



Artikel Penelitian

Pembuatan Komposit Polimer Polipropilena/Talk/*Masterbatch* Hitam Pada *Cover Tail*

Fitria Ika Aryanti¹¹ Politeknik STMI Jakarta, Jakarta Pusat, 10510, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 27 Januari 2021
 Direvisi : 12 Maret 2021
 Diterbitkan : 08 April 2021

KATA KUNCI

cover tail, komposit, *masterbatch*, *talk*,

KORESPONDENSI

E-mail Author Korespondensi:
 fitriaika@stmi.ac.id

A B S T R A K

Penggunaan plastik dalam kehidupan semakin meningkat dikarenakan plastik memiliki keunggulan, yaitu ringan, anti korosi, dan juga mudah dibentuk. Komponen-komponen penyusun sepeda motor juga tidak luput dari penggunaan plastik, khususnya komposit plastik untuk mengurangi biaya produksi, menghasilkan bobot motor yang ringan agar hemat bahan bakar, salah satunya adalah pada bagian *cover tail*. *Cover tail* terletak pada bagian ekor dari sepeda motor tepatnya di atas lampu belakang. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *cover tail* berbahan PP sebagai matriks, bahan pengisi berupa talk dengan komposisi (%): 0, 5, 10, 15 dan pewarna berupa *masterbatch* hitam dengan komposisi (%): 0, 4 menggunakan metode injection molding dengan suhu *nozzle* 250°C. *Cover tail* yang dihasilkan kemudian diuji sifat mekanisnya menggunakan alat UTM dengan hasil menunjukkan pengurangan kekuatan tarik hingga 38% pada penambahan talk 15% dan peningkatan kekakuan hingga 29% pada penambahan talk 10%. Selanjutnya pengujian gugus fungsi menggunakan alat FTIR dengan teknik ATR menunjukkan penambahan talk dan *masterbatch* hitam mempengaruhi spektrum inframerah dengan berkurangnya intensitas absorpsi bilangan gelombang PP dan muncul gugus C=C dan C-O-C dari penambahan *masterbatch* hitam serta gugus Mg-OH dan Si-O-Si dari penambahan talk.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan industri plastik semakin meningkat dari tahun ke tahun dikarenakan tidak dapat dipungkiri bahwa manusia modern tidak bisa luput dari penggunaan plastik. Komponen-komponen penyusun sepeda motor juga semakin banyak memanfaatkan plastik, khususnya komposit plastik.

Komposit atau material komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki karakteristik yang berbeda, baik dalam bentuk fisik dan struktur kimianya, yang kemudian menghasilkan bentuk baru yang memiliki karakteristik yang lebih baik. Komposit plastik merupakan komposit yang menggunakan matriks berupa plastik. Penggunaan komposit plastik pada komponen sepeda motor bertujuan untuk mengurangi biaya produksi dan menghasilkan bobot motor yang ringan sehingga dapat menghemat bahan bakar, salah satunya adalah pada bagian *cover tail*. *Cover tail* merupakan komponen sepeda motor yang terletak pada bagian ekor, tepatnya di atas lampu belakang (*tail light*), berfungsi untuk melindungi kabel-kabel dan memperindah *body* sepeda motor. Pada umumnya di pasaran *cover tail* berbahan dasar ABS. Namun, ABS memiliki kelemahan dalam sifat mekanis

dan rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan (Olivera *et al.*, 2015).

Penelitian ini menggunakan polipropilena (PP) sebagai bahan alternatif pengganti ABS karena PP dianggap sebagai plastik yang paling ringan, serba guna, murah, serta memiliki ketahanan terhadap bahan kimia yang baik (Maddah, 2016). Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan mekanis dari PP adalah dengan menambahkan zat aditif berupa bahan pengisi. Penggunaan talk sebagai *filler* sudah banyak digunakan dikarenakan jumlahnya yang melimpah di alam sehingga harganya relatif ekonomis.

