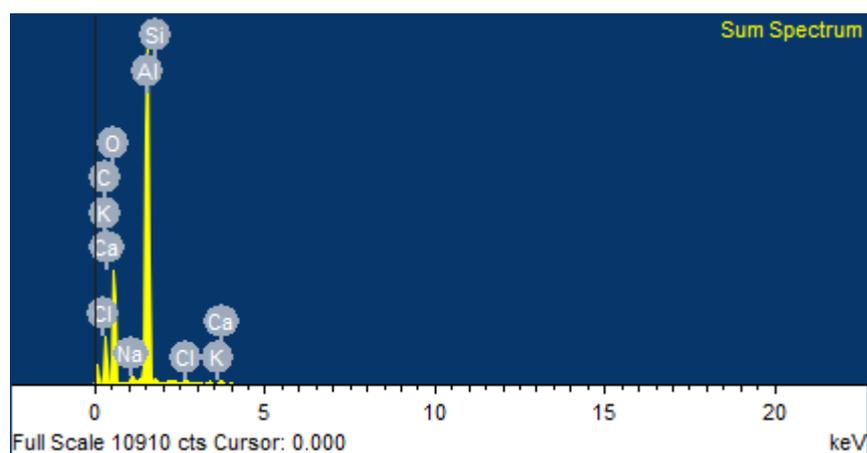
Kekerasan dapat terbentuk dari struktur mikro kristal dan sifat aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) yang lebih kaku dibandingkan matriks polipropilena. Penelitian lainnya yang dilakukan Kadhim dkk (2022) menyebutkan, semakin banyak aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) yang ditambahkan pada komposit akan meningkatkan kekerasan permukaan disebabkan sifat keramik aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada mikrostruktur kristal komposit.



**Gambar 3.** Variasi komposisi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) terhadap kekerasan



**Gambar 4.** Morfologi komposit polipropilena/serbuk kayu jati yang ditambahkan serbuk aluminium oksida



Gambar 5. Hasil pengujian EDS

Hasil pengamatan morfologi komposit polipropilena/serbuk kayu jati yang ditambahkan serbuk aluminium oksida ditampilkan pada Gambar 4 dan hasil pengujian kandungan unsur ditampilkan pada Gambar 5.

Pengamatan terhadap morfologi komposit bertujuan untuk mengamati sebaran serbuk aluminium oksida terhadap polipropilena/serbuk kayu jati. Hasil pengujian SEM untuk variasi komposit polipropilena:serbuk kayu jati:serbuk aluminium oksida 80:20:10 %berat yang ditampilkan pada Gambar 4 terlihat kristal aluminium oksida hanya terdispersi di beberapa bagian komposit polipropilena/serbuk kayu jati (tidak terdispersi secara merata pada komposit polipropilena/serbuk kayu jati). Selain itu, hasil pengujian EDS yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan spektrum yang terlihat adalah puncak-puncak energi elemen Al dan Si. Hal ini juga mengindikasikan bahwa serbuk aluminium oksida yang ditambahkan terdispersi ke dalam komposit, namun terdeteksi juga pengotor dari unsur lain yaitu Si. Hal ini mungkin disebabkan ada pengotor dari pengujian sebelumnya yang terikut, karena Al yang digunakan sudah grade pro analisis (p.a).

#### 4. KESIMPULAN

Variasi komposisi  $Al_2O_3$  memiliki pengaruh menurunkan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dari komposit polipropilena/serbuk kayu jati dengan nilai tertinggi 15,62 MPa pada variasi komposisi  $Al_2O_3$  3 %berat, meningkatkan nilai temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) pada *second heating* sebesar 43,2 °C pada komposisi  $Al_2O_3$  10 %berat, dan meningkatkan nilai kekerasan yang dihasilkan dari komposit polipropilena/serbuk kayu jati dengan nilai tertinggi 88 Shore D pada variasi komposisi  $Al_2O_3$  10 %berat. Morfologi komposit

polipropilena/serbuk kayu jati yang ditambahkan serbuk aluminium oksida menunjukkan kristal aluminium oksida terdispersi di dalam komposit polipropilena/serbuk kayu jati yang dibuktikan juga dengan puncak-puncak energi elemen Al terdeteksi dengan EDS.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Politeknik STMI Jakarta untuk dana yang diberikan pada penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh fasilitas riset, dan dukungan ilmiah serta teknis dari Laboratorium Teknologi Polimer dan Laboratorium Karakterisasi Lanjut Serpong, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. K., Atiqullah, M., Pradhan, D. R., & Al-Harhi, M. A. (2017). Crystallization and melting behavior of i-PP: a perspective from Flory's thermodynamic equilibrium theory and DSC experiment. *RSC Advances*, 7(67), 42491–42504. <https://doi.org/10.1039/c7ra06845j>
- Ardiansyah, M. R. (2016). *Experimental study of biocomposite pellet variation in composition (polypropylene, rice husk and Maleic Anhydride PP) to thermal properties & surface structure as plastic alternatif material*. Sepuluh Nopember Institute of Technology.
- Arif, S., Irawan, D., & Jainudin, M. (2019). Karakteristik Sifat Mekanis Disk Pad Komposit Serbuk Kayu Jati – Polyester. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa*, 169–176.
- Aynalem, G. F., & Sirahbizu, B. (2021). Effect of  $Al_2O_3$  on the tensile and impact strength of

