

ANALISIS SIFAT MEKANIK BIOKOMPOSIT HIDROKSIAPATIT (Hap)-RESIN POLYESTER UNTUK APLIKASI IMPLAN GIGI MANUSIA

Fauzan Muhammad Nur¹

¹Mahasiswa Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta
Email : fauzanmpo@gmail.com

Burmawi²

²Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta
Email: burmawi@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Pengembangan material implan gigi yang biokompatibel dengan sifat mekanik yang memadai merupakan isu krusial di bidang kesehatan gigi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik material komposit yang tersusun dari hidroksiapatit (HAp) dan resin poliester. Metode eksperimental digunakan dengan memvariasikan rasio berat HAp dan resin poliester pada komposisi 70:30%, 75:25%, 80:20%, 85:15%, dan 90:10%. Spesimen yang dihasilkan diuji untuk menentukan sifat fisik (porositas) dan sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan tekan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai porositas komposit (2,49% - 3,70%) berada dalam rentang porositas dentin gigi asli dan cenderung menurun seiring peningkatan komposisi resin poliester. Kekerasan komposit meningkat seiring bertambahnya konsentrasi resin poliester, mencapai nilai tertinggi 34,6234 MPa, meskipun masih lebih rendah dibandingkan kekerasan enamel gigi asli. Sementara itu, kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada komposisi 90:10% (74,932 MPa), namun nilai ini cenderung menurun dengan peningkatan komposisi HAp akibat porositas yang lebih tinggi, dan masih di bawah kekuatan tekan enamel gigi asli. Disimpulkan bahwa komposit hidroksiapatit-resin poliester memiliki potensi sebagai material alternatif, terutama ditinjau dari keserupaan nilai porositasnya dengan dentin gigi asli. Namun demikian, sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan tekan) komposit ini masih memerlukan peningkatan untuk mencapai kesetaraan dengan enamel gigi manusia.

Kata Kunci: Hidroksiapatit, Resin Poliester, Biokomposit, Implan Gigi, Sifat Mekanik

ABSTRACT

The development of biocompatible dental implant materials with adequate mechanical properties is a crucial issue in the field of dental health. This study aims to identify and analyze the characteristics of composite materials composed of hydroxyapatite (HAp) and polyester resin. An experimental method was used by varying the weight ratio of HAp and polyester resin at compositions of 70:30%, 75:25%, 80:20%, 85:15%, and 90:10%. The resulting specimens were tested to determine their physical properties (porosity) and mechanical properties (hardness and compressive strength). The results showed that the composite's porosity values (2.49% - 3.70%) were within the range of natural tooth dentin porosity and tended to decrease with increasing polyester resin composition. The composite's hardness increased with increasing polyester resin concentration, reaching a maximum value of 34.6234 MPa, although it was still lower than the hardness of natural tooth enamel. Meanwhile, the highest compressive strength was obtained at a 90:10% composition (74.932 MPa), but this value

tended to decrease with increasing HAp composition due to higher porosity and was still below the compressive strength of natural tooth enamel. It is concluded that hydroxyapatite-polyester resin composites have the potential as alternative materials, especially in terms of their porosity values resembling natural tooth dentin. However, the mechanical properties (hardness and compressive strength) of this composite still need to be improved to achieve parity with human tooth enamel.

Keyword: Hydroxyapatite, Polyester Resin, Biocomposite, Dental Implant, Mechanical Properties

PENDAHULUAN

Kerusakan gigi merupakan salah satu masalah kesehatan yang banyak dialami masyarakat di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada fungsi pengunyahan dan kesehatan mulut, tetapi juga memengaruhi kualitas hidup serta kepercayaan diri penderita. Berbagai upaya restorasi gigi telah dilakukan, salah satunya melalui penggunaan implan gigi. Pemilihan material implan menjadi aspek penting, karena material tersebut harus memiliki sifat biokompatibilitas yang baik sekaligus mendukung kekuatan mekanik agar mampu menahan beban mastikasi.