Selain bahan pengisi, penambahan zat aditif berupa pewarna juga dapat mempengaruhi perbaikan sifat mekanis dari PP. Salah satu contoh dari pewarna yang digunakan pada PP adalah *masterbatch* (MB). *Masterbatch* merupakan bahan aditif berupa padatan (*granula*) yang digunakan untuk memberikan warna pada polimer yang terdiri dari resin termoplastik (misalnya polietilena, polipropilena, polivinil klorida atau campuran polimer lainnya) dan pigmen (karbon hitam, titanium dioksida atau materi pigmen yang lainnya) dengan konsentrasi yang sangat tinggi (Ambrogi *et al.*, 2017).

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut perumusan masalah yang dapat dikemukakan yaitu :

1. Bagaimana sifat mekanis yang dihasilkan dari penambahan talk dan *masterbatch* hitam pada cover tail berbahan PP yang dibuat melalui proses *injection molding*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan talk dan *masterbatch* hitam terhadap gugus fungsi *cover tail* berbahan PP yang dibuat melalui proses *injection molding*?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui sifat mekanis yang dihasilkan dari penambahan talk dan *masterbatch* hitam pada *cover tail* berbahan PP yang dibuat melalui proses *injection molding* serta mengetahui pengaruh penambahan talk dan *masterbatch* hitam terhadap gugus fungsi *cover tail* berbahan PP yang dibuat melalui proses *injection molding*.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu dapat menjadi referensi untuk mempelajari lebih lanjut mengenai pembuatan *cover tail* menggunakan metode dan komposisi lainnya, memberikan wawasan baru yang mendukung perkembangan ilmu pengetahuan mengenai penambahan bahan pengisi dan pewarna terhadap sifat mekanis dan perubahan gugus fungsi dari *cover tail*, serta dapat dijadikan masukan pada pabrik komponen otomotif untuk membuat *cover tail* dengan harga pembuatan yang lebih ekonomis namun memiliki kualitas yang bersaing dengan pasaran

Komposit

Komposit atau material komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki karakteristik yang berbeda, baik dalam bentuk fisik dan struktur kimianya, yang kemudian menghasilkan bentuk baru yang memiliki karakteristik yang lebih baik. Komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan bahan pengisi, menggabungkan sifatsifat mekanis dan fisik (Siregar, 2016).

Berdasarkan matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu komposit matriks polimer, komposit matriks logam, dan komposit matriks keramik. Komposit matriks polimer merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya. Komposit jenis ini adalah yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang tahan korosi, tahan karat dan memiliki bobot yang paling ringan dibandingkan komposit dengan matriks logam dan komposit dengan matriks keramik (Nayiroh, 2013).

Polipropilena

Polipropilena adalah polimer yang tersusun dari monomer-monomer senyawa propilena dengan struktur (CH₂=CH-CH₃). Polipropilena terbentuk dari proses polimerisasi adisi. Polipropilena memiliki ketahanan kimia yang sangat baik dan 10 dapat diproses melalui berbagai metode konversi seperti *injection molding* dan ekstrusi (Maddah, 2016).

Polipropilena memiliki densitas yang rendah, yaitu sekitar 0,90-0,92 g/cm³, titik leleh yang tinggi, yaitu 157-170°C, konduktivitas panas yang rendah, yaitu 0,12 W/m.K, dan kekakuan yang tinggi. Hal lain yang menjadikan polipropilena populer adalah harganya yang murah, biaya pembuatan produk

berbahan polipropilena rendah namun menghasilkan produk yang tahan lama, mudah dibentuk dalam berbagai desain, merupakan isolator yang baik, dan tahan air. Ketahanan kimia yang dimiliki polipropilena seperti ketahanan yang sangat baik terhadap asam encer dan terkonsentrasi, alkohol, basa, ketahanan yang baik terhadap aldehida, ester, hidrokarbon alifatik, dan keton (Maddah, 2016). Namun, PP memiliki berat molekul yang rendah dan hal ini yang menjadikan PP memiliki kekerasan dan suhu operasi yang rendah sehingga dapat mengurangi kekuatan mekanis dari PP (Bouakkaz *et al.*, 2017).

