

**PENGARUH BAHAN PENGISI *ORGANO-PRECIPIATED CALCIUM CARBONATE*
DALAM CAMPURAN PLA/LLDPE DENGAN ADANYA KOMPATIBILISER
DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN FISIK**

***INFLUENCE OF ORGANO-PRECIPIATED CALCIUM CARBONATE FILLER IN THE
PLA/LLDPE BLENDS WITH THE EXISTENCE OF COMPATIBILISER IN TERMS OF
MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES***

Melinda Sela, Ahmad Hafizullah Ritonga*

Program Studi Kimia, Fakultas Sains, Teknologi, dan Informasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Indonesia

*Corresponding Author : ahmad.hafizullah.r@gmail.com

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

ABSTRACT

The poor compatibility between Polylactic Acid (PLA) and Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE), which has a different polarity, has decreased its mechanical and physical properties. Availability of Linear Low-Density Polyethylene grafting Oleic Acid (LLDPE-g-OA) compatibilizer and Organo-Precipitated Calcium Carbonate (O-PCC) filler in the PLA/LLDPE blends can improve the quality of the mechanical and physical properties of the polymer blends. This study aims to determine the influence of O-PCC as filler in the PLA/LLDPE blends with the existence of the LLDPE-g-AO compatibilizer to improve its mechanical and physical properties and compare the results with Precipitated Calcium Carbonate (PCC) filler. This polymer composite was made via a blending method with a solvent system, where PLA was dissolved in chloroform while LLDPE and LLDPE-g-AO were dissolved in xylene. After they were dissolved, glycerol 1% was added, followed by the addition of O-PCC variations. This research shows that the higher the filler concentration, the lower the water absorption percentage, where the optimum results are obtained for the PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC composites variation of (69.5:19.5:10). :1) with a tensile strength of 22.629 MPa with a water absorption percentage of 45.36%.

Keywords: *PLA, LLDPE, LLDPE-g-AO, O-PCC, Glycerol*

ABSTRAK

Kompatibilitas yang buruk antara *Polylactic Acid* (PLA) dengan *Linear Low-Density Polyethylene* (LLDPE) yang memiliki polaritas yang berbeda telah menghasilkan penurunan pada sifat mekanis dan fisisnya. Adanya kompatibiliser *Linear Low-Density Polyethylene grafting Asam Oleat* (LLDPE-g-AO) dan *Organo-Precipitated Calcium Carbonate* (O-PCC) sebagai bahan pengisi dalam campuran PLA/LLDPE tersebut dapat memperbaiki kualitas dari sifat mekanis dan fisis dari campuran polimer tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh bahan pengisi O-PCC dalam campuran PLA/LLDPE dengan adanya kompatibiliser LLDPE-g-AO terhadap peningkatan sifat mekanis dan fisisnya, yang juga dibandingkan hasilnya dengan bahan pengisi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). Komposit polimer ini dibuat melalui metode blending dengan sistem pelarut, dimana PLA dilarutkan dengan kloroform, sedangkan LLDPE dan LLDPE-g-AO dilarutkan dengan xylene, setelah keduanya larut kemudian ditambahkan gliserol 1%, lalu diikuti dengan penambahan variasi dari O-PCC. Hasil pada penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak bahan pengisi O-PCC maka menghasilkan peningkatan pada sifat fisisnya, dimana hasil optimum diperoleh pada komposit PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC variasi (69,5:19,5:10:1) dengan nilai kuat tarik 22,629 MPa dengan daya serap air 45,36% .

Kata Kunci: *PLA, LLDPE, LLDPE-g-AO, O-PCC, Gliserol*

PENDAHULUAN

Populasi penduduk di Indonesia yang semakin tinggi telah menimbulkan berbagai

masalah terkait dengan pencemaran lingkungan dan pemanasan global. Salah satu aspek lingkungan yang memiliki urgensi yang harus

diperhatikan adalah aspek limbah padat yang tidak dapat terdegradasi dalam tanah seperti plastik [1].

