



Preparasi dan Karakterisasi PP (*Polypropylene*) Termodifikasi LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) dengan Teknik Pencampuran Biasa

Vidya Putri Khavilla[✉], Sri Wahyuni, Ari Fajar Riyanto, Jumaeri, dan Harjono

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Agustus 2019

Disetujui September 2019

Dipublikasikan November 2019

Keywords:

preparasi
PP
LLDPE
modifikasi
pencampuran

Abstrak

Polimer atau plastik merupakan salah satu material yang cukup penting dan mengalami kemajuan yang sangat cepat. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi PP dengan LLDPE melalui teknik pencampuran biasa untuk meningkatkan beberapa sifat mekanik PP. Jumlah LLDPE yang ditambahkan kedalam PP bervariasi yaitu 1, 5, 10, 15, dan 20% (g/g). Penelitian ini juga mempelajari pengaruh penambahan silika fume kedalam sifat-sifat LLDPE. Pencampuran LLDPE/PP dilakukan menggunakan *Extruder Pelletizing Twin Screw Lien Chiny*. Pencampuran LLDPE/PP-Silika dilakukan menggunakan metode *injection molding*. Hasil pencampuran LLDPE/PP diuji sifat mekaniknya dan diperoleh hasil sebagai berikut: uji kecepatan alir lelehan pellet (MFR) sebesar 8,36 g/cm³, kekuatan impak 3,3582 kg/cm², kuat tarik 361,599 kgf/cm², kelenturan 52,1 MPa, kekerasan 108,2 Skala R, dan densitas sebesar 2,8441 g/cm³. LLDPE/PP-Silika diuji sifat mekaniknya melalui uji kekuatan impak dan kuat tarik. Sementara itu, karakteristik fisik dari LLDPE/PP dan LLDPE/PP-Silika dianalisis menggunakan FT-IR dan SEM. Spektra FT-IR pada LLDPE/PP-Silika menunjukkan bahwa terdapat gugus Si-O-Si dan adanya aglomerasi silika. Dari seluruh hasil uji mekanik dapat disimpulkan bahwa LLDPE/PP 10% memiliki sifat mekanik yang dianggap optimum berdasarkan nilai kekuatan impaknya paling baik dibandingkan variasi yang lain. Penambahan silika kedalam LLDPE/PP tidak mengalami peningkatan sifat mekanik terhadap LLDPE/PP.

Abstract

Polymers or plastics are one of the important material and progress very quickly. The purpose of this research to modify PP with LLDPE by the usual mixing techniques to improve some of the mechanical properties of PP. The quantity of LLDPE added to PP varies in 1, 5, 10, 15, and 20%. This research also studied the properties of LLDPE/PP with the addition of silica fume. Mixing LLDPE/PP is using the Extruder Pelletizing Twin Screw Lien Chiny and mixing LLDPE/PP-Silica using the injection molding method. LLDPE/PP was tested the mechanical properties and the results are as follows: MFR test of 8.36 g/cm³, the impact strength 3.3582 kg/cm², tensile strength of 361.599 kgf/cm², the flexural test of 52.1 MPa, hardness 108.2 Rscale, and density of 2.8441 g/cm³. LLDPE/PP-Silica tested mechanical properties by testing the impact strength and tensile strength. The physical characteristics of LLDPE/PP and LLDPE/PP-Silica analyzed using FT-IR and SEM give the results of the functional group Si-O-Si and the agglomeration of silica on the morphology of LLDPE/PP-Silica. From all the results of the mechanical test it can be concluded that LLDPE/PP 10% has the results that are considered optimum because the value of the impact strength is best from the other variations. The LLDPE/PP-Silica is not increased mechanical properties compared to LLDPE/PP.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: vidyakhavilla09@gmail.com

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Perkembangan industri Indonesia mengalami banyak kemajuan, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas, terutama industri padat modal maupun teknologi. Salah satu industri yang penting adalah industri polimer dan plastik (Anang *et al.*, 2017). Salah satu produk industri polimer yang penting yaitu polipropilen (PP). PP merupakan bahan polimer termoplastik yang dibuat oleh industri polimer dan digunakan dalam berbagai aplikasi baik sebagai serat maupun plastik. PP merupakan polimer yang ringan karena memiliki densitas sebesar 0,90-0,92 g/cm³, memiliki kekerasan dan kerapuhan paling tinggi serta bersifat kurang stabil terhadap panas (Nicko *et al.*, 2011). Sifat mekanik PP dapat ditingkatkan dengan menambahkan LLDPE atau polimer termoplastik lain.

Proses pencampuran polimer sebagian besar dibuat melalui pencampuran fisik yaitu pengolahan melalui lelehan yang tidak memerlukan pelarut untuk memperoleh campuran dengan dispersi yang baik dan mendapatkan bahan dengan kombinasi sifat yang seimbang dari sifat-sifat komponen-komponennya (Lin *et al.*, 2015). Komponen penyusun campuran polimer dipilih berdasarkan pada sifat-sifat yang dapat dikontribusikan pada campuran tersebut. Campuran antara PP dengan Polietilen (PE) merupakan salah satu campuran polimer yang banyak dipelajari, seperti dalam penelitian Salih *et al.* (2016) yang mempelajari pencampuran PP dengan produk PE yaitu LDPE dan HDPE. Campuran lain yang juga banyak dipelajari adalah LLDPE. LLDPE adalah kopolimer α -olefin yang dipolimerisasi dengan katalis *Ziegler-Natta* dan memiliki kelenturan yang baik. Penambahan LLDPE terhadap PP dapat meningkatkan sifat mekanik terutama pada kekuatan impaknya.

