

Sifat Mekanik dan Morfologi Poliblend Polipropilena dengan Poli(ϵ -Kapolakton) yang Disintesis Menggunakan Katalis Zr β -diketonate sebagai Kandidat Material untuk Pembuatan Benang Jahitan Operasi

Mechanical and Morphology Properties of Polyblend Polypropylene with Poly(ϵ -Caprolactone) that Synthesized using Zr β -Diketonate Catalyst as a Material Candidate for the Manufacture of Surgical Sutures

Muhammad Yusuf*, Mawaddatur Rahmah

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Email Korespondensi: myusuf@unimed.ac.id

Abstrak

Polipropilena (PP) merupakan salah satu jenis polimer sintesis yang dapat digunakan sebagai bahan benang jahitan operasi. Namun, PP memiliki kelemahan karena sulit terdegradasi. Hal ini disebabkan karena PP memiliki sifat permeabilitas yang kecil sehingga ketahanannya terhadap air sangat baik. Padahal, benang jahitan operasi harusnya memiliki sifat permeabilitas yang lebih besar sehingga dapat terdegradasi secara terkontrol. Untuk mengatasi hal tersebut, PP perlu dicampur dengan polimer lain agar diperoleh poliblend yang memiliki sifat degradasi terkontrol seperti poli(ϵ -kaprolakton) (PCL). PCL yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil polimerisasi ϵ -CL menggunakan katalis Zr β -diketonat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dan morfologi poliblend PP/PCL. Pencampuran polimer dilakukan menggunakan teknik *blending* dan penguapan pelarut dengan 5 perbandingan (b/b): 10/0, 10/1, 10/2, 10/3, dan 10/4. Karakterisasi sifat mekanik dilakukan dengan menggunakan uji tarik dan karakterisasi morfologi poliblend dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kompatibilitas campuran terbaik diperoleh pada perbandingan poliblend PP/PCL 10/4 dengan nilai kekuatan tarik sebesar 9,394 MPa dan nilai kemuluran sebesar 15%. Campuran ini memiliki sifat mekanik paling maksimum dibandingkan komposisi poliblen lainnya. Selanjutnya, berdasarkan analisis SEM dapat diketahui bahwa telah terjadi interaksi fisik antara PP dengan PCL. Selain itu, campuran PP/PCL telah berhasil dilakukan dan poliblend yang dihasilkan bersifat biokompatibel.

Kata Kunci: Polipropilena, poli(ϵ -kaprolakton), poliblend, sifat mekanik, sifat morfologi

Abstract

Polypropylene (PP) is a type of synthetic polymer that can be used as a surgical suture material. However, PP has a weakness because it is difficult to degrade. This is because PP has low permeability properties, so its resistance to water is very good. In fact, surgical suture threads should have greater permeability properties so that they can be degraded in a controlled manner. To overcome this, PP needs to be mixed with other polymers in order to obtain polyblends that have controlled degradation properties, such as poly(ϵ -caprolactone) (PCL). The PCL used in this study was the product of ϵ -CL polymerization using a Zr β -diketonate catalyst. This study aims to determine the mechanical and morphological properties of PP/PCL polyblend. The polymer mixing was carried out using a blending technique and solvent evaporation with 5 ratios (w/w): 10/0, 10/1, 10/2, 10/3, and 10/4. The characterization of the mechanical properties was carried out using a tensile test, and the morphological characterization of the polyblend was carried out using scanning electron microscopy (SEM). The best mix compatibility was obtained at a polyblend PP/PCL ratio of 10/4 with a tensile strength value of 9.394 MPa and an elongation value of 15%. This mixture has the maximum mechanical properties compared to other polyblend compositions. Furthermore, based on SEM analysis, it can be seen that there has been a physical interaction between PP and PCL. In addition, the PP/PCL mixture has been successfully carried out, and the resulting polyblend is biocompatible.

Keywords: Polypropylene, poly(ϵ -caprolactone), polyblend, mechanical properties, morphological properties

Received: 11 June 2023

Accepted: 16 June 2023

DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v5i3.1865>



Copyright (c) 2023, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.).
Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia.
This is an Open Access article under the CC-BY-NC License.

