

Perbedaan nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing (*Shorea javanica*) dengan resin damar batu

Farah Kholidah¹, Kosterman Usri^{1*}, Opik Taofik Hidayat²

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

*Korespondensi: kosterman@unpad.ac.id

Submisi: 01 Januari 2021; Penerimaan: 17 Juni 2021; Publikasi Online: 30 Juni 2022

DOI: [10.24198/pjdrs.v6i2.31464](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v6i2.31464)

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin damar merupakan komoditas hasil hutan bukan kayu yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan daya guna yang luas. Resin alami yang populer dan melimpah di Indonesia adalah resin damar mata kucing dan resin damar batu. Resin banyak digunakan dalam material kedokteran gigi seperti resin komposit, resin akrilik, varnish, dan dental wax, tetapi resin yang digunakan adalah resin buatan karena keterbatasan sumber daya resin alami di luar negeri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan nilai kekuatan tekan antara resin damar mata kucing dan resin damar batu dalam rangka penggunaan resin tersebut sebagai alternatif bahan dasar material kedokteran gigi **Metode:** Jenis penelitian eksperimental semu, uji kekuatan tekan pada 16 sampel resin damar mata kucing dan 16 sampel resin damar batu menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan kecepatan crosshead $1,0 \pm 0,25$ mm/menit hingga terjadi patahan pada sampel berdasarkan metode ASTM D695. Nilai kekuatan tekan dari kedua resin damar tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode uji *Mann-Whitney* menggunakan *software SPSS* statistik versi 22. **Hasil:** Nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing rerata $7,307 \pm 6,768$ MPa, nilai kekuatan tekan resin damar batu rerata $3,139 \pm 1,067$ MPa. Hasil *p-value* didapatkan nilai sebesar 0,032. Nilai *P* tersebut menunjukkan terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan yang signifikan antara resin damar mata kucing dengan resin damar batu **Simpulan:** Resin damar mata kucing memiliki nilai kekuatan tekan lebih tinggi sehingga berpotensi lebih besar untuk aplikasi material kedokteran gigi yang memiliki sifat mekanis rendah seperti varnish.

Kata kunci: Resin damar mata kucing (*Shorea javanica*); resin damar batu; uji kekuatan tekan.

*The difference in compressive strength value of mata kucing dammar resin (*Shorea javanica*) and batu dammar resin*

ABSTRACT

Introduction: Dammar resin is a non-timber forest product commodity that has high economic value and wide usability. Natural resins that are popular and abundant in Indonesia are mata kucing dammar resin and batu dammar resin. Resin widely used in dental materials such as composite resins, acrylic resins, varnishes, and dental waxes, but the resins used are artificial resins due to limited natural resin resources abroad. This study aims to analyze the difference in the compressive strength values between mata kucing dammar resin and batu dammar resin to use the resin as an alternative to dental materials. **Methods:** This research was quasi-experimental, compressive strength test on 16 samples of mata kucing dammar resin and 16 samples of batu dammar resin using a Universal Testing Machine with a crosshead speed of $1,0 \pm 0,25$ mm/minute until fracture occurs in the sample based on the ASTM D695 method. The value of the compressive strength of both dammar resins then analyzed using the Mann-Whitney test method using SPSS statistical software version 22. **Results:** The average compressive strength value of mata kucing dammar resin was $7,307 \pm 6,768$ MPa, the average compressive strength value of batu dammar resin was $3,139 \pm 1,067$ MPa. The *p-value* results obtained a value of 0.032. The *p-value* indicates a significant difference in the compressive strength value between the mata kucing dammar resin and the batu dammar resin. **Conclusion:** Mata kucing dammar resin has a higher compressive strength value, so it has greater potential for applying dental materials with low mechanical properties such as varnish.

Keywords: Mata kucing dammar resin (*Shorea javanica*); batu dammar resin; compressive strength test.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menyebabkan bahan-bahan yang digunakan dalam bidang kedokteran gigi semakin berkembang. Berbagai material kedokteran gigi ditemukan dan telah diklasifikasikan berdasarkan sifatnya yaitu logam, keramik, komposit, dan polimer.¹ Material kedokteran gigi sendiri bisa berasal dari alam atau dibuat oleh manusia.² Indonesia dengan segala kekayaan sumber daya alamnya, terutama kekayaan hasil hutan, dapat menyediakan berbagai macam bahan yang dapat digunakan sebagai material kedokteran gigi.