Aditif

Penggunaan zat aditif yang ditambahkan ke dalam komposit polimer bertujuan untuk menghasilkan produk dengan sifat yang lebih baik, memudahkan jalannya proses pembuatan produk, ataupun mengurangi bahkan menghilangkan sifat yang tidak diinginkan. Berdasarkan fungsinya, zat aditif dapat dikelompokkan menjadi bahan pelunak (*plasticizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna, *antistatic agent*, *blowing agent*, *flame retardant* dan sebagainya (Mujiarto, 2005).

Bahan pengisi yang digunakan dalam komposit berfungsi untuk meningkatkan daya hantar panas serta meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari matriks yang digunakan.

Filler merupakan bahan penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Penguat tidak selalu berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanis komposit dan memberikan efek penguatan, tetapi juga digunakan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti perubahan koefisien friksi, viskositas, atau konduktivitas listrik.

Talk memiliki rumus kimia Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ dengan titik lebur 1500°C dan tidak dapat larut dalam air, asam lemah, dan alkali (Buoakkaz *et al.*, 2017). Talk memiliki luas permukaan yang besar, bersifat inert, struktur bubuk yang sangat halus, serta hidrofobik. Talk dapat menginisiasi kristalisasi heterogen, sehingga dapat mengubah morfologi, orientasi rantai, tipe kristal, dan derajat kristalinitas PP, serta memberikan perubahan yang signifikan dalam sifat mekanis dari komposit (Castillo *et al.*, 2012).

Pencampuran talk sangat meningkatkan stabilitas termal dari PP (Jha *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian Buoakkaz *et al.*, (2017) dengan penambahan partikel talk sebesar 30% dapat meningkatkan modulus elastisitas hingga 35% dari PP murni dan meningkatkan kuat tarik pada PP. Penggunaan talk sebagai bahan pengisi dapat memberikan banyak keuntungan untuk PP, seperti peningkatan kekakuan dan stabilitas dimensi dalam aplikasi otomotif (*dashboard*, *interior bumper* dan trim eksterior) serta aplikasi rumah seperti peralatan rumah (Buoakkaz *et al.*, 2017).

Penggunaan talk sebagai bahan penguat dapat meningkatkan kekakuan dari resin PP. Jumlah talk yang digunakan dalam resin PP memiliki efek langsung pada tingkat kekakuan yang diperoleh. Selain itu, talk juga dapat meningkatkan sifat pemrosesan, seperti mengurangi penyusutan cetakan selain bertindak sebagai zat nukleasi heterogen dalam matriks PP. Hal ini yang membuat talk dapat meningkatkan kestabilan dimensi dari matriks PP.

Tabel 1. Komposisi Talk

Komponen	Komposisi (%)
SiO ₂	63,26
MgO	26,71
Al ₂ O ₃	1,47
Fe ₂ O ₃	0,54
CaO	0,75
K ₂ O	0,31
Na ₂ O	0,13

Sumber: Osman dkk, 2014

Masterbatch Hitam

Masterbatch umumnya berbahan dasar plastik *low density polyethylene* (LDPE). Banyaknya bahan aditif pada *masterbatch* bervariasi dapat berkisar 2% hingga 60%. *Masterbatch* yang berbasis resin mengandung 20% bahan aditif dan disebut sebagai *masterbatch* encer, sedangkan *masterbatch* yang terkonsentrasi mengandung 60% bahan aditif lebih banyak daripada resin yang digunakan. Konsentrasi *masterbatch* yang umum digunakan dalam industri adalah sekitar 1-5% (Ahmed et al., 2006). *Masterbatch* hitam menggunakan pigmen *carbon black* untuk memberikan warna hitam.