How to Cite:

Yusuf, M., Rahmah, M., 2023. Sifat Mekanik dan Morfologi Poliblend Polipropilena dengan Poli(ϵ -Kapolakton) yang Disintesis Menggunakan Katalis Zr β -diketonate sebagai Kandidat Material untuk Pembuatan Benang Jahitan Operasi. *J. Sains Kes.*, 5(3). 388-393. DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v5i3.1865>

1 Pendahuluan

Penggunaan material polimer untuk keperluan medis telah banyak dikembangkan karena memiliki banyak keunggulan seperti tahan terhadap zat kimia, tahan korosi, tahan terhadap zat asam dan basa, tahan air, transparan, mudah dibentuk, dapat diwarnai, dan ringan [1]. Polipropilen (PP) merupakan salah satu jenis polimer sintetis yang telah

digunakan secara luas sebagai benang jahitan operasi dengan nama komersil "prolene". Namun PP memiliki kelemahan karena memiliki sifat permeabilitas yang kecil sehingga PP sulit untuk didegradasi [2]. Padahal, benang jahitan operasi harusnya memiliki sifat permeabilitas sehingga dapat dihidrolisis oleh tubuh dan tidak menyebabkan toksik. Untuk mengatasi hal

tersebut, PP perlu dicampur dengan polimer yang biodegradable.

Salah satu jenis polimer yang dapat terbiodegradasi adalah PCL. PCL adalah poliester alifatik yang bersifat semikristalin [3]. PCL dapat dibuat dengan metode polimerisasi pembukaan cincin menggunakan katalis logam [4]. Kristalinitas PCL yang cukup tinggi dan sifatnya yang sedikit rapuh membatasi aplikasi praktisnya. Walaupun begitu, PCL memiliki beberapa sifat yang menarik seperti permeabilitas tinggi, toksisitas yang rendah, dapat dibiodegradasi secara terkontrol, dan biokompatibel [5,6]. Dampaknya, PCL dapat dengan mudah dicampur dengan polimer lain untuk menghasilkan poliblend termasuk dengan matriks PP [2]. Selain itu, PCL juga tidak menimbulkan efek berbahaya bagi tubuh karena dapat terdegradasi oleh proses hidrolisis dalam tubuh.

Pada kehidupan sehari – hari, PCL telah dimanfaatkan sebagai benang jahitan operasi, kemasan makanan dan minuman, rekayasa jaringan, pembalut luka, implant, dan sistem transfer obat. PCL juga dapat digunakan sebagai rangkaian hidrofobik dalam kopolimer amfilik yang direkomendasikan untuk sistem pengiriman obat-obatan anti kanker [7,8].

Metode yang populer untuk mencampur PP dengan PCL adalah dengan metode *blending* dan pengempresan. Metode ini lebih ekonomis dibandingkan dengan cara yang lain seperti sintesis kopolimer [2,9]. Pada beberapa penelitian sebelumnya, telah dilakukan pencampuran PP dengan polimer lain seperti pati pisang untuk menghasilkan poliblend yang dapat terurai. Hasilnya, diperoleh poliblend yang memiliki nilai kuat tarik lebih besar dibandingkan PP murni. Sebaliknya, nilai modulus elastisnya menurun [10]. Sementara jika PP di*blending* dengan pati biji durian diperoleh sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan matriks PP murni. Hal ini kemungkinan disebabkan karena campurannya kurang homogen dan poliblend yang dihasilkan kurang biokompatibel [9]. Walaupun demikian, poliblend yang dihasilkan lebih bersifat biodegradable dibandingkan PP murni. Pada sisi lain, pencampuran antara PP dengan poli(hidroksibutirat) juga telah dilakukan dan menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan PP murni [1]. Selanjutnya,

pencampuran antara PP dengan PCL komersil (TONE-787) menghasilkan poliblend yang komponen penyusunnya dapat berinteraksi secara fisik [11].

Pada penelitian ini akan digunakan PCL untuk dicampur dengan matriks PP agar dihasilkan poliblend PP/PCL yang biokompatibel. Poliblend yang dihasilkan ini diharapkan memiliki sifat mekanik yang lebih baik serta memiliki sifat biodegradasi yang terkontrol sehingga mudah terurai oleh proses hidrolisis dalam tubuh. Sementara PCL yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil polimerisasi ϵ -CL menggunakan katalis zirkonium β -diketonate ($Zr(acac)_3$) [12]. Katalis ini sesuai digunakan pada daerah beriklim tropis karena tidak sensitif terhadap uap air dan udara.