Hasil hutan di Indonesia sendiri terbagi menjadi Hasil Hutan Kayu (HHK) dan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). HHBK dapat dipahami sebagai hasil hutan hayati baik nabati maupun hewani serta produk turunan dan budidaya kecuali kayu yang berasal dari hutan. Selain itu, HHBK dapat dipahami sebagai segala sesuatu yang bersifat material (bukan kayu) yang diambil dari hutan yang dapat dimanfaatkan pada kegiatan ekonomi dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.35/Menhet-II/2007, resin damar merupakan suatu komoditas HHBK yang paling diminati.² Damar umumnya digunakan sebagai bahan baku industri seperti bahan baku cat dan pernis.³ Resin damar dihasilkan dari pohon yang dikenal masyarakat Indonesia sebagai pohon damar. Pohon damar sendiri termasuk dalam klasifikasi famili *Dipterocarpaceae* dan *Burseraceae*.⁴ Jenis resin damar yang terkenal antara lain resin damar mata kucing dan resin damar batu. Damar mata kucing merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan hasil hutan bukan kayu di Indonesia.⁵ Damar mata kucing Indonesia mendominasi perdagangan damar di dunia, Indonesia telah mengekspor sekitar 75% dari total produksi resin damar mata kucing di berbagai negara. Resin ini berasal dari tanaman *Shorea javanica* yang terbaik dan berkualitas tinggi.⁶

Salah satu resin yang banyak dikenal di Indonesia selain damar mata kucing adalah damar batu. Damar mata kucing dikenal memiliki mutu terbaik dibandingkan jenis damar lainnya.⁷ Damar batu merupakan hasil hutan bukan kayu yang berasal dari jenis tumbuhan *Shorea*, antara lain *S. eximia*, *S. lamellata Foxw.*, *S. virescens Parijs*, *S. retinodes Sloot*, *S. guiso*, dan *S. robusta*.⁸ Terbentuknya resin damar mata kucing tidak terjadi secara alami.⁹ Pohon damar

sengaja dilukai dan getah yang keluar ditampung dalam wadah. Bentuk fisik yang dihasilkan jauh lebih bersih dibandingkan resin damar batu. Resin damar mata kucing terlihat lebih jernih dan kualitasnya lebih baik, sedangkan resin damar batu sendiri berasal dari getah pohon damar yang mengeras dan membentuk bongkahan.¹⁰ Proses pembentukan damar ini adalah ketika kulit pohon damar yang terluka mengeluarkan getah secara alami. Lama kelamaan getahnya akan menggumpal dan jatuh ke tanah. Resin damar batu yang jatuh ke tanah berwarna coklat kehitaman dan bentuknya tidak beraturan, itulah sebabnya damar tersebut dinamakan resin damar batu.¹¹

Saat ini resin banyak digunakan sebagai material kedokteran gigi, resin yang paling sering digunakan adalah resin komposit, resin akrilik, *varnish*, dan *dental wax*.¹² Resin komposit merupakan bahan yang paling sering digunakan dalam penambalan gigi, sedangkan resin akrilik digunakan sebagai bahan pembuatan basis gigi tiruan.^{12,13} Resin tersebut walaupun berbahan dasar organik, tetapi masuk ke dalam golongan resin sintetis atau buatan, bukan resin alami yang memiliki definisi sebagai getah yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuh-tumbuhan, terutama jenis pohon runjung.⁷

Varnish bertujuan untuk melindungi pulpa dari iritasi kimia bahan-bahan yang berkontak dengannya dan dapat terdiri dari satu atau lebih resin yaitu resin sintetis dan resin alami seperti copal.¹ Namun umumnya resin yang digunakan adalah resin buatan karena terbatasnya sumber daya resin alam yang dimiliki oleh negara yang memproduksi material kedokteran gigi.¹⁴ Hal tersebut berbanding terbalik dengan ketersediaan resin alam di Indonesia yang melimpah. Sumber daya resin alam yang melimpah menjadi latar belakang berkembangnya resin damar alami sebagai bahan baku kedokteran gigi di Indonesia.⁵ Namun demikian, dikarenakan minimnya pengetahuan tentang sifat dan karakteristik damar mata kucing dan damar batu, maka perlu dilakukan kajian secara komprehensif, meliputi sifat mekanik, sifat fisik, dan sifat kimiawi.