Plastik merupakan jenis sampah yang memiliki persentase tertinggi terhadap kerusakan lingkungan karena plastik sulit bahkan tidak dapat diuraikan oleh mikroba dalam tanah. Konsumsi plastik yang sangat besar ini dapat berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan global [2].

Dengan munculnya berbagai masalah lingkungan akibat plastik, maka diperlukan upaya yang dapat dilakukan dengan mengganti plastik konvensional dengan plastic biodegradable yang ramah lingkungan dan mudah terurai. Plastik biodegradable ini merupakan bahan yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan mudah terurai sehingga akan ramah terhadap lingkungan. Salah satu contoh biopolimer yang memiliki sifat biokompatibilitas yang baik, dapat diproduksi, dan bersifat termoplastik adalah Poli Asam Laktat (PLA). Akan tetapi, PLA ini juga mempunyai kelemahan yaitu memiliki sifat permeabilitas yang tinggi dan mempunyai struktur yang mudah rapuh. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan pengembangan PLA dengan modifikasi material polimer lainnya. Pengembangan PLA ini dilakukan agar dapat menghasilkan peningkatan pada kompatibilitas campuran polimer baik sifat fisis maupun mekaniknya. Alternatif yang dilakukan yaitu melalui pencampuran antara PLA dengan material polimer komersil seperti LLDPE. Campuran PLA/LLDPE ini sudah banyak dikembangkan, namun kompatibilitas yang buruk diantara kedua material yang berbeda polaritas dapat diatasi melalui penambahan kompatibiliser seperti LLDPE-g-AO, serta adanya penambahan bahan pengisi diyakini dapat menghasilkan peningkatan pada sifat fisis dan mekanisnya yang dapat dibuat baik melalui metode blending pada fasa leleh ataupun dengan sistem pelarut [3–5].

Precipitated Calcium Carbonated (PCC) merupakan suatu produk pengolahan material alam yang, mengandung kalsit dengan struktur kristal amorf dan kekerasan rendah. PCC ini telah luas digunakan sebagai bahan filler pada komposit polimer. Modifikasi PCC merupakan cara yang efektif untuk mengurangi tegangan muka dan meningkatkan kesesuaian dalam matriks polimernya [6–11].

Pada penelitian ini, O-PCC digunakan sebagai bahan pengisi yang ditambahkan ke dalam campuran PLA/LLDPE dengan adanya

kompatibiliser LLDPE-g-AO yang bertujuan untuk memperkuat sifat mekanis kuat tarik dan sifat fisis tahan terhadap air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari O-PCC sebagai pengisi pada campuran PLA/LLDPE dengan adanya kompatibiliser LLDPE-g-AO yang dibuat melalui metode blending dengan sistem pelarut yang ditinjau dari uji sifat mekanis (kuat tarik) dan uji sifat fisis (daya serap air) [6,7].

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: gelas beaker, plat kaca, pipet tetes, labu ukur, kaca arloji, gelas ukur, corong kaca, spatula, neraca analitik, batang pengaduk, *hotplate* dan stirer, aluminium foil, *hotpress*, dan mesin uji kuat tarik (*tensile strength machine*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC, O-PCC, PLA, LLDPE, LLDPE-g-AO, gliserol, xylene, dan kloroform.

Pembuatan Campuran PLA/LLDPE Dengan dan Tanpa Kompatibiliser

PLA dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi 100 ml kloroform lalu diaduk hingga larut dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 75⁰C pada tempat yang berbeda, dimasukkan LLDPE dan LLDPE-g-AO kedalam gelas beaker yang berisi 30 ml xylene, lalu diaduk hingga larut dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 120⁰C. Kedua larutan polimer tersebut dicampurkan dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 85⁰C, ditambahkan gliserol sebanyak 1% dari total berat campuran yaitu 0,25 g, kemudian diaduk hingga homogeny selama 10 menit dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 85⁰C. Selanjutnya dituang ke dalam cawan petri, dan dibiarkan mengering selama 24 jam. Hasil yang diperoleh berupa campuran polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO yang kemudian dipersiapkan untuk uji sifat fisis (daya serap) dan mekanis (kuat tarik). Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk sampel campuran PLA/LLDPE tanpa kompatibiliser [12].