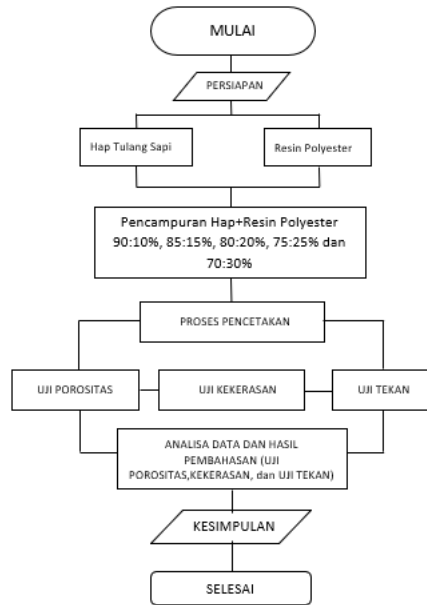
Perkembangan teknologi di bidang rekayasa biomedis mendorong penelitian terkait biomaterial baru untuk aplikasi gigi. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah hidroksiapatit (HAp), mineral utama penyusun tulang dan gigi manusia, yang dikenal memiliki sifat biokompatibel dan bioaktif. HAp dapat diperoleh dari sumber alami, termasuk tulang sapi yang melimpah di Indonesia, sehingga berpotensi menjadi bahan baku alternatif yang murah dan ramah lingkungan. Namun, meskipun memiliki biokompatibilitas yang baik, sifat mekanik HAp murni cenderung rapuh sehingga kurang optimal jika digunakan secara tunggal pada implan gigi.

Untuk meningkatkan sifat mekaniknya, HAp dapat dikombinasikan dengan resin poliester. Resin poliester memiliki keunggulan berupa kekuatan mekanik yang tinggi, tahan lama, serta mudah diproses. Dengan membentuk biokomposit HAp-resin poliester, diharapkan diperoleh material yang tidak hanya menyerupai struktur gigi asli dari sisi porositas, tetapi juga memiliki kekuatan tekan dan kekerasan yang memadai.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis sifat mekanik biokomposit hidroksiapatit-resin poliester dengan variasi komposisi tertentu. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan material dalam mendukung aplikasi implan gigi, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan biomaterial berbasis sumber daya lokal yang lebih terjangkau.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan tahapan meliputi persiapan bahan, pembuatan spesimen, serta pengujian sifat mekanik dan fisik material komposit.



Gambar 1. Diagram Alir

Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan adalah:

- Hidroksiapatit (HAp): diperoleh dari tulang sapi lokal yang diolah menjadi serbuk.
- Resin poliester: digunakan sebagai matriks polimer pengikat partikel HAp.

Peralatan yang digunakan meliputi mixer laboratorium, timbangan digital, gelas ukur, cetakan gigi manusia, serta peralatan pengujian mekanik yaitu alat uji tekan, Shore D durometer untuk uji kekerasan, dan perangkat uji porositas.

Pembuatan Spesimen

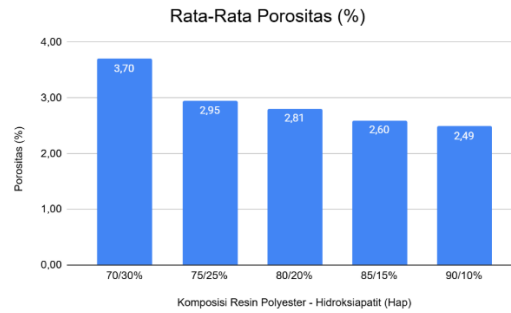
Spesimen biokomposit dibuat dengan mencampurkan serbuk hidroksiapatit dan resin poliester pada variasi komposisi volume: 90:10%, 85:15%, 80:20%, 75:25%, dan 70:30%.

Campuran dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan hingga mengeras dan siap diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Porositas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai porositas biokomposit hidroksiapatit-resin poliester berada pada rentang 2,49% – 3,70%. Nilai porositas menurun seiring dengan peningkatan kandungan resin poliester. Komposisi 70:30% menghasilkan porositas tertinggi (3,70%), sedangkan komposisi 90:10% menghasilkan porositas terendah (2,49%).