Beberapa hal perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan agar dapat digunakan khususnya dalam kedokteran gigi. Salah satunya adalah nilai kekuatan tekan material, dalam hal ini nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing dan resin batu damar. Kekuatan tekan adalah sifat mekanik suatu material. Sifat ini perlu dievaluasi untuk memprediksi kinerja klinis suatu bahan. Sifat mekanik suatu material

menentukan bagaimana material tersebut merespon terhadap gaya mekanis yang dapat menyebabkan deformasi suatu material.¹⁵ Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan nilai kuat tekan resin damar mata kucing dan resin damar batu untuk dipergunakan sebagai dasar penelitian selanjutnya dalam hal penggunaan kedua resin tersebut sebagai bahan alternatif material kedokteran gigi.

METODE

Penelitian ini merupakan studi laboratorium kuasi eksperimental. Penelitian dilakukan selama dua bulan yang dilaksanakan pada bulan Oktober hingga bulan Desember 2019 di Laboratorium Material Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Maranatha, Bandung, Indonesia. Persiapan sampel dilakukan berdasarkan *American Standard Testing Material (ASTM)* D695 untuk pengujian kekuatan tekan yang ditujukan untuk plastik rigid.¹⁶ Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk balok dengan ukuran $13 \times 13 \times 26 \text{ mm}^3$. Setiap sisi balok harus sejajar dan sama rata. Permukaan $13 \times 13 \text{ mm}^2$ diletakkan pada permukaan meja uji dan sisi dengan permukaan 26 mm merupakan permukaan resin damar yang menjadi jarak antara meja uji dan *cross head*.

Berdasarkan rumus Federer, sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah resin damar mata kucing dan resin damar batu dengan jumlah 16 resin damar mata kucing dan 16 resin damar batu. Variabel penelitian ini terdiri dari 3 variabel yaitu variabel bebas resin damar mata kucing dan resin damar batu, variabel terikat nilai kekuatan tekan resin damar, dan variabel terkendali jenis *universal testing machine* yang digunakan sama, prosedur penelitian yaitu pembuatan sampel dengan ukuran yang sama, dan uji kekuatan tekan dimana kecepatan *cross head* yang sama.

Resin damar mata kucing dan resin damar batu dibersihkan terlebih dahulu kemudian resin damar dikeringkan. Sampel dipotong menjadi bentuk balok dengan menggunakan gerinda dan amplas agar setiap sisinya sejajar dan sama rata. Untuk memastikan semua sisi sudah rata maka digunakan *waterpass*. Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) Shimadzu Autograph tipe AGS-X 1 kN dengan kecepatan *cross head* $1,0 \pm 0,25 \text{ mm/ menit}$. Spesimen diletakkan pada meja dan beban

diberikan hingga terjadi retakan pada sampel.^{16,17} Nilai kekuatan tekan (σ_c) dihitung menggunakan rumus kekuatan tekan yang didapat dari beban tekan (Newton) dibagi dengan luas penampang terkecil dari spesimen (mm^2). Setelah dilakukan pengujian, data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik dengan menggunakan metode tes analisis *Mann-Whitney* menggunakan *software SPSS Statistics* versi 22 untuk melihat perbedaan nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing dengan resin batu damar.¹⁸

HASIL

Hasil uji statistik dengan metode tes analisis *Mann-Whitney* pada tabel 1 menunjukkan nilai rerata dari 16 sampel resin damar mata kucing yang diperoleh sebesar 7,307 MPa dengan nilai simpangan baku sebesar 6,768 MPa. Nilai rerata dari 16 sampel resin damar batu sebesar 3,139 MPa dengan nilai simpangan baku sebesar 1,067 MPa. *P-value* atau nilai signifikansi yang didapatkan sebesar 0,032. H_0 diartikan sebagai nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing tidak berbeda secara bermakna dengan resin damar batu, sedangkan H_1 menunjukkan nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing berbeda secara bermakna dengan resin damar batu. Nilai 0,032 lebih kecil dari nilai probabilitas sebesar 0,05 yang dapat menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima. Terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan yang signifikan antara resin damar mata kucing dengan resin damar batu.