- flax/unsaturated polyester composite with emphasis on automobile body applications. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6641029>
- Balasubramanian, M. (2013). Composite Materials and Processing. *Composite Materials and Processing*. <https://doi.org/10.1201/b15551>
- Darmansyah, Novaringga, A., Damaru, R., & Ginting, S. (2021). Vinyl Ester Composite Synthesis Reinforced with Banana Tree Fiber with the Nanofiller Addition. *Indonesian Journal Of Chemical Dcience*, 10(2), 1–6.
- Hasyim, U. H., Yansah, N. A., & Nuris, M. F. (2018). Modifikasi Sifat Kimia Serbuk Tempurung Kelapa (STK) sebagai Matriks Komposit Serat Alam dengan Perbandingan Alkalisasi Naoh dan KOH. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*, 15, 1–7.
- Holbery, J., & Houston, D. (2006). Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications. *Energy Science and Technology Departmen*, 58(11), 80–86. <https://doi.org/10.1007/s11837-006-0234-2>
- Huang, A., Yu, P., Jing, X., Mi, H. Y., Geng, L. H., Chen, B. Y., & Peng, X. F. (2016). The Effect of talc on the mechanical, crystallization and foaming properties of poly(lactic acid). *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 55(9), 908–924. <https://doi.org/10.1080/00222348.2016.1217186>
- Jiang, W., Jin, F. L., & Park, S. J. (2012). Thermo-mechanical behaviors of epoxy resins reinforced with nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(2), 594–596. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2011.11.140>
- Kader, E. E., Abed, A. M., & Al-Shammari, M. A. (2020). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforcement effect on structural properties of epoxy polysulfide copolymer. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 43(4), 320–328.
- Kadhim, M. J. H., Al-dabbadh, B. M., & Kadhim, H. J. (2022). Study of the Mechanical Properties of Polypropylene Composites Reinforced with Alumina Microfibers. *Eurasian Journal of Physics, Chemistry and Mathematics*, 7, 35–41.
- Latief, F. H., Chafidz, A., Junaedi, H., Alfozan, A., & Khan, R. (2019). Effect of alumina contents on the physico-mechanical properties of alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) reinforced polyester composites. *Advances in Polymer Technology*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/5173537>
- Li, B., Li, R., & Xie, Y. (2017). Properties and effect of preparation method of thermally conductive polypropylene/aluminum oxide composite. *Journal of Materials Science*, 52(5), 2524–2533. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0546-8>
- Medupin, R., Abubakre, O., Ukoba, K., & Imoisili, P. (2013). Mechanical Properties of Wood Waste Reinforced Polymer Matrix Composites. *American Chemical Science Journal*, 3(4), 507–513. <https://doi.org/10.9734/acsj/2013/5637>
- Nayak, R. K., Dash, A., & Ray, B. C. (2014). Effect of Epoxy Modifiers (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>) on Mechanical Performance of epoxy/glass Fiber Hybrid Composites. *Procedia Materials Science*, 6(Icmcp), 1359–1364. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.115>
- Nisa, K. S., Melyna, E., & Samida, M. R. M. (2022). Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH. *Rekayasa*, 15(3), 354–361.
- Panaitescu, D., Ciuprina, F., Iorga, M., Frone, A., Radovici, C., Ghiurea, M., Sever, S., & Plesa, I. (2011). *Effect of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofillers on polyethylene properties*. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/app>
- Said, M., Mentari, E. C., Ardilla, D., Masura, M. D., & Nasution, A. (2021). Studi suhu transisi gelas produk pegcangkokak anhidrida maleat pada karet alam siklis: metode differential scanning calorimetry. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 19, 45–50.
- Verma, C. S., Sharma, N. K., Chariar, V. M., Maheshwari, S., & Hada, M. K. (2014). Comparative Study of Mechanical Properties of Bamboo Laminae and their Laminates with Woods and Wood Based Composites. *Composites Part B: Engineering*, 60, 523–530. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.12.061>
- Zhang, X., Xia, X., You, H., Wada, T., Chammingkwan, P., Thakur, A., & Taniike, T. (2020). Design of continuous segregated polypropylene/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposites and impact of controlled Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> distribution on thermal conductivity. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 131(February), 105825. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.105825>