

## THE EFFECT OF PINEAPPLE (ANANAS COMOSUS L. MERR) LEAF FIBER'S VOLUME FRACTION TOWARD FLEXURAL STRENGTH OF FLOWABLE RESIN COMPOSITE

Shilfina Rufaida\*, Eko Hadianto\*\*, Muhamat Muhtar S. Abdurrohman\*\*\*

\* Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang

\*\* Departemen Dental Material Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang

\*\* Departemen Oral Biology Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Correspondence: [ekohadianto23@gmail.com](mailto:ekohadianto23@gmail.com)

### Keywords:

Flowable Resin Composite; Pineapple Leaf Fiber; Fiber Reinforced Composite; Volume fraction; Flexural Strength.

### ABSTRACT

**Background:** Composite resin is one of dental restorative materials that have a high aesthetic value. Fiber Reinforced Composite (FRC) is a combination material between polymer matrix and fiber and it is used as an alternative material to improve mechanical properties. The mechanical strength can be affected by the fraction of fiber volume used. This study aims to know the effect of fraction of pineapple leaf fiber volume to the strength of composite resin flexural with pineapple leaf fiber concentration 0%, 1%, and 1,5%.

**Method:** This study is a true experimental one with only control group design post-test. The total sample used was 27 specimens with a size 25x2x2 mm. The sample was divided into 3 groups, resin composite with a fraction of pineapple leaf fiber pineapple volume 0%, 1%, 1,5%. Flexural strength was tested by a three-point bending test in the universal testing machine.

**Result:** The result of flexural strength in flowable resin composite with fraction of pineapple leaf fiber volume 0% (99,48 MPa  $\pm$  4,38), fraction volume 1% (131,40 MPa  $\pm$  5,39) and fraction volume 1,5% (148,88 MPa  $\pm$  3,74). One way ANOVA test showed that there was a significant difference in every group. Post Hoc test showed that there was a significant difference among groups.

**Conclusion:** The fraction of pineapple leaf fiber (*Ananas Comosus L. Merr*) volume affects the flexural strength of flowable resin composite. Flowable resin composite fraction of pineapple leaf fiber volume 1,5% has the highest flexural strength.

### PENDAHULUAN

Resin komposit adalah salah satu material yang digunakan oleh dokter gigi sebagai perawatan restorasi gigi pasien karena memiliki nilai estetis yang tinggi dan warna yang sama dengan gigi. Resin komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik penggunaan atau tekniknya menjadi dua yaitu resin komposit *packable* dan *flowable*.<sup>1</sup>

Resin komposit *flowable* dapat beradaptasi pada tepi restorasi karena memiliki viskositas yang rendah sehingga mampu masuk ke dalam bagian mikroskopis kavitas dan berikatan secara rapat

pada dinding dan dasar kavitas.<sup>2</sup> Resin komposit *flowable* memiliki kekurangan yaitu memiliki sifat mekanis yang rendah.<sup>3</sup> Jumlah *filler* atau kandungan pengisi pada resin komposit *flowable* yang rendah dapat meningkatkan polimerisasi *shrinkage* dan menurunkan daya tahan kekuatan mekanis.<sup>4</sup> Salah satu dari kekuatan mekanis tersebut yaitu kekuatan fleksural. Suatu kemampuan bahan dalam menahan gaya fleksural disebut dengan kekuatan fleksural. Gaya kombinasi antara gaya kompresif (*compressive stress*) dan gaya tarik (*tensile stress*) pada restorasi gigi di daerah anterior dan posterior saat sedang

berfungsi di dalam rongga mulut disebut dengan gaya fleksural.<sup>5</sup> Bahan restorasi yang tidak mampu menahan kekuatan fleksural secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya fraktur.

Penambahan serat atau *fiber* mampu meningkatkan kekerasan dan kekuatan mekanis, salah satunya adalah kekuatan fleksural dari resin komposit *flowable*.<sup>6</sup> Campuran antara serat sebagai penguat dan matriks polimer komposit disebut dengan *Fiber Reinforced Composite* (FRC).<sup>7</sup> Serat akan diikat dan dilindungi oleh matriks dari resin komposit agar dapat bekerja dengan baik sebagai penahan gaya-gaya yang bekerja pada komposit.<sup>8</sup>