Pembuatan PLA/LLDPE dengan LLDPE-g-Ao dan Filler PCC

PLA dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi 100 ml kloroform lalu diaduk hingga larut dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 75⁰C pada tempat yang berbeda, dimasukkan LLDPE dan LLDPE-g-AO kedalam gelas beaker yang berisi 30 ml xylene, lalu diaduk hingga larut dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 120⁰C. Kedua larutan polimer tersebut dicampurkan

dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 85°C, ditambahkan gliserol sebanyak 1% dari total berat campuran yaitu 0,25 g, dan diikuti dengan penambahan bahan pengisi O-PCC, lalu diaduk hingga homogen selama 10 menit dengan kecepatan 400 rpm pada suhu 85°C.

Selanjutnya dituang ke dalam cawan petri, dan dibiarkan mengering selama 24 jam. Hasil yang diperoleh berupa komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC yang kemudian dipersiapkan untuk uji sifat fisis (daya serap) dan mekanis (kuat tarik). Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk bahan pengisi PCC sehingga diperoleh komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/PCC yang digunakan sebagai pembanding [12].

Pengujian Kekuatan Tarik

Pada uji ini, sampel yang sudah jadi dibawa ke tempat uji, kemudian sampel diuji ketahanan tarik dan ketahanan sobek dengan mesin penguji tensil. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dikondisikan dalam ruang dengan suhu kelembapan relative standard selama 24 jam. Sampel akan diuji dipotong sesuai standard. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung dijepit pada mesin penguji tensile. Selanjutnya dicatat panjang awal dan ujung tinta pencatat diletakkan pada posisi 0 grafik. Knob start dinyalakan dan alat akan menarik sampel yang putus dan dicatat gaya kuat tarik (F) dan panjang setelah putus. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Magister Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara [6,13].

Pengujian Daya Serap Air

Pada uji daya serap dilakukan dengan menggantung sampel dengan ukuran 2x1 cm, kemudian ditimbang massanya sebelum melakukan perendaman terhadap sampel kemudian sampel dimasukkan ke dalam wadah yang berisikan air lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah perendaman selesai sampel ditimbang kembali menggunakan neraca analitik untuk melihat hasil uji daya serap. Semakin kecil daya serap suatu sampel semakin bagus hasil ujinya [14].

HASIL DAN PEMBAHASAN

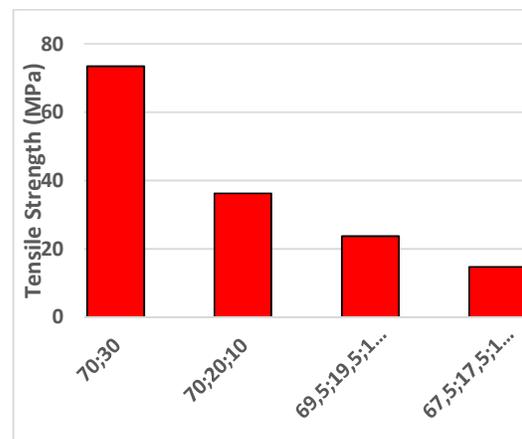
Telah dilakukan pembuatan film plastik campuran polimer tanpa kompatibiliser yaitu campuran PLA/LLDPE (70:30), campuran polimer dengan kompatibiliser yaitu campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan komposit polimer dengan adanya kompatibiliser dan bahan pengisi yaitu komposit PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC variasi (69,5:19,5:10:1),

(68,5:18,5:10:3), (67,5:17,5:10:5), dan komposit PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/PCC variasi (69,5:19,5:10:1), (67,5:17,5:10:5).