Tabel 1. Hasil uji Mann-Whitney

Kelompok	p-value
Damar Mata Kucing	0,032
Damar Batu	

PEMBAHASAN

Suatu bahan baik sintetik maupun alami sebelum dapat digunakan dalam bidang kedokteran gigi harus memenuhi persyaratan yang meliputi sifat kimia, sifat mekanik, sifat fisik, dan juga sifat biologi.⁷ Kekuatan tekan merupakan salah satu sifat mekanik yang dapat membantu memprediksi kinerja klinis dari suatu resin.¹⁹ Resin dapat digunakan sebagai bahan baku material kedokteran gigi bila dilihat dalam bentuk resin padat berwarna putih sampai kuning, tidak mudah menguap, dan tidak larut dalam

air.³ Contoh resin yang digunakan dalam kedokteran gigi adalah resin komposit dan resin akrilik. Resin akrilik biasanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gigi palsu, terutama basis gigi tiruan dalam kedokteran gigi. Resin diharapkan mempunyai kekuatan yang baik, tidak *brittle* dan tahan terhadap gaya kunyah.^{19,20}

Resin damar mata kucing memiliki nilai rerata kekuatan tekan yang lebih tinggi yaitu 7,307 MPa dengan nilai standar deviasi 6,768 MPa. Nilai standar deviasi relatif tinggi disebabkan data yang bersifat heterogen dikarenakan sebaran data bervariasi. Data yang bersifat heterogen dapat disebabkan karena pengklasifikasian resin damar mata kucing oleh penyortir hanya berdasarkan visual. Resin damar batu memiliki nilai rerata kekuatan tekan 3,139 MPa dengan nilai standar deviasi 1,067 MPa.

Resin damar mata kucing dipanen dengan cara melukai kulit pohnnya kemudian resin yang keluar dibiarkan mengalir dan terkumpul di lubang sadap sampai mengering dan mengeras. Secara visual resin damar mata kucing memiliki warna kuning bening dan mengkilat.² Resin damar batu merupakan resin yang keluar dengan sendirinya dari pohon yang terluka. Tetesan yang jatuh mengalami proses pengerasan alami dan menjadi gumpalan di tanah, sehingga gumpalan yang jatuh dari pohon menjadi fosil yang keras dan dapat diperoleh dengan cara menggali tanah di sekitar pohon. Resin damar batu berwarna coklat kehitaman.¹¹

Dilihat dari cara pemanenannya maka dapat diasumsikan bahwa resin damar batu lebih banyak mengandung bahan pengotor yang berasal dari tanah dibandingkan resin damar mata kucing.²¹ Hal ini didukung oleh sifat fisik resin damar, yaitu perbedaan warna dalam resin damar yang dipengaruhi oleh bahan pengotor yang terkandung dalam potongan resin.²¹ Semakin banyak pengotor di dalam potongan resin, maka warna dari resin damar akan menjadi lebih gelap.²¹

Faktor lain yang menyebabkan perubahan warna dan berhubungan dengan jumlah pengotor pada resin damar adalah lamanya penyimpanan.² Jika resin disimpan dalam waktu lama tanpa sirkulasi udara yang baik maka akan terjadi perubahan warna yang terjadi karena proses oksidasi.² Proses oksidasi menghasilkan senyawa kromofor (pembentuk warna) yaitu senyawa yang memiliki gugus $>\text{C}=\text{C}<$ atau $>\text{C}=\text{O}.$ ²¹ Selain itu, ditemukan bahwa adanya bahan pengotor yang mengikat senyawa pada resin

damar mempengaruhi nilai titik lunak resin damar.²² Resin damar dengan kandungan pengotor yang rendah akan menghasilkan nilai titik lunak yang rendah.²² Sebaliknya jika pengotor lebih banyak, maka nilai titik lunak resin damar akan lebih tinggi.²³

Kotoran yang terkandung pada resin damar batu juga dapat mempengaruhi kepadatannya. Resin damar batu memiliki tekstur yang lebih berongga dibandingkan resin damar mata kucing. Hal ini mengakibatkan resin damar batu tidak sepadat resin damar mata kucing.^{11,23} Suhu juga dapat mempengaruhi pembentukan rongga udara (void) pada resin damar batu, karena semakin tinggi suhunya maka rongga udara yang terbentuk semakin banyak dan berdampak pada penurunan nilai kekuatan resin damar.²⁴

Analisis dilakukan antara teori yang telah diuraikan dengan hasil penelitian dan ditemukan bahwa relevansi sebab akibat yang menyebabkan resin damar mata kucing memiliki nilai kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan resin damar batu. Kemungkinan ini dapat terjadi karena tiga faktor : Perbedaan cara pemanenan resin damar mata kucing dan resin damar batu, adanya pengotor pada resin damar batu, dan adanya rongga udara pada resin damar batu.