Carbon black tersusun atas gugus fungsi yang berbeda-beda, seperti karboksilat, fenol, lakton, laktol, eter, hidroksil, dan lain-lain yang dapat menghasilkan perbedaan ukuran dan kemampuan untuk terdispersi. Ukuran partikel *carbon black* yang lebih halus akan menghasilkan warna yang lebih jelas (Wang et al., 2003).

Injection Molding

Injection molding secara garis besar dapat didefinisikan sebagai suatu proses pembuatan produk dalam berbagai bentuk dan ukuran yang berbahan plastik yang dilelehkan dan kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan (mold). Metode *injection molding* memberikan keunggulan seperti lebih efisien karena dapat memproduksi hasil yang cukup banyak dalam waktu singkat, lebih efisien karena bahan yang digunakan dapat diatur sesuai kebutuhan, dan dapat digunakan untuk mencetak produk dengan detail yang banyak.

Parameter yang terdapat dalam proses *injection molding* dapat mempengaruhi hasil injeksi, sehingga perlu diatur untuk menghasilkan produk dengan hasil yang optimal. Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui proses *injection molding* adalah (Firdaus & Tjitro, 2004): a. Temperatur leleh (*melt temperature*), b. Batas tekanan (*pressure limit*), c. Waktu tahan (*holding time*), d. Waktu penekanan (*pressure time*), e. Temperatur cetakan (*mold temperature*), f. Kecepatan injeksi (*injection rate*).

Uji Gugus Fungsi menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) menggunakan radiasi inframerah untuk menganalisis komposisi kimia yang terdapat dalam suatu material. Komponen dasar dari spektroskopi FTIR

adalah sumber yang menghasilkan radiasi kemudian dilewatkan melalui interferometer ke sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga radiasi inframerah lolos ke detektor. Setelah dari detektor, radiasi inframerah masuk ke amplifier yang berguna sebagai penguat sinyal. Selanjutnya data dikonversi ke bentuk digital oleh konverter analog ke digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi oleh fourier (Stuart, 2004).

Uji sifat mekanis menggunakan Universal Testing Machine (UTM)

UTM digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas (kekakuan) dari komposit. Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan tarik dari suatu material. Kekuatan tarik suatu material menunjukkan seberapa besar beban atau gaya yang dapat ditahan hingga material tersebut patah. Apabila suatu bahan ditarik sampai putus, maka akan diperoleh kurva. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang (Callister & Rethwisch, 2007).

METODE

Alat

Pada penelitian ini alat-alat yang digunakan : Neraca digital Kenko kapasitas 2 kg, *Oven* dengan temperatur maksimal 300°C, *Tray* dengan ukuran 26 cm × 25,7 cm × 0,2 cm, Gelas kimia 600 mL, Mesin *Injection Molding Toshiba Machine EC100SX II*, *Granulator Kawata Model A300-10SP*, *Manual Forming Machine (MFM) Comotech QC-601A*, Pelat logam untuk membuat pelat plastik ukuran 20 cm × 20 cm × 0,2 cm, Jangka sorong, *Pneumatic Specimen Punch Comotech QC-603C*, Pisau cetakan spesimen ASTM D-638 tipe IV bentuk dumbbell, *Universal Testing Machine* (UTM) Ibertest EUROTEST T-5 & T-5/E, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Perkin Elmer C106456

Bahan

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan yaitu PP HI10HO tidak berwarna yang berasal dari PT Chandra Asri Petrochemical, Talk (*Liaoning talc powder*) yang berasal dari PT Justus Kimiaraya dengan ukuran 325 mesh, dan *Masterbatch* hitam MC-9010 mengandung *carbon black* sebanyak 40,0%±3%

Variabel Penelitian

Variabel tetap

Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Temperatur *nozzle* yang digunakan pada *injection molding* adalah 250°C.
2. Spesimen pengujian tarik yang digunakan sebanyak 5 buah.
3. Kecepatan mesin granulator adalah 1420 rpm.
4. Waktu pemanasan pada mesin *manual forming* adalah 20 menit.