2 Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Sintesis katalis $Zr(acac)_3$, polimerisasi ϵ -CL, dan pencampuran PP dengan PCL dilakukan di Laboratorium penelitian kimia Universitas Negeri Medan. Bahan yang digunakan seperti zirkonium tetraklorida, ϵ -CL, dan ligan *asetilasetonato* diperoleh dari sigma-aldrich. Sedangkan pelarut xilena diperoleh dari Merck. Sementara itu, PP diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrokimia Tbk dengan merk Trilene. Karakterisasi hasil poliblend PP/PCL dilakukan menggunakan uji tarik dengan spesifikasi alat merk Gotech Al-7000M. Sedangkan alat SEM memiliki spesifikasi alat dengan merk Zeiss EVO-MA10.

2.2 Pembuatan Poliblend PP/PCL

PCL yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil polimerisasi ϵ -CL menggunakan katalis $Zr(acac)_3$ [4]. Komponen PP dan PCL pada poliblend PP/PCL adalah (b/b): 10/0, 10/1, 10/2, 10/3, dan 10/4. Campuran poliblend direfluks menggunakan pelarut xilena pada suhu 120°C selama 3 jam dengan kecepatan 300 rpm. Setelah itu, campuran dituang pada wadah stainless dan dikeringkan hingga terbentuk spesimen poliblend PP/PCL. Selanjutnya, spesimen film poliblend yang dihasilkan kemudian dicetak menggunakan mesin hot press sesuai dengan ukuran ASTM

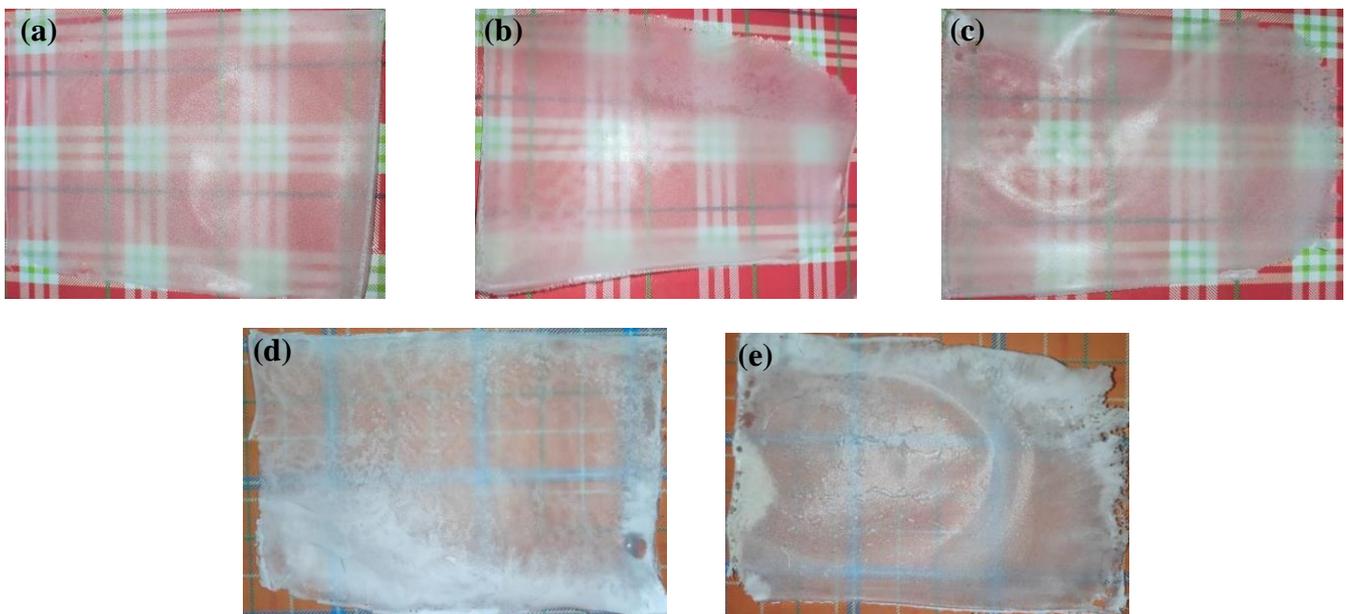
D638. Spesimen poliblend yang diperoleh dianalisis menggunakan uji mekanik dengan uji tarik. Setelah itu, poliblend yang dihasilkan juga diuji morfologinya dengan alat SEM [2].

