

PENGUJIAN KEKERASAN *BIODEGRADABLE INTERFERENCE SCREW ACL* DENGAN MATERIAL PLA/ β -TCP MENGGUNAKAN METODE *INJECTION MOLDING*

*Dhia Adli Djoeyo¹, Rifky Ismail², Athanasius Priharyoto Bayuseno²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: adlidhia@gmail.com

Abstrak

Tingginya kasus *rupture* pada ACL yang dialami masyarakat di dunia menyebabkan tingginya kebutuhan akan proses rekonstruksi ACL. Situasi ini memerlukan penanganan yang cermat, mulai dari terapi non-bedah hingga prosedur rekonstruksi ligamen, tergantung pada seberapa parah cedera yang dialami dan kebutuhan aktivitas pasien. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai kekerasan dari *interference screw* berbahan *Poly-Lactic Acid* dan β -*Tricalcium phosphate*. *Interference screw* dibuat menggunakan metode *injection molding* menggunakan suhu 210°C dan tekanan 4 bar. Campuran *Poly-Lactic Acid* dan β -*Tricalcium Phosphate* telah terbukti membantu proses rekonstruksi ACL dalam bentuk *interference screw*, serta meningkatkan kemampuan pemulihan pada saat terjadi *rupture*. Penelitian ini menggunakan spesimen dari produk dengan komposisi 70% *Poly-Lactic Acid* / 30% β -*Tricalcium Phosphate* yang dibuat menggunakan metode *solvent casting*. Karakteristik kekerasan produk diuji durometer *shore A*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk memiliki kekerasan 87-88 *shore A*. Pegujian kekerasan dilakukan menggunakan ASTM D2240 *shore A* untuk material polimer. Nilai kekerasan *interference screw Poly-Lactic Acid* dan β -*Tricalcium Phosphate* lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Kata kunci: *injection molding; interference screw; poly-lactic acid; β -tricalcium phosphate*

Abstract

The high incidence of ACL ruptures experienced by people around the world has led to an increased need for ACL reconstruction procedures. This situation requires careful management, ranging from non-surgical therapy to ligament reconstruction procedures, depending on the severity of the injury and the patient's functional needs. The aim of this study is to determine the hardness value of an *interference screw* made from *Poly-Lactic Acid* and β -*Tricalcium Phosphate*. The *interference screw* was fabricated using the *injection molding* method at a temperature of 210°C and a pressure of 4 bar. The combination of *Poly-Lactic Acid* and β -*Tricalcium Phosphate* has been proven to support the ACL reconstruction process in the form of an *interference screw* and to enhance recovery following a *rupture*. The specimens used in this study were produced with a composition of 70% *Poly-Lactic Acid* and 30% β -*Tricalcium Phosphate* using the *solvent casting* method. The hardness characteristics of the product were tested using a *Shore A* durometer. The results showed that the product had a hardness of 87-88 *Shore A*. The hardness testing was conducted based on the ASTM D2240 *Shore A* standard for polymeric materials. The hardness value of the *Poly-Lactic Acid* and β -*Tricalcium Phosphate* *interference screw* was found to be higher compared to previous studies.

Keywords: *injection molding; interference screw; poly-lactic acid; β -tricalcium phosphate*

1. Pendahuluan

Anterior Cruciate Ligament (ACL) adalah salah satu komponen penyusun sendi yang memiliki peranan penting. ACL adalah salah satu ligamen lutut yang yang paling sering dialami. Rekonstruksi ACL menjadi pilihan utama yang sering dilakukan untuk mengatasi cedera pada *anterior cruciate ligament*. Rekonstruksi ACL adalah prosedur keenam yang paling umum dilakukan pada ortopedi. Diperkirakan bahwa sekitar 200.000 rekonstruksi ACL dilakukan setiap tahun di Amerika Serikat, jumlahnya diperkirakan akan meningkat dikarenakan peningkatan partisipasi dalam kegiatan atletik oleh remaja dan dewasa. infeksi [1]. *Interference screw* merupakan jenis *Screw* yang digunakan dalam prosedur medis, khususnya dalam rekonstruksi ligamen, seperti pada prosedur rekonstruksi *anterior cruciate ligament* (ACL) pada lutut. *Screw* ini berfungsi untuk mengamankan *tendon* atau *graft* yang ditanamkan dalam tulang, dengan cara menginterferensi atau menghalangi pergerakan *graft* agar tetap terpasang pada posisi yang tepat [2]. Penambahan