Selain pencampuran dua polimer, Penggunaan *filler* atau bahan pengisi pada suatu polimer juga dapat dipelajari apakah dapat memberikan kualitas yang lebih baik, seperti menurunkan tingkat kerapuhan PP, dan meningkatkan sifat mekanik lainnya (Nicko *et al.*, 2011). Salah satu contoh *filler* yang dapat meningkatkan sifat mekanik polimer adalah silika. Menurut Fachry *et al.* (2014) silika banyak digunakan dalam industri-industri terutama sebagai bahan pengisi dikarenakan sifat dan morfologinya yang unik, diantaranya yaitu luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik sesuai dengan struktur dan morfologinya. Selain itu silika juga bersifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degradasi termal yang baik jika dipadukan dengan polimer.

Proses pencampuran LLDPE/PP dan LLDPE/PP-Silika secara fisik dapat dilakukan dengan dua cara, pertama dengan melakukan pencampuran pellet menggunakan *extruder pelletizing screw lien chiny*, dimana teknik ini merupakan pencampuran melalui lelehan polimer dan proses pembentukan pellet kembali (Ghalia *et al.*, 2011). Teknik kedua yaitu melakukan pencampuran menggunakan metode *injection molding* atau pembentukan slab yang memerlukan tekanan dan suhu tinggi. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan LLDPE terhadap PP dan pengaruh penambahan silika terhadap LLDPE/PP dalam hal sifat-sifat mekaniknya.

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi neraca analitik, *Extruder Pelletizing Twin Screw Lien Chiny*, *Hydraulic Press Wabash Genesis* untuk membuat slab, *Melt Flow Index Tester* merek *Yasuda* No 120-FWP *Izod Type Impact Tester*, *Universal Testing Machine Shimadzu*, *Rockwell Hardness Tester*, *Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Perkin Elmer*, *Scanning Electron Microscopy (SEM) JEOL JSM-6360LA*, oven dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi polipropilen (Polytam PF 1000) yang diproduksi oleh PT. *Pertamina (PERSERO)*, kemudian *Low Linear Density Polyethylene (LLDPE) grade LL8420A* dengan nilai MFR 2,1 g/10 menit dan densitas 0,924 g/cm³ yang diproduksi oleh PTT *Global Chemical Public Company Limited* Bangkok Thailand, silika fume HDK N20 dengan *surface area* 204 m²/g dan pH 4,1.

Ditimbang bahan dengan variasi 1, 5, 10, 15, dan 20% LLDPE terhadap PP dalam 4 kg campuran, kemudian kedua campuran tersebut dicampur sekaligus proses pembuatan pellet kembali menggunakan *Extruder Pelletizing Twin Screw Lien Chiny*, dimana proses ini termasuk dalam proses *hot blending* atau pencampuran melalui lelehan (Ghalia *et al.*, 2011). Tahap preparasi yang terakhir yaitu mencetak slab dengan ukuran ketebalan masing-masing uji menggunakan *hydraulic press*, setiap ketebalan 1 mm slab membutuhkan bahan sebanyak 30 g. Hasil optimum analisis mekanik pada LLDPE/PP ditambah dengan 0,2; 0,6; dan 1% silika *fume*. Pencampuran LLDPE/PP dengan silika *fume* menggunakan proses *injection molding* atau pembuatan slab pada suhu 230°C (Hwang *et al.*, 2013). Hasil pencampuran tersebut selanjutnya diketahui kekuatan mekaniknya, gugus fungsi dan morfologinya menggunakan SEM. Komposisi rasio pencampuran LLDPE/PP-Silika ditunjukkan pada Tabel 1.

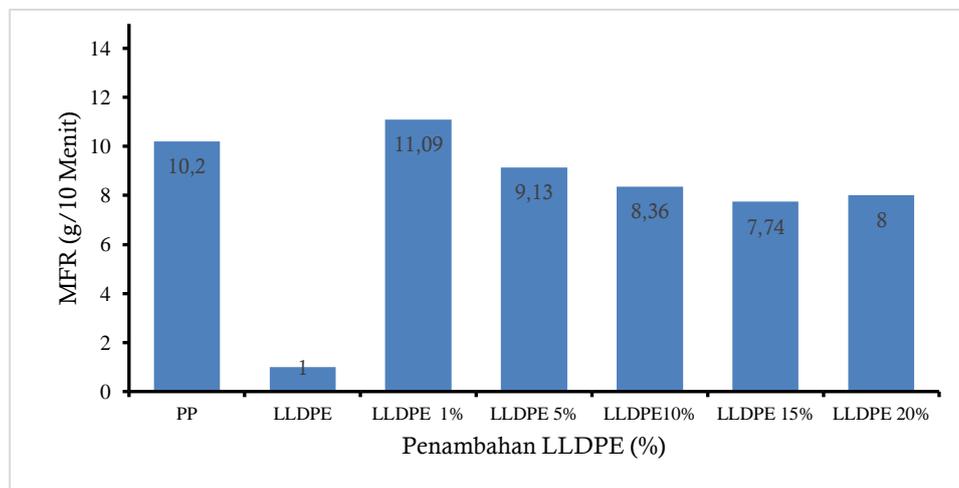
Tabel 1. Komposisi pencampuran LLDPE/PP-Silika

Parameter uji	% Silika	Massa silika (gram) campuran	Massa LLDPE/PP (gram) campuran
Pengujian izod impak (120 gram)	0,2	0,24	119,76
	0,6	0,72	119,28
	1,0	1,20	118,8
Pengujian kuat tarik (90 gram)	0,2	0,18	89,82
	0,6	0,54	89,46
	1,0	0,90	89,10

Hasil dan Pembahasan

Dalam suatu campuran 2 atau lebih bahan yang memiliki perbedaan sifat, terdapat perbedaan fase yaitu matriks dalam hal ini PP sebagai fase kontinu dan penguat dalam hal ini LLDPE sebagai fase terdispersi (Mardiyati, 2018). Kepadatan matriks ditandai dengan hasil dari pengujian mekanik yang mengindikasikan apakah LLDPE terdispersi dalam matriks PP secara merata. Penambahan LLDPE pada PP dalam semua variasi tidak menghasilkan gelembung didalamnya maka terjadi peningkatan kepadatan matriks LLDPE/PP yang mengindikasikan bahwa slab LLDPE/PP dapat diuji kekuatan mekaniknya. Homogenitas dari campuran LLDPE/PP dengan silika juga dapat dilihat melalui penampakan fisik pada slab yang dihasilkan dan dapat diperkuat dengan sifat-sifat mekaniknya.