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Pencampuran PP/PCL

Pencampuran antara PP dengan PCL untuk menghasilkan poliblend dilakukan dengan teknik *blending*. Metode yang digunakan adalah dengan metode refluks yang diikuti dengan penguapan pelarut [2]. Pelarut berfungsi untuk melarutkan PP dengan PCL sehingga

diharapkan masing-masing PP dengan PCL dapat bercampur secara homogen. Metode ini akan menghasilkan spesimen poliblend yang bercampur secara fisika. Harapannya, komponen PCL akan mengisi sela-sela ikatan antara monomer PP tanpa adanya ikatan kimia yang terbentuk. Pada penelitian ini, penambahan PCL dibatasi hingga 40% karena untuk menekan biaya produksi PCL yang masih relatif tinggi. Selain itu, yang menjadi matriks pada penelitian ini adalah PP. Pencampuran PP dengan PCL dilakukan dengan 5 perbandingan antara lain (b/b) 10/0, 10/1, 10/2, 10/3, dan 10/4. Poliblend yang dihasilkan berwarna putih bening seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pencampuran (a) PP Murni; (b) PP/PCL 10:1; (c) PP/PCL 10:2; (d) PP/PCL 10:3; (e) PP/PCL 10:4

3.2 Uji Mekanik Poliblend PP/PCL

Uji kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik poliblend dengan melibatkan deformasi film plastik pada titik putusannya. Suatu bahan dengan kekuatan tarik dan kemuluran yang tinggi akan memiliki sifat mekanik yang lebih kuat [13]. Ukuran poliblend yang diuji sesuai dengan standard *American Society for Testing Materials (ASTM) D638*. Hasil pengujian uji tarik dan kemuluran poliblend PP/PCL ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Kekuatan Tarik (σ) dan Kemuluran (ϵ) pada Pencampuran PP dengan PCL

PP (g)	PCL (g)	Perbandi-ngan	Kekuatan Tarik (MPa)	Kemuluran (%)
2	0	10: 0	1,392	6,71
2	0,2	10: 1	4,442	3,68
2	0,4	10: 2	5,952	6,70
2	0,6	10: 3	5,864	5,32
2	0,8	10: 4	9,394	15,00

Berdasarkan hasil uji sifat mekanik yang ditampilkan pada Tabel 1 diperoleh sifat mekanik poliblend PP/PCL yang optimum pada perbandingan 10/4. Pada komposisi ini,

poliblen memiliki sifat mekanik yang paling maksimum dibandingkan komposisi lainnya dengan kekuatan tarik sebesar 9,394 MPa dan kemuluran sebesar 15% [9]. Karena itu, poliblend dengan perbandingan 10/4 merupakan yang paling biokompatibel dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan poliblend lainnya.

Komposisi PCL merupakan faktor penting untuk menentukan komposisi optimum campuran agar dihasilkan sifat mekanik poliblend yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena PCL memiliki sifat biokompabilitas tinggi sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dari poliblend yang dihasilkan [14]. Penambahan PCL pada penelitian ini dapat meningkatkan nilai kuat tarik. Sedangkan persentase kemuluran meningkat dibandingkan PP murni pada perbandingan 10/2 dan 10/4 [1].