Pembuatan film plastik dilakukan dengan metode blending dengan sistem pelarut yang berbeda kepolaran, dimana digunakan gliserol sebanyak 1% yaitu sekitar 0,25 g gliserol dari total berat campuran. Pada saat proses pembuatan film plastik PLA telah larut sempurna pada suhu 75°C, begitupula halnya dengan LLDPE/LLDPE-g-AO yang juga larut sempurna dengan xylene pada suhu 139°C. Pada proses pencampuran ini terdapat kendala pada sifat kedua pelarut sehingga membuat hasilnya tidak merata. Karena hasil *blending* tidak kompatibel pada campurannya. Oleh karena itu diperlukan suatu bahan pemlastis untuk memperbaiki kompatibilitas kedua pelarut yang tidak dapat bercampur pada campuran polimer tersebut yaitu dengan gliserol. Gliserol ditambahkan setelah kedua larutan dicampurkan agar terjadi proses pencampuran sempurna diantara kedua pelarut yang berbeda kepolaran tersebut [6,7,15].

Hasil Uji Kuat Tarik Campuran PLA/LLDPE/ LLDPE-g-AO Variasi Bahan Pengisi PCC dan O-PCC

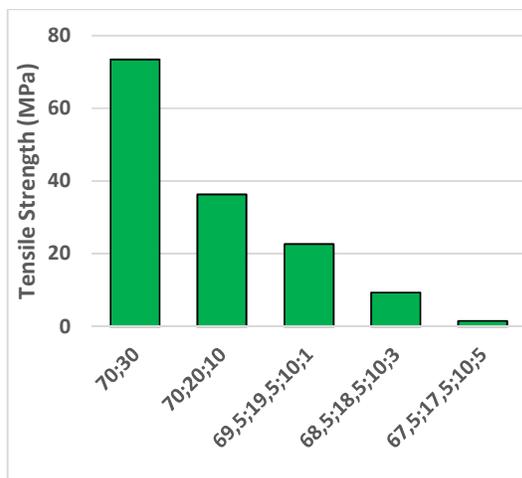
Pengujian bioplastik untuk uji tarik dilakukan di Magister Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan dan kelenturan plastic [6,13].



Gambar 1. Hasil Nilai Kuat Tarik Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/PCC variasi (69,5:19,5:10:1), (67,5:17,5:10:5)

Pada Gambar 1 dapat diamati bahwa nilai kuat tarik semakin berkurang setelah adanya penambahan kompatibiliser, namun hal tersebut bukan dipengaruhi oleh keberadaan kompatibiliser LLDPE-g-AO.

Terjadinya penurunan nilai kuat tarik disebabkan oleh fraksi LLDPE yang dikurangi jumlahnya dari campuran PLA/LLDPE. Sebagaimana diketahui, bahwasanya LLDPE memiliki nilai kuat tarik yang lebih baik daripada PLA. Jadi apabila fraksi LLDPE dikurangi seiring dengan penambahan kompatibiliser LLDPE-g-AO maka kekuatan tariknya pun semakin berkurang. Hal tersebut sebenarnya dapat diatasi dengan menurangi sama-sama fraksi kedua campuran baik LLDPE maupun PLA. Sedangkan adanya pengisi dalam campuran LLDPE/KAS/LLDPE-g-AO telah berpengaruh pada penurunan nilai kuat tarik yang artinya bahan pengisi PCC hanya efektif ditambahkan pada komposisi sebesar 1% [6,7].

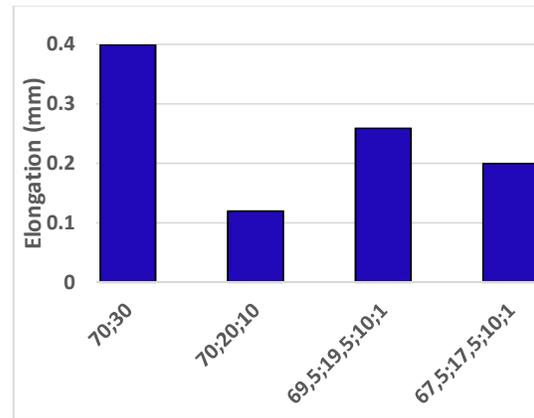


Gambar 2. Hasil Nilai Kuat Tarik Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC (69,5:19,5:10:1), (68,5:18,5:10:3), (67,5:17,5:10:5)