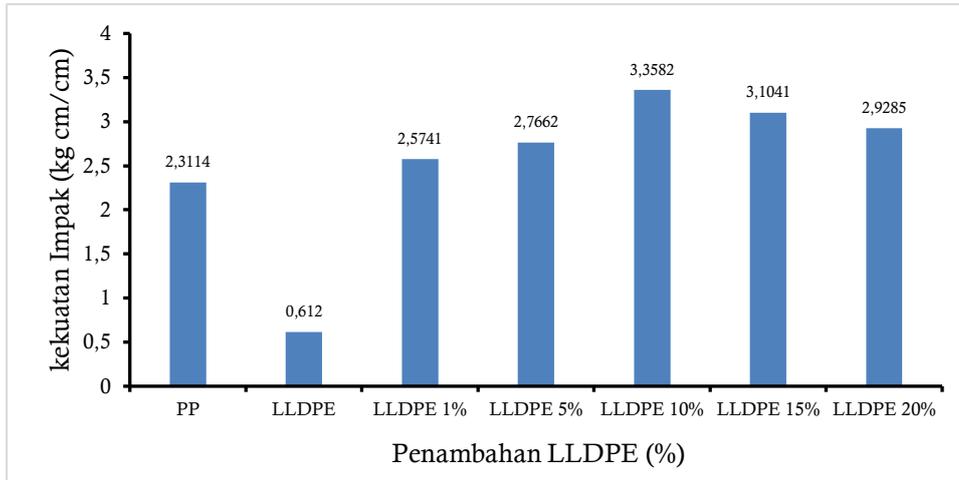
Penambahan LLDPE mengakibatkan nilai MFR mengalami penurunan bertahap. Secara tidak langsung dapat diartikan bahwa setiap penambahan LLDPE merubah sifat PP dari encer menjadi lebih lengket. Nilai MFR merupakan parameter dalam industri polimer sebagai indikator untuk mengetahui kemampuan prosesnya dengan penentuannya yang lebih sederhana. Pada dasarnya, LLDPE yang memiliki nilai MFR 1 g/10 menit merupakan jenis polietilen yang memiliki nilai MFR lebih rendah dari pada PP yaitu 10,2 g/10 menit sehingga LLDPE memiliki sifat yang lebih kental dan sulit untuk mengalir. Nilai MFR campuran LLDPE/PP ditampilkan pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Nilai *melt flow rate* LLDPE/PP

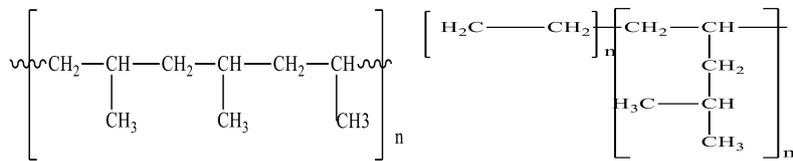
Gambar 2. merupakan hasil analisis kekuatan impak pada LLDPE/PP. Campuran LLDPE/PP dengan variasi 1- 10% menunjukkan peningkatan nilai izod impak dari 11,09 ke 8,02 g/10 menit. PP memiliki gugus metil yang melekat pada setiap atom karbon dalam rantai linearnya yang menyebabkan PP memiliki kekuatan impak yang relatif rendah, penambahan LLDPE dapat meningkatkan kekuatan impak yang dihasilkan. Nilai kekuatan impak LLDPE/PP yang optimum diperoleh pada penambahan LLDPE 10%. Nilai kekuatan izod impak mengalami penurunan secara bertahap pada penambahan rasio 15% LLDPE (3,10 kg/cm²) dan penambahan 20% (2,93 kg/cm²). Penurunan tersebut disebabkan oleh rendahnya tingkat kerapatan LLDPE sebagai fase terdispersi kedalam PP sebagaimana dengan citra SEM yang dihasilkan sehingga pada penambahan LLDPE 15 dan 20% menghasilkan kekuatan impak yang rendah (Gawali *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan izod impak, pencampuran antara PP dengan LLDPE merupakan campuran yang tidak homogen atau tidak dapat bercampur. Secara kimia PP dan LLDPE merupakan polimer alifatik yang komponennya tersusun dari atom C dan H dalam strukturnya (Gambar

3), sehingga kedua polimer ini tidak bisa bereaksi secara kimia atau tidak menghasilkan struktur baru dalam penelitian ini, karena tidak adanya pemutusan atau pembentukan ikatan melalui metode yang dilakukan. Sehingga bertambahnya LLDPE dalam komposisi campuran menyebabkan tingkat homogenitas yang semakin rendah. Selain itu, PP dan LLDPE memiliki berat molekul yang tinggi.