HASIL DISKUSI

Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Komposit Polipropilena/Talk/MB Hitam

Var	Komponen					
	Polipropilena		Talk		MB Hitam	
	%	Massa (g)	%	Massa (g)	%	Massa (g)
1	100	750	0	0	0	0
2	91	682,5	5	37,5	4	30
3	86	645	10	75	4	30
4	81	607,5	15	112,5	4	30

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa penambahan talk ke dalam matriks PP memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap sifat mekanis PP. Nilai kuat tarik terbesar terdapat pada variasi 1 yaitu dengan kandungan PP 100% dengan tidak adanya penambahan talk dan MB hitam dan nilai kuat tarik semakin berkurang seiring dengan meningkatkan persentase talk yang ditambahkan. Penurunan nilai kuat tarik dari komposit juga dapat dipengaruhi oleh penambahan MB hitam. MB hitam MC-9010 yang ditambahkan sebanyak 4%.

Tabel 3 Kekuatan Tarik Komposit PP/Talk/MB Hitam dan Cover Tail PT XYZ

Sampel	Kuat Tarik (MPa)					Rata-rata
	Spesimen					
	1	2	3	4	5	
PP 100%/Talk 0%/MB hitam 0%	28,234	28,162	29,541	27,127	24,866	27,586
PP 91%/Talk 5%/MB hitam 4%	22,723	21,098	16,334	20,355	20,732	20,248
PP 86%/Talk 10%/MB hitam 4%	15,433	21,466	21,185	17,253	20,381	19,144
PP 81%/Talk 15%/MB hitam 4%	13,137	17,619	16,837	17,796	19,970	17,072
Cover tail PT. XYZ	26,028	25,020	24,894	23,729	25,724	25,079

Tabel 4 Modulus Elastisitas Komposit PP/Talk/MB Hitam dan Cover Tail PT XYZ

Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)					Rata-rata
	Spesimen					
	1	2	3	4	5	
PP 100%/Talk 0%/MB hitam 0%	1450,02	1451,00	1504,15	1335,98	1409,34	1430,10
PP 91%/Talk 5%/MB hitam 4%	1871,97	1820,86	1694,75	1742,20	1981,57	1822,27
PP 86%/Talk 10%/MB hitam 4%	1819,40	1766,31	1759,84	2071,98	1824,96	1848,50
PP 81%/Talk 15%/MB hitam 4%	1698,26	1409,63	1516,63	1828,66	1673,97	1625,43
Cover tail PT XYZ	2408,30	2206,78	2236,26	2193,16	2352,23	2279,35

Modulus Elastisitas Komposit PP/Talk/MB Hitam

Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan menunjukkan seberapa kaku mengandung resin LLDPE/LDPE dengan campuran *carbon black* sebanyak 40%±3% sebagai pigmen. Berdasarkan penelitian Ahmed *et al.*, (2006), penambahan *masterbatch* berpigmen dapat mengurangi kuat tarik dari PP. Nilai rata-rata kuat tarik variasi 2 hingga variasi 4 berada di bawah *cover tail* PT XYZ sehingga belum dapat memungkinkan digunakan untuk menggantikan penggunaan ABS sebagai bahan dasarnya kuat tarik terbesar terdapat pada variasi 1 yaitu dengan kandungan PP 100% dengan tidak