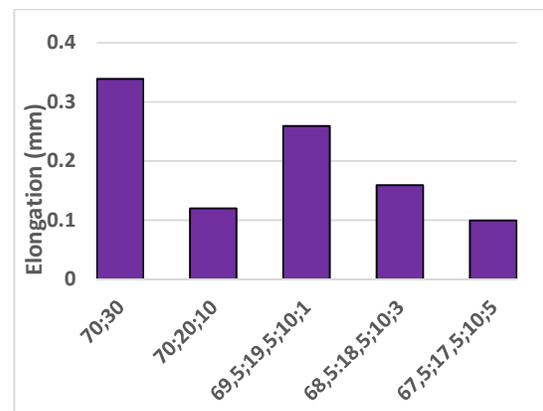
Sementara itu, dari hasil uji kuat tarik pada campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO dengan penambahan bahan pengisi O-PCC telah berpengaruh pada kekuatan tarik, dimana semakin banyak pengisi O-PCC ditambahkan maka sifat mekanis akan semakin berkurang yang artinya bahan pengisi O-PCC maksimum dapat ditambahkan yaitu sebesar 1% [6,16].

Selain nilai kuat tarik, dalam pengujian kekuatan tarik juga diperoleh nilai elongasi. Hasil

elongasi pada Gambar 3 telah menunjukkan bahwasanya dengan adanya bahan pengisi PCC telah menyebabkan peningkatan pada nilai elongasi. Hal ini menunjukkan bahwasanya campuran polimer dengan danya pengisi PCC menjadikan plastik tidak mudah rapuh [14,16].



Gambar 3. Hasil Nilai Elongasi Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/PCC (69,5:19,5:10:1), (67,5:17,5:10:5)



Gambar 4. Hasil Nilai Elongasi Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC (69,5:19,5:10:1), (68,5:18,5:10:3), (67,5:17,5:10:5)

Begitupula halnya dengan hasil elongasi campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO dengan bahan pengisi O-PCC. Pada Gambar 4 tersebut, tampak nilai elongasi mengalami peningkatan signifikan pada campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO variasi bahan pengisi OPCC 1%, namun

apabila ditambahkan justru menghasilkan penurunan nilai elongasi. Hal ini berarti bahwa komposisi paling optimum pada komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC adalah pada variasi (69,5:19,5:10:1) [17].

Perbandingan kedua komposit polimer antara bahan pengisi PCC maupun O-PCC tidak berbeda signifikan. Hal ini karena campuran polimer tersebut berbeda kepolaran, dimana LLDPE bersifat non polar dan PLA bersifat polar.

Sedangkan permukaan PCC juga bersifat polar dan permukaan O-PCC bersifat non-polar. Tentunya hal ini tidak jauh berpengaruh karena kedua bahan pengisi dapat terdispersi dengan baik di salah satu fraksi pada campuran polimer [7,16].

Hasil Uji Daya Serap Air Campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO Variasi Bahan Pengisi PCC dan O-PCC

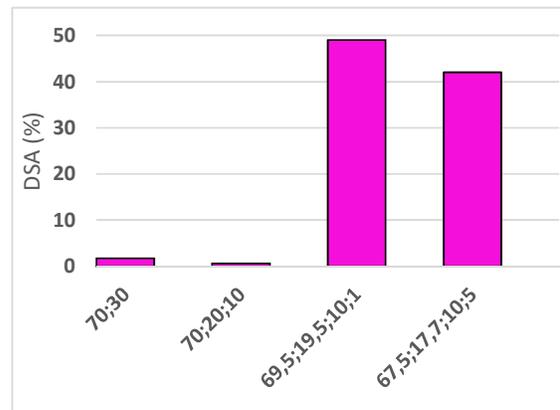
Adapun hasil penelitian terhadap hasil uji daya serap air pada campuran polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO memiliki persentase daya serap air yang lebih baik daripada campuran PLA/LLDPE. Hal ini menunjukkan bahwasanya peranan kompatibiliser dalam campuran mempengaruhi pada peningkatan sifat fisik campuran polimer dimana dihasilkan nilai daya serap air yang lebih kecil dari semua variasi.