Tricalcium Phosphate (β -TCP) menunjukkan *biodegradable interference screw* PLA/ β -TCP aman dan efektif untuk digunakan dalam fiksasi pada prosedur rekonstruksi ligamen anterior (ACL), dengan kekuatan mekanik dan laju degradasi yang sesuai untuk masa penyembuhan klinis [3]. *Tricalcium Phosphate* (β -TCP) telah banyak digunakan sebagai bahan pengganti tulang karena sifat biologisnya seperti *biocompatibility*, *bioactivity*, *osteoconduction*, *osteo-integration*, dan *osteinduction* pada kondisi tertentu. *Tricalcium Phosphate* (β -TCP) mengandung kalsium dan ion fosfat, sehingga toksisitas lokal maupun sistemnya tidak ditemukan [4]. Komposisi terbaik untuk membuat komposit PLA/ β -TCP yaitu 30% *Tricalcium Phosphate* (β -TCP) dan 70% *Poly-Lactic Acid* (PLA) yang dipersiapkan menggunakan metode *solvent casting* [5] Perpaduan komposit ini diharap dapat menghasilkan *interference screw* yang memiliki sifat mekanik yang baik.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai pembuatan *interference screw* menggunakan komposit dari *Poly-Lactic Acid* dan *Tricalcium phosphate*. Komposisi yang digunakan 70% *Poly-Lactic Acid* / 30% β -*Tricalcium Phosphate*. Salah satu metode pembuatan biokomposit tersebut adalah melalui metode *solvent casting*. Metode *solvent casting/ particulate leaching* merupakan metode yang sangat umum digunakan karena pengoperasiannya yang sederhana [5]. *Solvent casting* biokomposit melibatkan pemisahan polimer dalam pelarut organik, mencampurnya dengan keramik butiran, dan menuangkan larutan ke dalam cetakan yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian dibiarkan menguap.

Pada penelitian ini digunakan tekanan 4 bar dengan suhu 210°C [6], lalu diinjeksikan kedalam *molding* dengan bentuk *interference screw* dari produk yang berasal dari negara Amerika Serikat [7]. Karakterisasi *interference screw* dari *Poly-Lactic Acid* dan *Tricalcium Phosphate* dilihat dari pengamatan karakteristik dari spesimen hasil *injection molding* yang diperoleh melalui pengujian kekerasan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, telah dilakukan pembuatan biokomposit *Poly-Lactic Acid* dan *Tricalcium Phosphate* menggunakan metode *solvent casting*. Kemudian dilakukan karakterisasi melalui uji kekerasan yang dilakukan di Laboratorium Material Universitas Diponegoro menggunakan alat ukur kekerasan yaitu durometer *shore A*.

3.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan metode karakterisasi kekerasan *interference screw* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan. Kekerasan adalah ukuran parameter ketahanan material terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen, serta gesekan [8]. Data yang diperoleh dari pengujian kekerasan meliputi nilai kekerasan dengan satuan *Shore A*. Uji kekerasan *interference screw* menggunakan nilai kekerasan dengan durometer *shore A*, dalam ASTM D2240 *shore A* digunakan untuk material polimer yang memiliki nilai kekerasan tinggi Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dari masing-masing spesimen dengan tekanan 4 bar.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan spesimen D4

Tekanan	Pengujian	Nilai Kekerasan
4 bar	1	87 Shore A
	2	88 Shore A
	3	87 Shore A
	Rata - rata	87,3 Shore A

Pada Tabel 1. Menunjukkan nilai pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan durometer *shore A* dengan 3 spesimen yang berbeda. Nilai terkecil yaitu 87 *shore A* dan nilai terbesar yaitu 88 *shore A*, serta memiliki rata -rata 87,3 *shore A*.