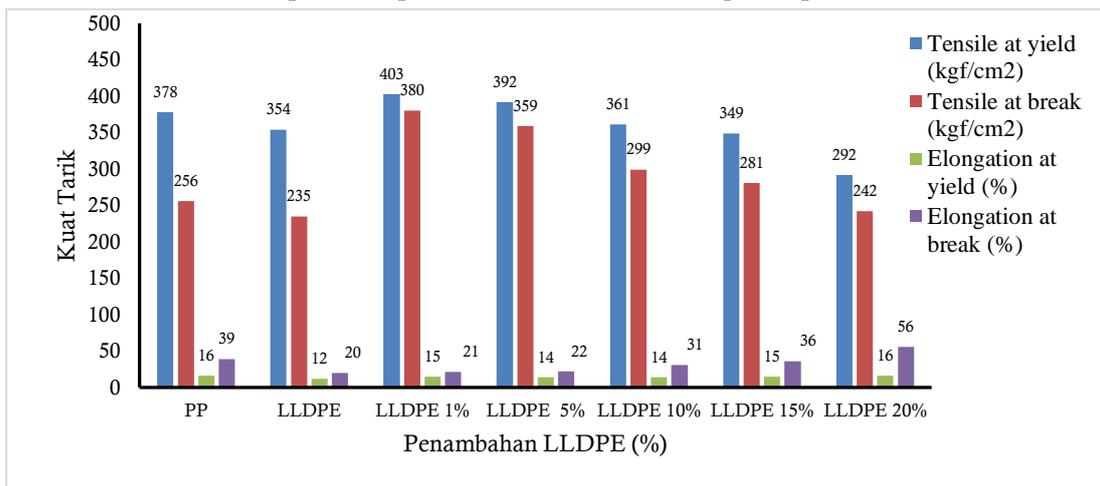


Gambar 2. Diagram hasil pengujian kuat impak pada LLDPE/PP



Gambar 3. Struktur (a) PP (Gawali *et al.*, 2016) dan (b) LLDPE (Anvar *et al.*, 2017)

Hasil analisis kuat tarik pada campuran LLDPE dan PP ditampilkan pada Gambar 4.

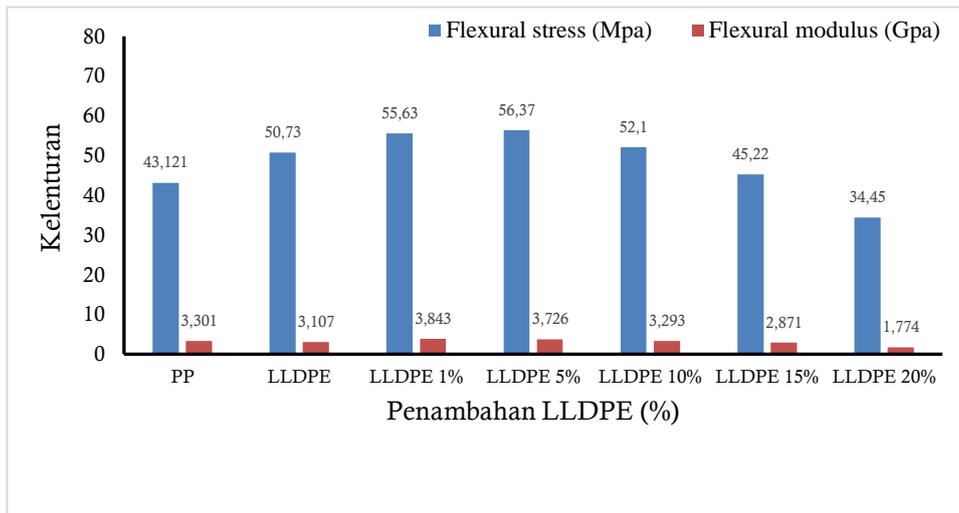


Gambar 4. Diagram pengujian tensile strength (*Tensile Strength*) pada LLDPE/PP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rasio LLDPE/PP 1% memiliki sifat mekanik yaitu kuat tarik yang lebih tinggi dari pada keempat campuran yang lainnya. Hal ini disebabkan bahwa pada rasio tersebut resin yang paling dominan adalah PP. Kekuatan yang dimiliki PP ini dapat membatasi rotasi rantai karbon untuk bersifat lebih fleksibel, sedangkan LLDPE menunjukkan perilaku elastis (lunak dan lemah) sehingga setiap penambahan rasio LLDPE memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah tetapi memiliki perpanjangan putus yang lebih tinggi (Kadhim, 2017). Perlu dicatat bahwa penambahan LLDPE kedalam PP dapat meningkatkan kekuatan impak dan menurunkan nilai kekuatan tarik. Kekuatan mekanik campuran LLDPE/PP tidak dapat ditentukan hanya menggunakan nilai kekuatan tarik saja, tetapi memiliki hubungan pada nilai kekuatan impak pada pengujian sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa pada

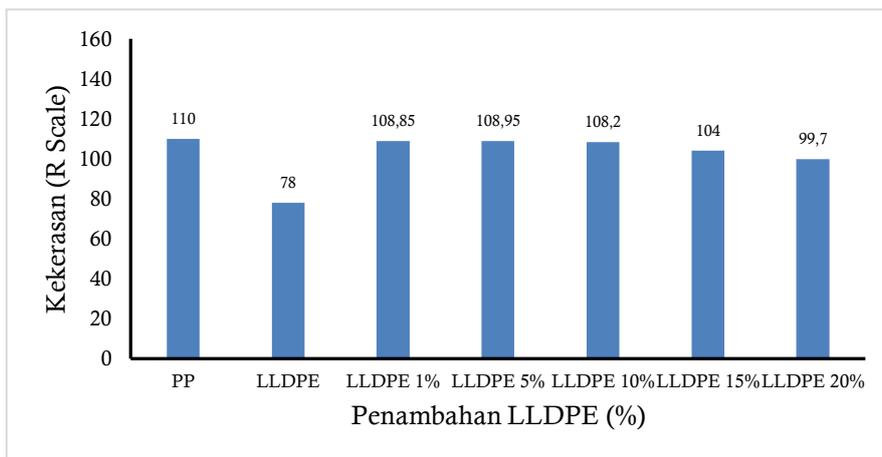
komposisi LLDPE/PP 10% merupakan hasil optimum LLDPE/PP dalam menerima beban kejut dengan kekuatan tarik sebesar 362 kgf/cm² untuk *tensile at yield* dan 299 kgf/cm² untuk *tensile at break*. Selain itu, nilai kekuatan tarik pada komposisi LLDPE/PP dari 1-10% tidak mengalami penurunan yang cukup drastis.