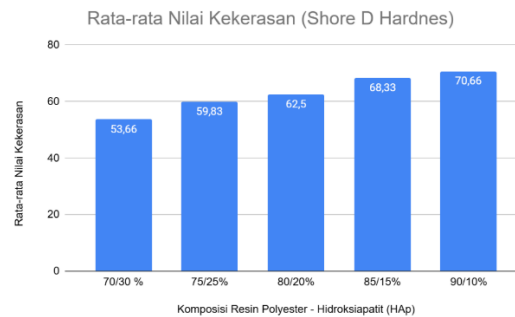


Gambar 2. Grafik Rata Rata Porositas

Nilai ini berada dalam kisaran porositas dentin gigi asli, sehingga komposit memiliki potensi sebagai material alternatif pengganti dentin. Penurunan porositas pada konsentrasi resin yang lebih tinggi disebabkan oleh kemampuan resin menutup rongga antar partikel HAp sehingga mengurangi jumlah ruang kosong.

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode Shore D menunjukkan bahwa kekerasan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi resin poliester. Nilai tertinggi diperoleh pada komposisi 90:10% dengan rata-rata kekerasan 34,62 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 70:30%.

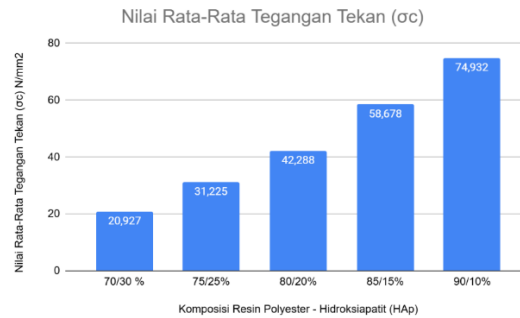


Gambar 3. Grafik Rata-Rata Kekerasan Skala Shore D

Meskipun terjadi peningkatan kekerasan dengan bertambahnya resin, nilai kekerasan komposit ini masih lebih rendah dibandingkan dengan kekerasan enamel gigi manusia. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan resin mampu memperkuat ikatan antar partikel, namun belum cukup untuk menyamai sifat mekanik enamel.

Uji Tekan

Hasil pengujian kekuatan tekan menunjukkan nilai tertinggi pada komposisi 90:10% sebesar 74,93 MPa. Namun, secara umum kekuatan tekan menurun seiring dengan peningkatan proporsi HAp dalam campuran. Hal ini terjadi karena peningkatan kandungan HAp menyebabkan porositas lebih tinggi, sehingga struktur komposit menjadi lebih rapuh.



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Tegangan Tekan

Jika dibandingkan dengan enamel gigi asli, nilai kekuatan tekan komposit masih lebih rendah. Namun demikian, material ini tetap menjanjikan untuk aplikasi implan, terutama pada kasus di mana keserupaan porositas dengan dentin lebih dibutuhkan daripada kekuatan tekan tinggi.

Pembahasan

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa variasi komposisi HAp dan resin poliester sangat memengaruhi sifat mekanik dan fisik material komposit.

Peningkatan resin poliester → menurunkan porositas, meningkatkan kekerasan, dan meningkatkan kekuatan tekan.

Peningkatan hidroksiapatit → meningkatkan bioaktivitas, tetapi berpotensi menurunkan sifat mekanik akibat porositas yang lebih tinggi.

Kombinasi sifat biokompatibilitas HAp dan kekuatan mekanik resin poliester menunjukkan potensi material ini sebagai kandidat alternatif implan gigi berbasis sumber daya lokal. Namun, optimasi komposisi dan metode fabrikasi masih diperlukan agar nilai mekanik dapat mendekati enamel gigi asli.

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis sifat mekanik biokomposit berbasis hidroksiapatit (HAp) dari tulang sapi lokal dan resin poliester untuk aplikasi implan gigi. Berdasarkan hasil pengujian porositas, kekerasan, dan kekuatan tekan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai porositas biokomposit berada pada kisaran 2,49% – 3,70%, yang sebanding dengan porositas dentin gigi asli. Porositas cenderung menurun dengan meningkatnya kandungan resin poliester.
2. Kekerasan komposit meningkat seiring dengan peningkatan komposisi resin poliester, dengan nilai tertinggi mencapai 34,62 MPa pada komposisi 90:10%. Namun, nilai ini masih lebih rendah dibandingkan kekerasan enamel gigi manusia.
3. Kekuatan tekan tertinggi dicapai pada komposisi 90:10% sebesar 74,93 MPa, namun secara umum kekuatan tekan menurun dengan peningkatan kandungan HAp akibat porositas yang lebih tinggi.