Kadar pengotor yang terkandung di dalam resin damar batu diasumsikan dapat menyebabkan resin damar batu lebih rentan dan mudah hancur ketika dilakukan uji kekuatan tekan. Pengotor yang terkandung di dalam resin damar berpengaruh dalam pembentukan rongga, meskipun hal tersebut bukan faktor tunggal.²⁴ Rongga juga dapat terbentuk karena pengaruh suhu udara lingkungan resin damar saat terbentuk.²⁴ Banyaknya rongga pada resin damar juga mempengaruhi ketahanan resin damar terhadap kekuatan tekan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan resin damar batu lebih cepat fraktur pada saat dilakukan uji kekuatan tekan dengan menggunakan *universal testing machine* dibandingkan dengan resin damar mata kucing. Deformitas yang terjadi pada resin damar mata kucing saat dilakukan uji kekuatan tekan sangat kecil sehingga tidak mudah fraktur. Meskipun secara visual resin damar batu tampak memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan resin lainnya, namun hal tersebut tidak berbanding lurus dengan kekuatan tekannya.

Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang membahas mengenai nilai kekuatan tekan resin damar mata kucing dan resin damar batu.

Keterbatasan dari penelitian ini adalah keterbatasan waktu dan tenaga dalam pembuatan tiga puluh dua sampel resin damar mata kucing dan resin damar batu sehingga memerlukan ketelitian dalam pembuatannya. Keterbatasan literasi pada penelitian sebelumnya juga menjadi kelemahan dalam penelitian ini karena penelitian sebelumnya mengenai resin damar mata kucing dan resin damar batu masih sangat minim.

Salah satu resin alami yang digunakan dalam kedokteran gigi adalah copal yang terdapat dalam kandungan *varnish*.¹ Resin damar mata kucing dan resin damar batu memiliki kandungan pengotor tetapi dengan kadar berbeda, dimana resin damar batu lebih banyak mengandung bahan pengotor.² Kedua resin tersebut memungkinkan untuk dilakukan pengenceran dan pemurnian untuk dikembangkan sebagai bahan utama dalam pembuatan *varnish*.²¹ Penelitian ini bukan merupakan penelitian yang berhenti sampai di sini. Tidak menutup kemungkinan resin damar mata kucing dan resin damar batu dapat digunakan menjadi bahan dasar pembuatan material kedokteran gigi lainnya.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penelitian tentang sifat mekanik khususnya kekuatan tekan resin damar mata kucing dan resin damar batu sehingga kedepannya dapat dikembangkan dan digunakan pada material kedokteran gigi. Kandungan bahan pengotor pada resin damar batu dan resin damar mata kucing serta sifat resin damar yang *brittle*, maka perlu dilakukan modifikasi agar dapat digunakan sebagai material kedokteran gigi.

SIMPULAN

Resin damar mata kucing dan resin damar batu memiliki perbedaan nilai kekuatan tekan