Berdasarkan analisis kekuatan lentur pada LLDPE/PP menunjukkan bahwa pada penambahan 1% LLDPE memiliki nilai *flexural stress* sebesar 55,63 MPa dan mengalami kenaikan menjadi 56,37 MPa setelah penambahan 5% LLDPE. Hasil pada kedua variasi tersebut (1 dan 5%) dapat diartikan bahwa LLDPE dapat memodifikasi PP sehingga dapat meningkatkan nilai kelenturan campuran LLDPE/PP. Peningkatan nilai kelenturan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya efek nukleasi partikel yang tersebar kedalam matriks PP sehingga dapat mengubah sifat PP dari kaku sampai mempunyai kekuatan lentur yang baik (Kadhim, 2017). Perbedaan sangat jauh terjadi pada variasi penambahan LLDPE sebanyak 10, 15 dan 20% yang mengalami penurunan nilai kelenturan dengan cukup signifikan. Pada penelitian ini hanya dilakukan pencampuran secara fisik sehingga sulit untuk menghasilkan campuran yang homogen, sehingga dapat menurunkan nilai kekuatan lentur.



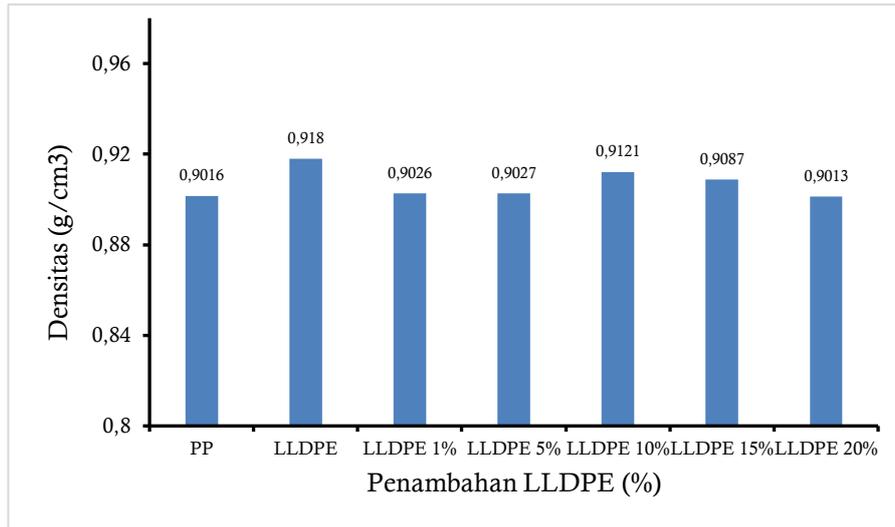
Gambar 5. Diagram pengujian kekuatan lentur (*flexural strength*) pada LLDPE/PP

Untuk hasil analisis kekerasan dan densitas pada campuran LLDPE dengan PP ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Hasil pengujian kekerasan dan densitas pada LLDPE/PP

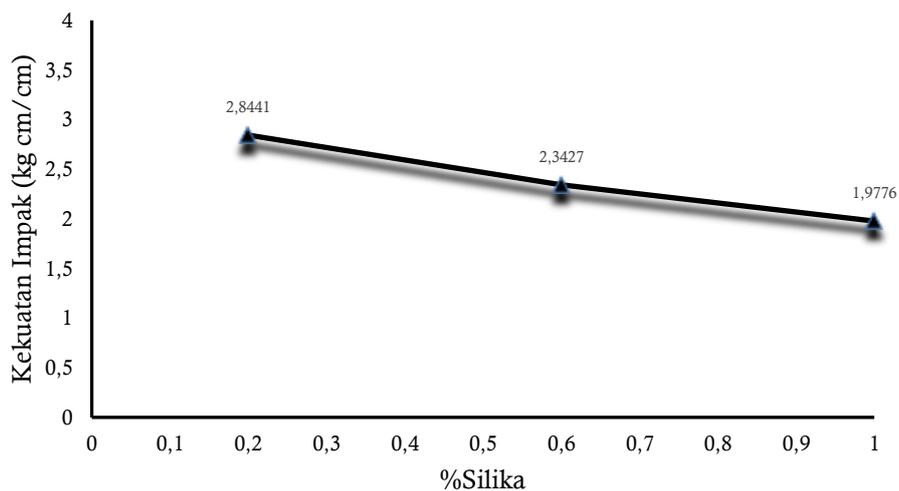
Hasil analisis kekerasan pada LLDPE/PP menunjukkan sifat kekerasan LLDPE/PP yang menurun secara bertahap dengan penambahan LLDPE. PP murni memiliki nilai kekerasan maksimum sebesar 110 R Scale dan menurun dengan meningkatnya proporsi LLDPE yang ditambahkan hingga 100,2 Rscale pada rasio LLDPE/PP 20%. Data tersebut membuktikan bahwa penambahan polietilen seperti LLDPE dapat mengurangi sifat kekerasan dari PP tetapi dapat meningkatkan sifat ketangguhan pada campuran yang dihasilkan.