Keberadaan PCC sebagai pengisi pada campuran PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO telah menghasilkan peningkatan persentase daya serap air, seperti pada Gambar 5. Namun, semakin banyak pengisi akan menghasilkan penurunan persentase daya serap air. Hal ini berarti semakin banyak PCC menghasilkan persentase daya serap air yang lebih rendah, namun dapat menyebabkan nilai kekuatan tarik dan elongasi rendah. Kondisi ini tentu tidak diinginkan dalam pembuatan film plastik biodegradabel yang mengharapkan kualitas mekanis yang lebih baik [7,14,17].

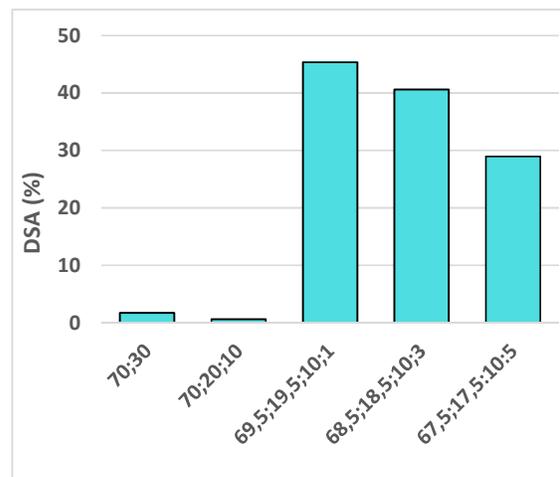
Hasil yang diperoleh dalam uji daya serap air ini untuk campuran polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO dengan penambahan bahan pengisi O-PCC seperti Gambar 6, telah menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan menggunakan bahan pengisi PCC [7,14].

Hal ini berarti semakin banyak bahan pengisi O-PCC yang ditambahkan ke dalam campuran polimer tersebut akan menghasilkan penurunan persentase daya serap air. Komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC (69,5:19,5:10:1) adalah variasi yang paling

optimum berdasarkan pengujian kekuatan tarik ditinjau dari nilai elongasi, namun justru menghasilkan nilai daya serap air yang paling besar diantara semua variasi [6,7,14].



Gambar 5. Persentase Daya Serap Air Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/PCC (69,5:19,5:10:1), (67,5:17,5:10:5)



Gambar 6. Persentase Daya Serap Air Campuran PLA/LLDPE (70:30), PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO (70:20:10), dan PLA/LLDPE/LLDPE-g-AO/O-PCC (69,5:19,5:10:1), (68,5:18,5:10:3), (67,5:17,5:10:5)

Berdasarkan perbandingan kedua komposit polimer antara bahan pengisi PCC maupun O-PCC menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini karena campuran polimer tersebut berbeda kepolaran, begitupula dengan permukaan bahan pengisi PCC dan O-PCC.

Tentunya hal ini tidak jauh berpengaruh karena kedua bahan pengisi tersebut dapat terdispersi dengan baik di salah satu fraksi pada campuran polimer (tidak mengalami penggumpalan) [6,7].

KESIMPULAN.

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini yaitu bahwasanya semakin besar konsentrasi bahan pengisi O-PCC pada komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-AO/O-PCC, maka nilai kuat tariknya semakin rendah dan panjang elongasinya semakin kecil. Untuk uji daya serap air pada komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-AO/O-PCC menunjukkan bahwasanya semakin besar konsentrasi bahan pengisi O-PCC pada komposit polimer maka persentase daya serap airnya semakin kecil.

Komposit polimer PLA/LLDPE/LLDPE-AO/O-PCC yang paling optimum adalah pada variasi (69,5:19,5:10:1) dengan nilai kuat tarik terbaik sebesar 22,629 MPa dan persentase daya serap air sebesar 45,36%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fahnur, M. (2017) Pembuatan, Uji Ketahanan dan Struktur Mikro Plastik Biodegradable dengan Variasi Kitosan dan Konsentrasi Pati Biji Nangka. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

[2] Husna, A.I. and Habibah, T.M. (2021) Pra Rancangan Pabrik Linear Low Density Polyethylene (Lldpe) Dengan Proses Polimerisasi Fase Gas Dengan Kapasitas 330.000 Ton/Tahun. Universitas Islam Indonesia.