DAFTAR PUSTAKA

1. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th Ed. Missouri: Elsevier; 2013. 588 p.
2. Kuspradini H, Rosamah E, Sukaton E, Arung ET, Kusuma IW. Pengenalan jenis getah gum lateks resin. 1st Ed. Samarinda: Mulawarman University Press; 2016. 78 p.
3. Guritno WM. Damar alam untuk industri cat. J Ris Teknol Ind. 2016; 2(4): 9–17. DOI: [10.26578/jriti.v2i4.1409](https://doi.org/10.26578/jriti.v2i4.1409)
4. Maria KW, Manurung TF, Sisillia L. Identifikasi jenis pohon famili dipterocarpaceae dikawasan arboretum sylva universitas tanjungpura pontianak. J Hutan Lestari. 2016; 4(4): 527–34. DOI: [10.26418/jhl.v4i4.18162](https://doi.org/10.26418/jhl.v4i4.18162)
5. Anasis AM, Sari MYAR. Perlindungan indikasi geografis terhadap damar mata kucing (*shorea javanica*) sebagai upaya pelestarian hutan (studi di kabupaten pesisir barat propinsi lampung). J Huk Ius Quia Iustum. 2015; 22(4): 566–93. DOI: [10.20885/iustum.vol22.iss4.art3](https://doi.org/10.20885/iustum.vol22.iss4.art3)
6. Sari RK, Wistara NJ, Wijayanto A, Waluyo TK. Karakterisasi damar mata kucing dalam rangka revisi standar nasional Indonesia. J Ilmu dan Teknol Kayu Trop. 2013; 11(1): 73–81.
7. Usri K, Karlina E, Takarini V. Potensi damar indonesia sebagai bahan baku material kedokteran gigi. J Mater Kedokt gigi. 2020; 1: 1–5. DOI: [10.32793/jmkg.v9i1.557](https://doi.org/10.32793/jmkg.v9i1.557)
8. Mulyono N, Laya BW, Rusli SS. The antibacterial activity of the Indonesian stone dammar (*shorea eximia*). Biota. 2012;17:15–20. DOI: [10.24002/biota.v17i1.124](https://doi.org/10.24002/biota.v17i1.124)
9. Andhika RR, Muhamidiono, Hilwan I. Etnobotani damar pada orang rimba di Taman Nasional Bukit Duabelas. J Ilmu-ilmu Hayati. 2016; 15(1):5–13. DOI: [10.14203/beritabiologi.v15i1.2863](https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v15i1.2863)
10. Noryawati Mulyono, Christofora Hanny Wijaya, Dedi Fardiaz WSR. Identifikasi komponen kimia damar mata kucing (*shorea javanica*) dengan metode pirolisis-GC/MS. J Natur Indones. 2012;14 No. 2(1410–9379):155–9. DOI: [10.31258/jnat.14.1.155-159](https://doi.org/10.31258/jnat.14.1.155-159)
11. T Herawati, H De Foresta, D Rohadi, MR Banjade CF. Shifting cultivation policies: balancing environmental and social sustainability. Wallingford, UK: CABI; 2017. 837 p. DOI: [10.1079/9781786391797.0837](https://doi.org/10.1079/9781786391797.0837)
12. Shabrina N, Diansari V, Novita CF. gambaran penggunaan bahan amalgam, resin komposit dan glass ionomer cement (GIC) di rumah sakit gigi dan mulut unsyiah pada bulan juli-desember 2014. J Caninus Dentistry. 2016; 1(4): 9–11.
13. Sitorus Z, Dahar E. Perbaikan sifat fisis dan mekanis resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan serat kaca. dentika Dent J. 2013; 17(1): 24–9.
14. Kusters K, Pérez MR, Foresta H, Dietz T, Ros-Tonen M, Belcher B, et al. Will agroforests vanish?

- The case of damar agroforests in Indonesia. *Hum Ecol.* 2018; 36: 357–70. DOI: [10.1007/s10745-008-9168-3](https://doi.org/10.1007/s10745-008-9168-3)
15. Asiri AM, Inamuddin, Mohammad A. Applications of nanocomposite materials in dentistry. 1st ed. Duxford: Elsevier; 2018. 351 p.
 16. ASTM International. Standard test method for compressive properties of rigid plastics. Annual Book of ASTM Standards USA; 2015 p. 1–8.
 17. Ambrose K. Application handbook materials testing. Japan: Shimadzu Corporation; 2015. 468 p.
 18. Sugiyono PD. Statistika untuk penelitian. Mulyatiningsih E, editor. Bandung: CV Alfabeta; 2013. 390 p.
 19. Irawan B. Peran bahan restorasi kedokteran gigi dalam keberhasilan pembuatan restorasi. *Makassar Dent J.* 2012; 1(4):1–8. DOI: [10.35856/mdj.v1i4.61](https://doi.org/10.35856/mdj.v1i4.61)
 20. Sitorus Z, Maghfirah A, Romania Y, Humaidi S. Sifat mekanik gigi tiruan akrilik dengan penguatan serat gelas. *Indones J Appl Phys.* 2017; 4(2): 183. DOI: [10.13057/ijap.v4i02.4988](https://doi.org/10.13057/ijap.v4i02.4988)
 21. Gusti REP, Zulnely. Sifat fisiko kimia damar mata kucing hasil pemurnian tanpa pelarut. *J Penelit Has Hutan.* 2014;32(3):167–74. DOI: 10.20886/jphh.2014.32.3.167-174
 22. Ramadhiani N, Usri K, Taofik O. Perbedaan titik lunak resin damar mata kucing dengan resin damar batu. *J Mater Kedokt gigi.* 2021; 9(2): 34–8. DOI: [10.32793/jmkg.v9i2.593](https://doi.org/10.32793/jmkg.v9i2.593)
 23. Taufik CM, Astuti. Sintesis dan karakterisasi sifat mekanik serta struktur mikro komposit resin yang diperkuat serat daun pandan alas. *J Fis Unand.* 2014; 3(1): 41–7. DOI: [10.25077/jfu.3.1.%25p.2014](https://doi.org/10.25077/jfu.3.1.%25p.2014)
 24. Asrorie AK, Karlina E, Usri K. Difference in porosity value of mata kucing gum dammar and batu gum dammar. *J Int Dent Med Res.* 2021; 14(2): 529–33.