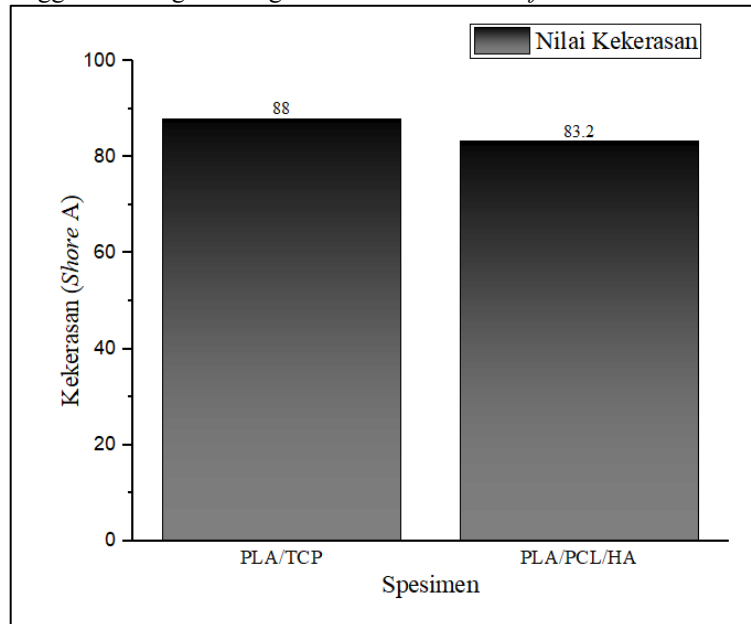
3.2 Perbandingan Pengujian Kekerasan dengan Pengujian Sebelumnya

Perbandingan dengan hasil *interference screw* pada penelitian sebelumnya memiliki tujuan untuk menilai dan membandingkan hasil *interference screw* yang didapat pada pada penelitian ini. Spesimen pembanding yang digunakan adalah *interference screw* milik penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim (2024) dengan komposit PLA/PCL/HA menggunakan tekanan 4 bar.

Tabel 2. Nilai kekerasan *interference screw* penelitian sebelumnya

No	Tekanan	Kekerasan (<i>Shore A</i>)
1	4 Bar	83,2

Pada Tabel 2 berisi nilai kekerasan *interference screw* penelitian sebelumnya berbahan PLA/PCL/HA dengan spesimen tekanan 4 bar. Nilai terkecil 83,2 *Shore A* pada variasi tekanan 4 bar. Nilai kekerasan *interference screw* berbahan PLA/ β -TCP lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekerasan *interference screw* berbahan PLA/PCL/HA.



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai kekerasan *interference screw* dengan penelitian sebelumnya

Gambar 1. Menunjukkan perbandingan nilai kekerasan *interference screw* dengan penelitian sebelumnya. *Interference screw* dengan material PLA/TCP memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan *interference screw* dengan material PLA/PCL/HA.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, telah berhasil dilakukan pembuatan *interference screw* menggunakan biokomposit PLA/ β -TCP dengan menggunakan metode solvent casting dan karakterisasi spesimen melalui pengujian kekerasan kemudian dibandingkan dengan nilai kekerasan *interference screw* penelitian sebelumnya. Kesimpulan dari hasil penelitian yaitu telah berhasil dilakukan pembuatan *interference screw* dengan menggunakan metode *solvent casting* dan mengetahui karakteristiknya menggunakan nilai kekerasan melalui uji kekerasan. Pada pengujian kekerasan dapat dilihat nilai kekerasan *interference screw* dengan biokomposit PLA/ β -TCP lebih tinggi dibandingkan dengan *interference screw* PLA/PCL/HA. Hal itu disebabkan oleh perbedaan nilai densitas, semakin tinggi nilai densitas maka nilai kekerasan akan meningkat, serta perbedaan komposisi komposit yang digunakan [9]. Dengan demikian, kekerasan dari *interference screw* tersebut telah berada dalam kisaran yang sebanding dengan kekerasan tulang kortikal, yaitu antara 30 hingga 70 HV atau setara dengan 80–90 *Shore A* [10]. PLA/ β -TCP merupakan salah satu material polimer yang biasa digunakan di bidang biomedis karena dapat diserap oleh tubuh tanpa menimbulkan infeksi. [11].