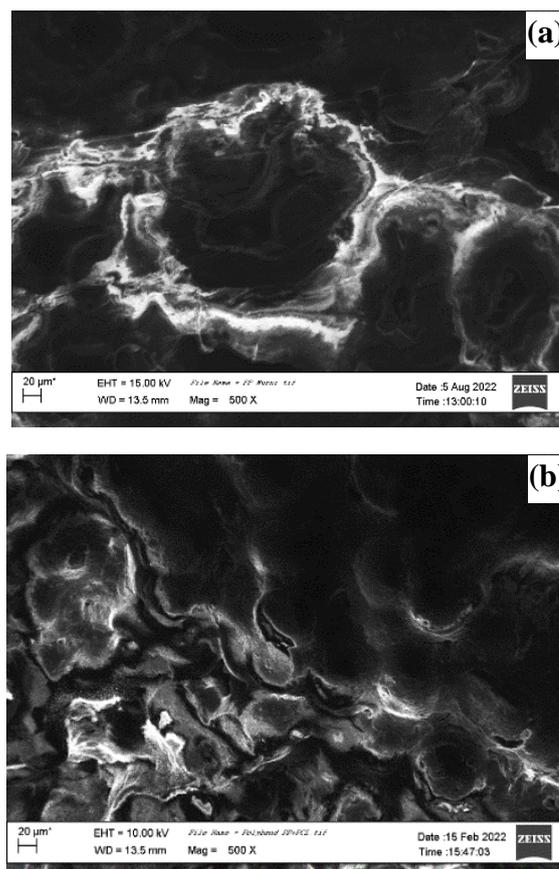
Secara umum nilai kekuatan tarik poliblend yang dihasilkan lebih besar dibandingkan PP murni. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi Van der Waals yang terjadi antara PP dengan PCL [15]. Dampaknya, ikatan antar rantai menjadi semakin kuat sehingga diperlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut. Pada poliblend PP/PCL dengan perbandingan 10/0, 10/1, dan 10/2 memiliki nilai kekuatan tarik meningkat. Sedangkan pada perbandingan 10/3 memiliki nilai kuat tarik yang hampir mirip dengan perbandingan 10/2. Sementara pada perbandingan 10/4 nilai kuat tarik dan kemulurannya lebih tinggi dibandingkan yang lainnya.

Pada sisi lain, terjadi penurunan nilai kemuluran poliblend PP/PCL pada perbandingan 10/1 dan 10/3. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tingkat homogenitas campuran yang kurang baik sehingga fleksibilitasnya berkurang Akibatnya terjadi ketidakteraturan pada struktur molekul poliblend yang disebabkan oleh penyisipan PCL yang belum sempurna. Dampaknya, perpanjangan putus yang dihasilkan juga tidak maksimal.

3.3 Sifat Morfologi Poliblend PP/PCL

Sifat morfologi poliblend PP/PCL dianalisis menggunakan SEM. Selain itu, analisis SEM juga dilakukan untuk mengetahui apakah poliblend

yang dihasilkan sudah tercampur dengan baik atau tidak dengan cara membandingkan hasil SEM PP Murni dengan hasil SEM poliblend PP/PCL. Hasil uji SEM PP murni dan poliblend PP/PCL dengan perbandingan 10/4 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Analisis SEM (a) PP murni; (b) Poliblend PP/PCL

Pada Gambar 2 terlihat bahwa PP dengan PCL telah bercampur dengan baik yang ditandai dengan adanya perubahan morfologi pada permukaan spesimen poliblend PP/PCL (b) dibandingkan matriks PP murni (a). Pada permukaan poliblend PP/PCL, terlihat PCL telah merata dan homogen karena PCL telah mengisi sela-sela pada permukaan PP. Sementara pada matriks PP terlihat PP sebagai fasa tunggal yang belum diisi oleh PCL [11]. Selain itu, telah terjadi interaksi Van der Waals antara PP dengan PCL. Berdasarkan hasil analisis SEM dapat diketahui bahwa campuran PP/PCL telah berhasil dilakukan dan bersifat biokompatibel.

4 Kesimpulan

Pencampuran antara PP dengan PCL untuk menghasilkan poliblend PP/PCL telah berhasil dilakukan. Poliblend yang dihasilkan memiliki sifat kuat, lentur, dan dapat terbiodegradasi secara terkontrol sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kandidat material untuk pembuatan benang jahitan operasi. Berdasarkan hasil uji sifat mekanik poliblend PP/PCL, diperoleh campuran yang optimum pada perbandingan (b/b) 10/4. Kekuatan tarik poliblend tersebut adalah sebesar 9,394 MPa dengan kemuluran sebesar 15%. Oleh karena itu, poliblend dengan perbandingan 10/4 memiliki sifat mekanik yang paling maksimum dan paling biokompatibel dibandingkan poliblend lainnya. Sementara itu, berdasarkan analisis morfologi dengan SEM telah terlihat bahwa PP dengan PCL telah bercampur dengan baik. Hal ini ditandai dengan adanya perubahan morfologi pada permukaan spesimen poliblend PP/PCL dibandingkan matriks PP murni. Pada permukaan poliblend PP/PCL, terlihat PCL telah mengisi sela-sela pada permukaan PP. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi interaksi Van der Waals antara PP dengan PCL.