Gambar 7. Nilai densitas LLDPE/PP

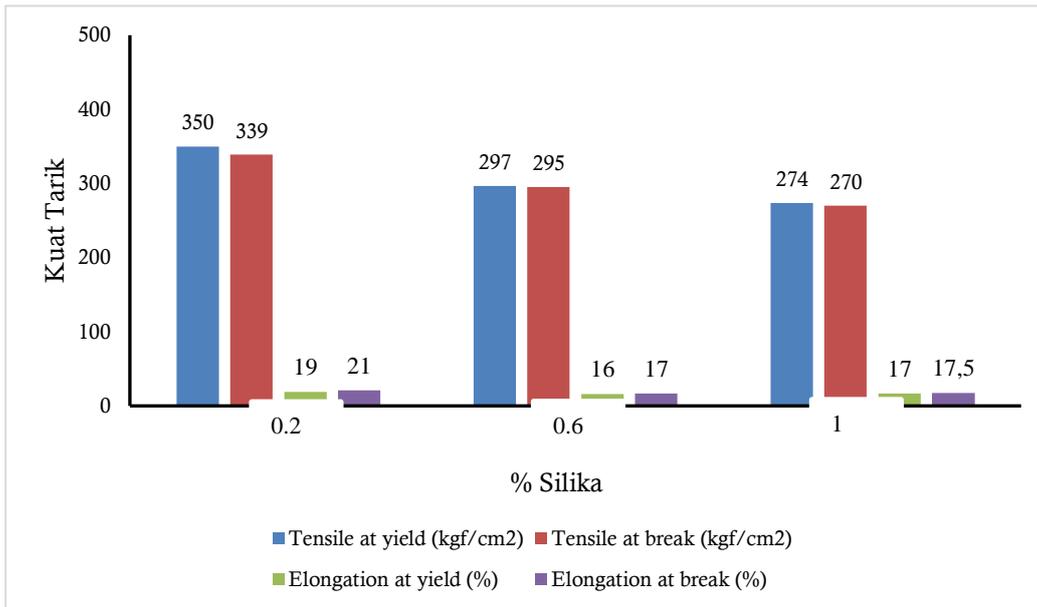
Untuk analisis pengujian densitas LLDPE/PP menunjukkan nilai densitas dalam LLDPE/PP yang cenderung konstan. Pada penambahan 1-20% LLDPE nilai yang dihasilkan tidak mengalami kenaikan dan penurunan yang drastis. Nilai densitas yang dihasilkan campuran LLDPE/PP pada masing-masing variasi komposisi berada pada rentang 0,90 g/cm³. Penambahan LLDPE yang memiliki densitas 0,9180 g/cm³ dapat meningkatkan PP murni (0,9016 g/cm³) dan memperoleh hasil optimum pada rasio komposisi LLDPE/PP 10% sebesar 0,9121 g/cm³. Nilai densitas berhubungan dengan kerapatan matriks campuran, Semakin tinggi kerapatan matriks polimer maka semakin baik kristalinitas yang dihasilkan (Kadhim, 2017).

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari LLDPE/PP-Silika dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian kekuatan impact dan kekuatan tarik dimana dua pengujian tersebut sudah mampu mengindikasikan apakah LLDPE/PP-Silika memiliki sifat mekanik yang baik atau tidak. Hasil analisis pengujian kekuatan impact ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram hasil pengujian izod impact pada LLDPE/PP-Silika

Sifat mekanik pada suatu polimer dengan bahan pengisi bergantung pada jenis bahan pengisi dan konsentrasi yang dapat memasuki matriks polimer dengan baik. Gambar 8 menunjukkan penurunan secara bertahap nilai kekuatan impact setiap penambahan % silika, bahkan nilai tersebut lebih rendah dari hasil optimum LLDPE/PP (3,3582 kg/cm²). Penurunan nilai kekuatan tumbukan atau impact disebabkan oleh aglomerasi nano partikel SiO₂ didalam matriks polimer, akibatnya matriks polimer tidak mengikat SiO₂ secara sempurna (Jeziórska *et al.*, 2014). Selain itu, silika memiliki muatan negatif yang berasal dari gugus O dan tidak dapat berikatan secara kimia maupun membentuk struktur baru dengan gugus alifatik yang dihasilkan dari LLDPE/PP. Sehingga, penambahan silika yang lebih banyak memudahkan terbentuknya aglomerasi silika pada LLDPE/PP.

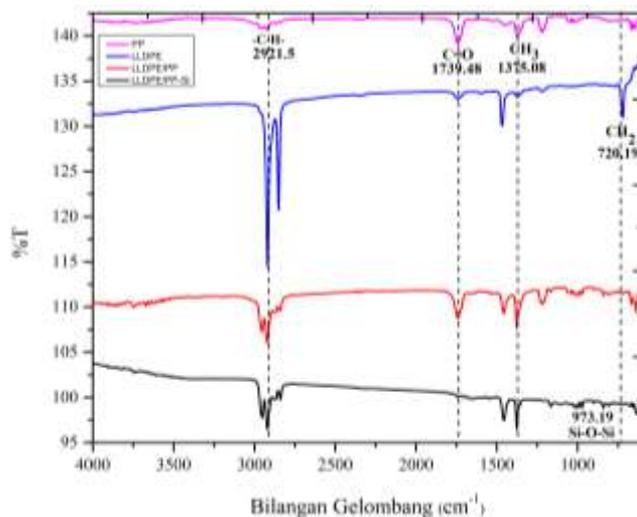


Gambar 9. Diagram hasil pengujian kuat tarik LLDPE/PP-Silika

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis kuat tarik pada LLDPE/PP-Silika, dimana hasil tersebut menunjukkan nilai kekuatan tarik yang semakin menurun setiap penambahan % silika, dari ketiga hasil tersebut juga memiliki nilai kuat tarik yang lebih rendah dari hasil optimum LLDPE/PP yaitu 362 kgf/cm² untuk *tensile at yield* dan 299 kgf/cm² untuk *tensile at break*. Dapat diartikan bahwa sampel dengan penambahan silika menghasilkan komposit yang rapuh atau mudah patah. Menurut Jeziórska *et al.* (2014), peningkatan kekuatan tarik terjadi berdasarkan morfologi komposit yang dihasilkan, semakin tinggi kristalinitas matriks semakin tinggi kekuatan mekaniknya. Selain itu, adanya migrasi dari partikel silika kedalam interfase dari matriks polimer yang menyebabkan kinerja yang dihasilkan tidak maksimal.