5. Daftar Pustaka

- [1] Kamila Zavitri, L., & Purnaning, D. (2023). TINJAUAN PUSTAKA — LITERATURE REVIEW Rehabilitasi Pasca Operasi Cedera Anterior Cruciate Ligament (ACL). *Jurnal Kedokteran Unram*, 2022(3), 1100–1106.
- [2] Manickam, S., Raj, S., Kumar, S., & Kannauh, A. (2023). FEMORAL INTERFERENCE SCREW DIVERGENCE IN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL) RECONSTRUCTION. 30, 548–556. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v30i15.4359>
- [3] Dong, W., Huang, X., Sun, Y., Zhao, S., Yin, J., & Chen, L. (2021). Mechanical characteristics and in vitro degradation kinetics analysis of polylactic glycolic acid/ β -Tricalcium Phosphate (PLGA/ β -TCP) biocomposite interference screw. *Polymer Degradation and Stability*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109421>

-
- [4] Ratnasari, A., Sofiyarningsih, N., Syaifun Nizar, M., Hernawan, dan, & Utama Balai Besar Keramik Jl Jend Ahmad Yani No, K. (2021). *Sintesis E-TCP dengan Metode... Ayu Ratnasari, dkk SINTESIS E-TCP DENGAN METODE PRESIPITASI BASAH DARI BAHAN KAPUR ALAM Synthesis of E-TCP by Wet Precipitation Method from Natural Lime.*
- [5] Albano, C., González, G., Palacios, J., Karam, A., Castillo, R. V., & Covis, M. (2013). *CHARACTERIZATION OF POLY L-LACTIDE/HYDROXYAPATITE COMPOSITE: CHEMICAL, THERMAL AND THERMOMECHANICAL PROPERTIES* (Vol. 28).
- [6] Ismail, R., Fitriyana, D. F., Bayuseno, A. P., Munanda, R., Muhamadin, R. C., Nugraha, F. W., Rusiyanto, Setiyawan, A., Bahatmaka, A., Firmansyah, H. N., Anis, S., Irawan, A. P., Siregar, J. P., & Cionita, T. (2023). Design, Manufacturing and Characterization of Biodegradable Bone Screw from PLA Prepared by Fused Deposition Modelling (FDM) 3D Printing Technique. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 103(2), 205–215. <https://doi.org/10.37934/arfmts.103.2.205215>
- [7] Ismail, R., Fitriyana, D. F., Nugraha, F. W., Bayuseno, A. P., & Ammarullah, M. I. (2025). Investigation of the influence of 3D printing parameters on the properties of interference screws made of PLA/PCL/HA biocomposite filaments. *Materials Technology*, 40(1). <https://doi.org/10.1080/10667857.2024.2443598>
- [8] Purba, G. F., Umardani, Y., & Suprihanto, A. (2023). Analisa pengaruh tekanan dan suhu terhadap pengujian hasil pembuatan insol sepatu dari material komposit silicone rubber dan talc menggunakan cetakan aluminium dengan proses injection molding. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 11(1), 7–21. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/39924>
- [9] Chen, B., Leiste, U. H., Chen, Q., Fourney, W. L., & Li, T. (2022). Correlation Between Rockwell and Brinell Hardness Measurements. *Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME*, 89(6). <https://doi.org/10.1115/1.4054094>
- [10] Wang, J., Yin, B., Liu, G., Li, S., Zhang, X., Hu, Z., Wu, W., & Zhang, Y. (2019). Microhardness distribution of the tibial diaphysis and test site selection for reference point indentation technique. *Medicine*, 98(29), e16523. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016523>
- [11] Hartanti, L. P. S., Bawono, B., Yuniarto, T., Mulyono, J., Ismail, R., Jamari, J., Bayuseno, A. P., & Anggoro, P. W. (2024). Recent progress and perspective in material and manufacturing of interference screw. *Cogent Engineering*, 11(1), 2364048. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2364048>