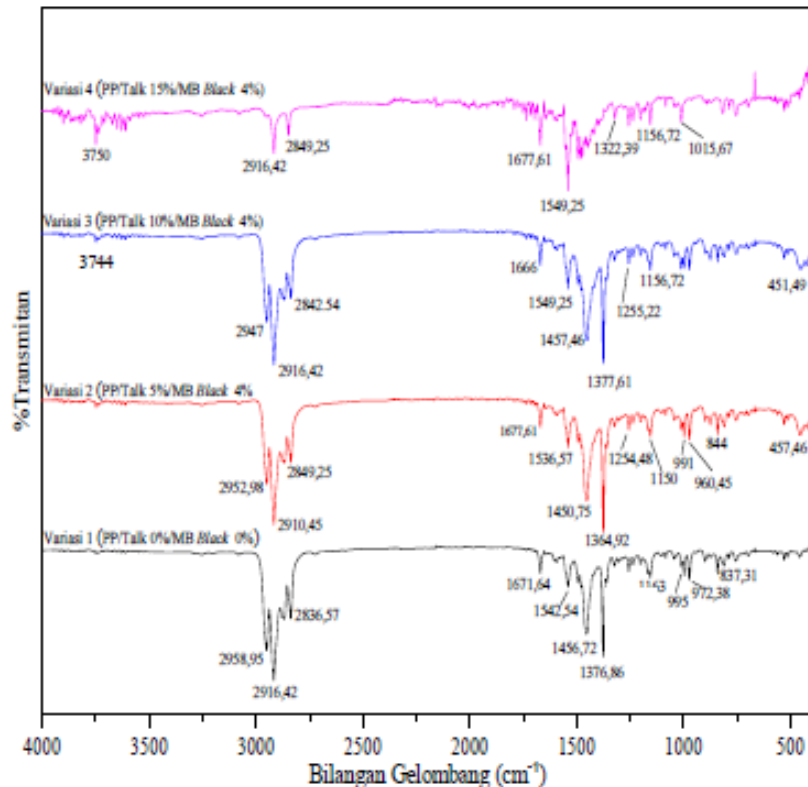
adanya penambahan talk dan MB hitam dan nilai kuat tarik semakin berkurang seiring dengan meningkatkan persentase talk yang ditambahkan.

Dapat diketahui dari Tabel 4 bahwa peningkatan persentase penambahan partikel talk sebanyak 10% menghasilkan modulus elastisitas tertinggi. Hal ini dikarenakan penambahan partikel talk sebagai bahan pengisi (*filler*) dapat meningkatkan kekakuan dan kekerasan dari PP (Maiti & Sharma, 1992). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Buoakkaz *et al.*, (2017), yaitu kekakuan (modulus elastisitas) PP meningkat dengan adanya partikel talk. Nilai modulus elastisitas dari variasi 1 hingga variasi 4 memiliki nilai yang jauh di bawah

modulus elastisitas *cover tail* PT. XYZ yang berbahan ABS, artinya komposit PP/Talk/MB hitam memiliki sifat yang lebih lunak dan lebih elastis dibandingkan dengan *cover tail* PT XYZ. Peningkatan modulus elastisitas terjadi dengan cukup signifikan pada penambahan talk 5% dan terjadi secara konstan hingga penambahan talk 10%. Hal ini kemungkinan menandakan terjadinya proses nukleasi yang baik antara partikel talk dengan matriks PP sehingga meningkatkan derajat kristalinitas dari PP. Namun, peningkatan modulus elastisitas

hanya mengalami sedikit perubahan pada penambahan talk 15% yang mana tidak sesuai dengan penelitian Shelesh-Nezhad & Tagizadeh (2007) yaitu modulus elastisitas maksimal dapat diperoleh dengan penambahan partikel talk 15% ke dalam matriks PP. Terjadinya hal tersebut kemungkinan dikarenakan partikel talk tidak terdispersi dengan baik di dalam matriks PP sehingga menimbulkan aglomerasi pada produk *cover tail* yang dihasilkan