Kekuatan tarik komposit meningkat seiring bertambahnya silika mengindikasikan bahwa ikatan interfase antara matriks dan pengisi baik. Hwang *et al.* (2013) menjelaskan dalam penelitiannya mengenai penambahan nanopartikel silika kedalam matriks PP bahwa adanya penurunan nilai kekuatan tarik disebabkan adanya beberapa agregat yang tidak tersebar secara merata kedalam matriks PP. selain itu, kekuatan tarik komposit semakin menurun dengan meningkatnya bahan pengisi terjadi ketika ikatan antar pengisi dan matriks melemah.

Spektrum infra merah dari hasil campuran LLDPE/PP sebelum dan sesudah penambahan silika ditampilkan pada Gambar 10.



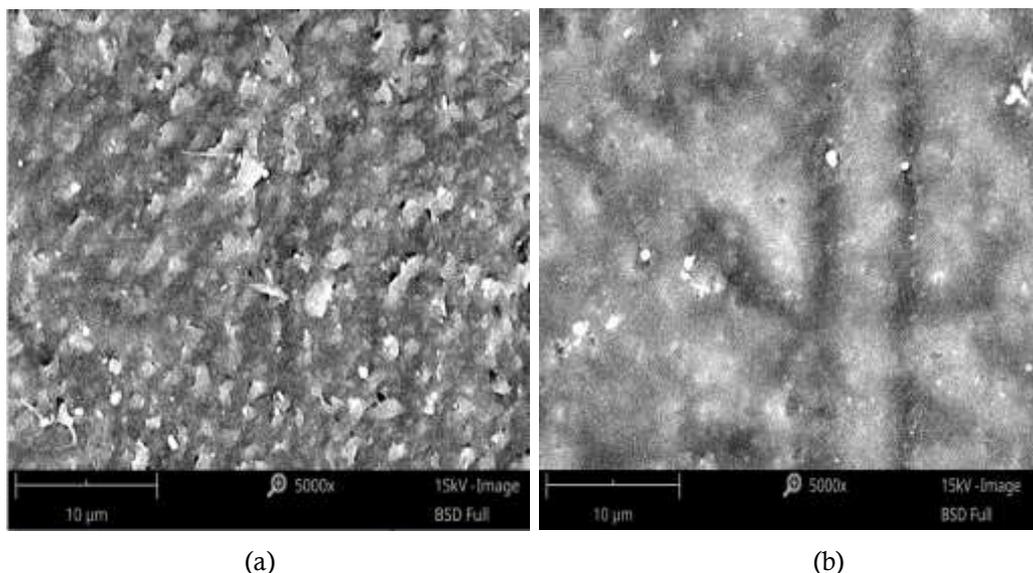
Gambar 10. Spektrum IR pada LLDPE/PP dan LLDPE/PP-Silika

Hasil pencampuran LLDPE/PP mempunyai pita serapan yang menunjukkan vibrasi ulur asimetris (*asymmetric stretching vibration*) C-H (PP) dan CH₂ (LLDPE) pada bilangan gelombang 2920,47 cm⁻¹ dibuktikan dengan pita serapan yang dimiliki PP dan LLDPE masing-masing 2921,5 dan 2918,18 cm⁻¹. Terbentuknya campuran PP dan LLDPE dibuktikan pula dengan pita serapan yang menunjukkan vibrasi tekuk (*bending vibration*) CH₃ dan CH₂ yang berasal dari PP pada bilangan gelombang 1475-1440 cm⁻¹ dan 1380-1370 cm⁻¹ serta vibrasi tekuk CH₂ pada bilangan gelombang 1470-1460 cm⁻¹ yang berasal dari PE, juga terdapat vibrasi tekuk rocking CH₂ yang berasal dari PE pada bilangan gelombang 730-650 cm⁻¹ (Lin *et al.*, 2015).

Pada LLDPE/PP dengan LLDPE/PP-silika memiliki kemiripan pada pola yang dihasilkan, tetapi terdapat beberapa perbedaan pada pita serapan yang dihasilkan setelah penambahan silika. Pada LLDPE/PP-silika mempunyai serapan gelombang yang menunjukkan vibrasi ulur asimetri Si-O-Si pada 973,19 dan 998,14 cm⁻¹, dan terdapat serapan gelombang yang menunjukkan vibrasi ulur simetri Si-O-Si pada 633,69 cm⁻¹ serta terdapat pita serapan pada 467,13 cm⁻¹ yang menunjukkan daerah vibrasi tekuk Si-O-Si atau O-Si-O.