[3] Balakrishnan, H., Hassan, A., Wahit, M.U., Yussuf, A.A. and Razak, S.B.A. (2010) Novel toughened polylactic acid nanocomposite: Mechanical, thermal and morphological properties. *Materials and Design*, **31**, 3289–98. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.02.008>

[4] Saputro, D.F., Widiarto, S. and Yuwono, S.D. (2016) Studi Pendahuluan Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Ramah Lingkungan Dari Campuran Polistirena - Poli Asam Laktat. *Prosiding Seminar Nasional Sains, Matematika, Informatika Dan Aplikasinya*.

[5] Pivsa-Art, S., Kord-Sa-Ard, J., Pivsa-Art, W., Wongpajan, R., O-Charoen, N., Pavasupree, S. et al. (2016) Effect of Compatibilizer on PLA/PP Blend for Injection Molding. *Energy Procedia*, **89**,

353–60. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.05.046>

[6] Ritonga, A.H., Jamarun, N., Arief, S., Aziz, H., Tanjung, D.A. and Isfa, B. (2022) Improvement of Mechanical, Thermal, and Morphological Properties of Organo-Precipitated Calcium Carbonate Filled LLDPE/Cyclic Natural Rubber Composites. *Indonesian Journal of Chemistry*, **22**, 233–41. <https://doi.org/10.22146/ijc.68888>

[7] Ritonga, A.H., Jamarun, N., Arief, S., Aziz, H., Tanjung, D.A., Isfa, B. et al. (2022) Organic modification of precipitated calcium carbonate nanoparticles as filler in LLDPE/CNR blends with the presence of coupling agents: impact strength, thermal, and morphology. *Journal of Materials Research and Technology*, The Author(s). **17**, 2326–32. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.01.125>

[8] Ritonga, A.H., Jamarun, N., Arief, S., Aziz, H., Safitri, Y.L., Hulu, S. et al. (2022) Analisis Spektroskopi Infra Merah dan Morfologi Pada Komposit Polietilena/Karet Alam Siklis/Precipitated Calcium Carbonate Yang Dihasilkan Melalui Metode Sistem Pelarut. *Prosiding SNKT Himpunan Mahasiswa Kimia FMIPA UNMUL 2021*, Samarinda. **1**, 1–6.

[9] Jamarun, N., Yulfitri and Arief, S. (2007) Pembuatan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Batu Kapur Dengan Metoda Kaustik Soda. *Jurnal Riset Kimia*, **1**, 20.

[10] Azis, Y., Jamarun, N., Alfarisi, C.D., Mutamima, A. and Sisca, V. (2022) Precipitated Calcium Carbonate (PCC) From Coral Reef as Raw Material For Synthesis of Hydroxyapatite Nanoparticles. *Rasayan Journal of Chemistry*, **15**, 96–101. <https://doi.org/10.31788/RJC.2022.1516635>

[11] Arief, S. and Jamarun, N. (2009) Studi Pembentukan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Batu Kapur Alam Sumatera Barat. *Penelitian Hibah Strategis Nasional Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas: Padang*.

[12] Ritonga, A.H., Jamarun, N., Arief, S., Aziz, H., Tanjung, D.A. and Isfa, B. (2022) The Effect of Oleic Acid Monomer

- and Benzoyl Peroxide Initiator on Grafting Degree and Thermal Properties of LLDPE Grafted with Oleic Acid in Solvent System. *AIP Conference Proceedings*, 1–8.
- [13] Balakrishnan, H., Hassan, A. and Wahit, M.U. (2010) Mechanical, thermal, and morphological properties of polylactic acid/linear low density polyethylene blends. *Journal of Elastomers & Plastics*, SAGE Publications Sage UK: London, England. **42**, 223–39.
- [14] Tanjung, D.A., Jamarun, N., Arief, S., Aziz, H., Ritonga, A.H. and Isfa, B. (2022) Influence of LLDPE-g-MA on Mechanical Properties, Degradation Performance and Water Absorption of Thermoplastic Sago Starch Blends. *Indonesian Journal of Chemistry*, **22**, 171–8. <https://doi.org/10.22146/ijc.68558>.