Gugus Fungsi Komposit



Pada gambar 2 spektrum inframerah yang dihasilkan dari pengujian gugus fungsi. Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 4, variasi 1 memiliki bilangan gelombang yang mirip dengan PP murni pada penelitian Shabrina & Aviadi (2018), artinya variasi 1 merupakan PP murni. Terdapat regangan gugus Mg-OH pada variasi 3 dan variasi 4 dengan penambahan talk sebanyak 10% dan 15%. Perubahan bentuk spektrum terjadi pada variasi 4 dengan munculnya regangan asimetris gugus Si-O-Si pada bilangan gelombang 1015,67 cm⁻¹ yang mengindikasikan kandungan talk. Terlihat absorbansi inframerah dengan bilangan gelombang 1150 cm⁻¹ pada variasi 2, 1156,72 cm⁻¹ pada variasi 3, dan 1156,72 cm⁻¹ pada variasi 4 dengan intensitas menengah yang menunjukkan regangan gugus C-O-C yang mengindikasikan adanya senyawa eter dari penambahan MB hitam.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh penambahan talk dan MB hitam terhadap sifat mekanis komposit, yaitu semakin banyak talk yang ditambahkan akan mengurangi kekuatan tarik hingga 38% dari komposit pada penambahan talk 15% namun

meningkatkan kekakuan (modulus elastisitas) hingga 29% dari komposit pada penambahan talk 10%. Penambahan talk dan MB hitam juga mempengaruhi gugus fungsi komposit yaitu mengakibatkan terjadinya perubahan spektrum inframerah dengan munculnya gugus Mg-OH dan Si-O-Si dari penambahan talk serta gugus C=C dan C-O-C dari penambahan MB hitam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas laboratorium Teknik Kimia Polimer selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, S. I., Shamey, R., dan Christie, M. R., Mather, R. R. (2006): Comparison of the performance of selected powder and masterbatch pigments on mechanical properties of mass coloured polypropylene filaments, *Journal Compilation Society of Dyers and Colourist*, **122**, 282 – 288.

- Ambrogi, V., Carfagna, C., Cerruti P., dan Marturano, V. (2017): Additives in polymers, 95 – 103 dalam Ebnasajjad, S., ed., *Modification on polymer properties*, 215 hal., Elsevier Inc.
- ASTM D638-14. (2014): Standard test methods for tensile properties of plastics, *ASTM International*, West Conshohocken, United States, 2 – 7.
- Bouakkaz, A. O., Albedah, A., Bouiadjra, B. B., Khan, S. M. A., Benyahia, F., dan Elmeguenni, M. (2017): Effect of temperature on the mechanical properties of polypropylene-talc composites, *Journal of Thermoplastic Composite*, 1 – 8.
- Callister, W. D., dan Rethwisch, D. G. (2007): *Material Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., US
- Firdaus. dan Tjitro, S. (2004): Studi Eksperimental Pengaruh Paramater Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) Pada Benda Cetak Pneumatics Holder, *Jurnal Teknik Mesin*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, **5**, 75 – 77.
- Maddah, Hisyam H. (2016): Polypropylene as a promising plastics: A review, *American Journal of Polymer Science*, **6**, 1 – 10.
- Olivera, S., Muralidhara, H. B., Venkatesh, K., Gopalakrishna, K., dan Vivek, C. S. (2015): Plating on acrylonitrile–butadiene– styrene (ABS) plastic: a review, *Springer Science+Bussiness Media New York*, 1 – 3.
- Siregar, C., Martono, S., dan Rohman, A. (2018): Application of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy coupled with multivariate calibration for quantitative analysis of curcuminoid in tablet dosage form, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **12**, 261 – 262
- Shabrina, A. N. dan Aviadi, F. F. (2018): *Karakteristik termal, mekanik, dan komposisi kimia pada kompon polipropilena dengan penambahan masterbatch red 418 C*, Skripsi, Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, Jakarta.
- Stuart, Barbara. (2004): *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application*, John Wiley & Sons, Ltd
- Wang, M. J., Gray, C. A., Reznick, S. R., Mahmud, K., dan Kutsovsky, Y. (2003): *Carbon black*, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, Ltd

NOMENKLATUR

PP	Polipropilena
MB	Masterbatch
LDPE	Low Density Poly Ethylena
LLDPE	Linear Low Density Poly Ethylena