5 Pernyataan

5.1 Penyandang Dana

Penelitian ini tidak mendapatkan sumber dana dari manapun.

5.2 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan.

6 Daftar Pustaka

- [1] I.M. Arcana, A. Sulaeman, K.D. Pandiangan, A. Handoko, M. Ledyastuti, 2006. Synthesis of polyblends from polypropylene and poly(R,S)- β -hydroxybutyrate, and their characterization, *Polym. Int.* 55 435–440.
- [2] I.M. Arcana, B. Bundjali, I. Yudistira, B. Jariah, L. Sukria, 2007. Study on properties of polymer blends from polypropylene with polycaprolactone and their biodegradability, *Polym. J.* 39 1337–1344.
- [3] J.Y. Liu, L. Reni, Q. Wei, J.L. Wu, S. Liu, Y.J. Wang, G.Y. Li, 2011. Fabrication and characterization of polycaprolactone/calcium sulfate whisker composites, *Express Polym. Lett.* 5 742–752.
- [4] M. Yusuf, D. Roza, Nurfajriani, H. Gunawan, N. Dari, 2019. Synthesis of bis(β -diketonato)zirconium (iv) chloride as a catalyst in the ring opening polymerizations of ϵ -caprolactone, *Rasayan J. Chem.* 12 2132–2140.
- [5] A. Ramírez Hernández, O.C. Contreras, J.C. Acevedo, L. Guadalupe, N. Moreno, 2013. Poly(ϵ -caprolactone) Degradation Under Acidic and Alkaline Conditions, *Am. J. Polym. Sci.* 2013 70–75.
- [6] P. Dobrzynski, 2007. Mechanism of ϵ -caprolactone polymerization and ϵ -caprolactone/ trimethylene carbonate copolymerization carried out with Zr(Acac)₄, *Polymer (Guildf)*. 48 2263–2279.
- [7] D. Pappalardo, M. Bruno, M. Lamberti, M. Mazzeo, C. Pellecchia, 2013. Ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone and lactides promoted by salen- and salen-type yttrium amido complexes, *J. Mol. Catal. A Chem.* 379 303–308.
- [8] L. Zhang, Y. Niu, Y. Wang, P. Wang, L. Shen, 2008. Ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone by lanthanide tris(2,4,6-tri-tert-butylphenolate)s: Characteristics, kinetics and mechanism, *J. Mol. Catal. A Chem.* 287 1–4.
- [9] T.R. Hidayani, E. Pelita, D. Nirmala, 2015. Karakteristik Plastik Biodegradabel Dari Limbah Plastik Polipropilena Dan Pati Biji Durian, *Maj. Kulit, Karet, Dan Plast.* 31 9–14.
- [10] E.S. Ningsih, S. Mulyadi, Y. Yetri, 2012. Modifikasi Polipropilena Sebagai Polimer Komposit Biodegradabel Dengan Bahan Pengisi Pati Pisang Dan Sorbitol Sebagai Platisizer, *J. Fis. Unand.* 1 53–59.
- [11] V. Balsamo, L.M. Gouveia, 2007. Interplay of fractionated crystallization and morphology in polypropylene/poly(ϵ -caprolactone) blends, *J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys.* 45 1365–1379.
- [12] M. Yusuf, 2015. Reaksi Polimerisasi Pembukaan Cincin ϵ -Kaprolakton, Asetalasi Benzaldehida, Dan Polimerisasi β -Pinen Menggunakan Kompleks Zr β -Diketonat Sebagai Katalis, Disertasi ITB Bandung.
- [13] M. Yusuf, 2016. The Compatibility of Polyglycerol Acrylic as Plasticizer For Polyvinyl Chloride Matrix, *J. Pendidik. Kim.* 8 80–86.
- [14] E.B. Bezerra, D.C. de Franca, D.D. de S. Morais, I.D. dos S. Silva, D.D. Siqueira, E.M. Araujo, R.M.R. Wellen, 2019. Compatibility and characterization of Bio-PE/PCL blends, *Polimeros.* 29 1–15.
- [15] M. Yusuf, R. Siregar, M.H. Nasution, R.M. Siregar, 2023. Preparation and Characterization of Polyblend PS With PVL Obtained Using Bis(Dibenzoylmethane)Zirconium(IV) Catalyst, *Rasayan J. Chem.* 16 469–475.