Gambar 11. menunjukkan mikrosutruktur LLDPE/PP sebelum dan sesudah penambahan silika. Hasil SEM pada campuran LLDPE/PP tanpa penambahan silika menunjukkan adanya dua fasa yang berbeda yaitu fase terdispersi yang berbentuk bola putih. Fasa terdispersi tersebut adalah LLDPE yang tersebar didalam matriks PP yang merupakan fasa pendispersi. Partikel terdispersi yang dihasilkan tersebar cukup merata disetiap bagian, akan tetapi ukurannya tidak seragam. Pada saat pencampuran, setiap segmen molekul akan mengatur diri. Oleh karena itu, molekul setiap polimer berbeda-beda dan identik dengan karakteristik masing-masing. Pencampuran antara PP dengan LLDPE menghasilkan campuran yang tidak kompatibel yang berarti bahwa kedua bahan tersebut tetap membentuk dua fasa walaupun telah ditambah dengan *compatibilizer*, kedua bahan tersebut juga merupakan polimer alifatik yang terdiri dari atom C dan H dalam strukturnya, sehingga kedua struktur ini tidak menghasilkan struktur baru (Liu *et al.*, 2013).

Mikrograf pada hasil penambahan silika pada LLDPE/PP terlihat terdapat aglomerasi dari silika yang ditambahkan dan tidak terdispersi kedalam bagian matriks polimer, ini yang menyebabkan performa mekanik yang dihasilkan menurun serta menghasilkan campuran yang lebih getas. Gambar 11 menunjukkan bahwa antara LLDPE/PP dengan silika tidak bercampur dan tidak kompatibel. Secara kimia pencampuran silika dengan LLDPE/PP yang merupakan polimer alifatik hanya memiliki atom C dan H dalam strukturnya tidak dapat menghasilkan struktur baru. Menurut Kontou *et al.* (2019), silika umumnya sangat mudah membentuk aglomerat dalam aplikasinya dan untuk pembentukan suatu komposit dengan polimer termoplastik, silika sulit terdispersi dengan baik kedalam matriks karena viskositas yang dimiliki polimer. Semakin tinggi viskositas yang dimiliki maka silika sulit terdispersi kedalamnya.



Gambar 11. Mikrograf SEM a) LLDPE/PP dan b) LLDPE/PP-Silika

Simpulan

Pencampuran dua polimer antara LLDPE dengan PP dapat meningkatkan sifat mekanik yang dihasilkan. Sifat mekanik optimum dihasilkan pada penambahan 10% LLDPE terhadap PP dibuktikan dalam pengujian kekuatan impak yang mengindikasikan bahwa sampel dapat menerima beban kejut

maksimal, nilai kekuatan impak tersebut yaitu 3,3582 kg/cm² dan memiliki nilai MFR 8,36 g/10 menit, kuat tarik sebesar 361,599 kgf/cm², kelenturan 52,1 MPa, kekerasan 108,2 RScale, dan densitas sebesar 0,9121 g/cm³. Untuk pencampuran antara polimer LLDPE/PP dengan penambahan *filler* silika menghasilkan nilai optimum pada karakteristik mekanik dengan penambahan 0,2% yang dibuktikan dengan nilai pengujian impak yaitu 2,8441 kg/cm² memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 339,045 kgf/cm². Teknik pencampuran yang dilakukan dalam penelitian ini melalui pencampuran secara fisik dan tidak mengalami pemutusan atau pembentukan ikatan, sehingga dalam pencampuran ini tidak terbentuk struktur atau ikatan baru dan memiliki tingkat homogenitas campuran yang rendah.

Daftar Pustaka

- Anang, S., Sujana, W. and Widi, K.A. 2017. *Peran Abu Sekam Padi Pada Komposit Polimer Jenis Pet*. Malang: Institut Teknologi Malang
- Anvar, S.S., F. Naghmeh, and M. Milad. 2017. Influence of Molecular Structure of LLDPE on Rheological Properties. *Science and research*
- Fachry, A.R., Sari, T.I. and Susanti, S. 2014. Pengaruh Filler Campuran Silika dan Kulit Kerang Darah terhadap Sifat Mekanis Kompon Sol Sepatu dari Karet Alam. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3): 1–11
- Ghalia, M.A., Hassan, A. and Yussuf, A. 2011. Mechanical and Thermal Properties of Calcium Carbonate-Filled PP/LLDPE Composite. *Journal of Applied Polymer Science*
- Hwang, S. and Hsu, P.P. 2013. Effects of Silica Particle Size on the Structure and Properties of Polypropylene/Silica Composites Foams. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(4): 1377–1383
- Jeziórska, R., Zielecka, M. and Gutarowska, B. 2014. High-Density Polyethylene Composites Filled with Nanosilica Containing Immobilized Nanosilver or Nanocopper: Thermal, Mechanical, and Bactericidal Properties and Morphology and Interphase Characterization. *International Journal of Polymer science*
- Kadhim, L.F. 2017. *Studying the Properties of PP/LDPE Polymer Blend*. (1): 193–201
- Kontou, E. and Niaounakis, M. 2019. Thermo-Mechanical Properties of LLDPE/ SiO₂ Nanocomposites. *Journal Polymer*, 47: 1267–1280
- Lin, J., P. Yi-jun, L. Chi-fan, H. Chien-lin, Hsieh, and Chien-teng. 2015. Preparation and Compatibility Evaluation of Polypropylene/High Density Polyethylene Polyblends. *Taiwan: Wen-Hsiang Hsieh*: 8850–8859
- Liu, Y., Li, S. C. and Liu, H. 2013. Melt Rheological Properties of LLDPE/PP Blends Compatibilized by Cross-Linked LLDPE/PP Blends (LLDPE-PP). *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 52(8): 841–846
- Mardiyati. 2018. Komposit Polimer sebagai Material Tahan Balistik Polymer, *Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan*, 1(1): 20–28
- Nicko, M., Setyabudi, A. and Chalid, M. 2011. *Karateristik Material Regrind Komposit PP/Talcum Hasil Proses Hot Melt Mixing Material*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Salih, S.E., Hamood, A.F. and Abd, A.H. 2013. Comparison of the Characteristics of LDPE : PP and HDPE : PP polymer blends. *Modern Applied Science*, 7(3)