4. Kombinasi HAp dan resin poliester menunjukkan potensi sebagai material alternatif untuk implan gigi, terutama karena keserupaan nilai porositas dengan dentin gigi asli. Meski demikian, sifat mekanik biokomposit masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar setara dengan enamel gigi manusia.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Burmawi, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama proses penelitian.

Apresiasi juga diberikan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, khususnya Program Studi Teknik Mesin, yang telah menyediakan fasilitas laboratorium untuk pelaksanaan penelitian ini.

Tidak lupa penulis berterima kasih kepada kedua orang tua dan seluruh rekan seperjuangan yang senantiasa memberikan dukungan moral maupun material.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, R., & Cahyaningrum, D. (2020). Pemanfaatan tulang sapi sebagai sumber hidroksiapatit untuk aplikasi biomedis. *Jurnal Material Biomedis*, 5(2), 45–52.
- Afrizal, A., dkk. (2017). Analisis kekuatan tekan bahan gigi tiruan berbasis serbuk cangkang kerang darah dan resin. *Jurnal Teknologi Kesehatan*, 8(1), 33–39.
- Ariyanto, B., dkk. (2020). Analisis porositas material berbasis komposit. *Jurnal Rekayasa Material*, 12(3), 112–118.
- Bokov, D., dkk. (2021). Sol-gel synthesis of hydroxyapatite nanostructures for biomedical applications. *Materials Chemistry and Physics*, 267, 124–133.
- Cahyani, R., dkk. (2022). Resin alami sebagai material alternatif biomedis. *Jurnal Sains dan Material*, 10(1), 25–32.
- Cho, Y., dkk. (2022). Polyester resin composites for dental applications. *Journal of Dentistry and Biomaterials*, 15(2), 77–84.
- Dewi, R., dkk. (2020). Nilon termoplastik sebagai bahan dasar gigi tiruan. *Jurnal Prostodonti*, 9(2), 56–62.
- DileepKumar, B., dkk. (2022). Extraction and characterization of hydroxyapatite from natural sources. *Journal of Biomedical Materials*, 13(4), 201–210.
- Fadriyanti, N., dkk. (2022). Resin akrilik untuk pembuatan gigi tiruan lepasan. *Jurnal Kedokteran Gigi*, 14(1), 15–23.

- Fadhilah, R., & Irhamni, M. (2016). Pemanfaatan sumber organik sebagai bahan dasar hidroksiapatit. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(2), 88–96.
- Haikal, A. (2023). Hidroksiapatit sebagai biomaterial alternatif dari limbah tulang. *Jurnal Rekayasa Biomedis*, 6(1), 10–18.
- Jayanti, F. (2022). Uji sifat mekanik material rekayasa berbasis komposit. *Jurnal Teknologi Material*, 8(3), 99–106.
- Marchack, F. (2014). Glass fiber reinforcement for dental resin composites. *Journal of Prosthodontics*, 23(4), 291–297.
- Marsigid, H., & Marpaung, A. (2022). Epidemiologi kerusakan gigi di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Gigi*, 11(1), 1–8.
- Minetti, E., dkk. (2020). Physical properties of human teeth: Mass and volume variations. *Dental Research Journal*, 17(5), 325–332.
- Nayan, K., dkk. (2022). Polymer matrix composites in biomedical applications. *Journal of Applied Polymers*, 12(2), 155–166.
- Oka, M. (2023). Bioactivity of hydroxyapatite nanoparticles for dental implants. *Journal of Biomaterials*, 21(3), 150–159.
- Prasetia, A. (2024). Teknologi material komposit untuk rekayasa biomedis. *Jurnal Material Teknik*, 19(1), 21–30.
- Pu'ad, N. A. S., dkk. (2020). Natural hydroxyapatite for biomedical applications. *Ceramics International*, 46(14), 239–249.
- Siregar, F., dkk. (2018). Kelebihan dan kekurangan hidroksiapatit sebagai biomaterial. *Jurnal Material Kedokteran*, 5(2), 65–71.
- Suryanto, A. (2020). Komposit polimer: Jenis dan aplikasinya. *Jurnal Teknologi Material*, 15(1), 1–12.
- Yusuf, A., dkk. (2024). Biokompatibilitas hidroksiapatit dalam rekayasa jaringan. *Journal of Advanced Biomaterials*, 9(1), 33–41.