*Fiber* atau serat berdasarkan sumbernya dibagi menjadi 2 yaitu *natural fibers* atau serat alami dan *man-made fibers* atau serat buatan manusia.<sup>9</sup> Salah satu dari penggunaan serat alami adalah serat atau *fiber* dari daun nanas (*Ananas Comosus L. Merr*). Selulosa merupakan suatu komponen yang terkandung didalam serat daun nanas.<sup>9</sup> Selulosa memberikan kekerasan serta kekuatan pada serat daun nanas karena polisakarida semikristalin terkandung dalam selulosa dari serat alami.<sup>9</sup> Serat daun nanas memiliki resistensi yang tinggi pada lingkungan yang kurang baik, seperti adanya mikroorganisme, bakteri dan jamur dibandingkan dengan serat daun sisal dan serat daun jute.<sup>10</sup> Serat daun nanas memiliki kekuatan mekanis empat kali lebih baik dibanding serat jute dan serat sisal karena memiliki *aspect ratio* yang cukup besar.<sup>11</sup>

Fraksi volume serat merupakan banyaknya jumlah serat yang diberikan kedalam resin yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari suatu bahan.<sup>12</sup> Fraksi volume serat daun nanas yang berbeda yang ditambahkan pada resin komposit *flowable* akan memberikan nilai kekuatan mekanis yang berbeda, salah satunya pada kekuatan fleksural, hal tersebut terjadi karena ketebalan fiber sebagai bahan penguat tambahan

dan resin komposit yang berbeda antar kelompok perlakuan.<sup>13</sup>

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan yaitu analitik dengan rancangan penelitian *true experimental* dengan *post test only control*. Penelitian dilakukan pada 3 kelompok penelitian yaitu resin komposit menggunakan serat daun nanas dengan fraksi volume 0%, resin komposit menggunakan *fiber* daun nanas dengan fraksi volume 1%, dan resin komposit menggunakan *fiber* daun nanas dengan fraksi volume 1,5%.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: Jangka sorong SIGMA 6, *glass slide*, neraca analitik *digital jewelry scale*, *oven*, *light curing unit*, *mould*, *plastis filling instrument*, cetakan pinset, gunting, *cutter*, inkubator, *beaker glass*, masker, *stopwatch*, *thermometer* laboratorium, kuas, dan *Universal Testing Machine (UTM)*. Bahan-bahan penelitian yang digunakan diantaranya: *Fiber* daun nanas, Resin komposit *flowable nanofiller* Filtek Z350TM XT, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, larutan NaOH 6%, larutan CH<sub>3</sub>COOH 6%, *silane coupling agent*, dan vaselin.

Pertama yang dilakukan dalam penelitian yaitu menguji keaslian serat daun nanas yang akan digunakan sebagai bahan penelitian dengan metode *chesson*, kemudian dilakukan alkalisasi fiber daun nanas, dimulai dengan serat daun nanas dibasuh dengan etanol dan dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 80°C selama 10 menit, kemudian yang kedua proses alkalisasi dengan cara direbus NaOH 6% pada suhu 100°C selama 1 jam dan didiamkan hingga dingin. Serat daun nanas direndam dalam aquades selama 10 menit, dan serat daun nanas direbus kembali dengan larutan CH<sub>3</sub>COOH 6% selama 1 jam pada suhu 100 °C untuk menetralkan serat. Setelah itu keringkan

serat daun nanas ke dalam oven pada suhu 80°C selama 10 menit.

Tahap selanjutnya *fiber* daun nanas diambil satu persatu dengan pinset untuk mendapatkan *fiber* berbentuk benang-benang dan kemudian *fiber* dipotong dengan panjang 25 mm kemudian dilakukan pengukuran berat sesuai dengan rumus fraksi volume dengan rumus berikut ini<sup>14</sup>.

$$V_f = V_{\text{serat}\%} \times V_{\text{cetak}}$$

$$M_f = \rho_f \times V_f$$

$$V_m = V_{m\%} \times V_{\text{cetak}}$$

$$V_{\text{katalis}} = \frac{1}{100} \times V_m$$

Keterangan :

$V_f$  : Volume *fiber* (cm<sup>3</sup>)

$V_{\text{serat}\%}$  : Volume *fiber* (%)

$V_{\text{cetak}}$  : Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

$M_f$  : Massa *fiber* (gram)

$\rho_f$  : Massa jenis *fiber* (gram/cm<sup>3</sup>)

$V_m$  : Volume resin (cm<sup>3</sup>)

$V_{m\%}$  : Volume resin (%)

$V_{\text{katalis}}$  : Volume katalis (cm<sup>3</sup>)

Sehingga didapatkan hasil perhitungan fraksi volume sebagai berikut:

0% : 0 gram atau tidak menambah serat daun nanas.

1% : 0,0015 gram.

1,5% : 0,002 gram.

Pembuatan Spesimen *Fiber Reinforced* dengan ukuran cetakan *mould* 25 mm x 2 mm x 2 mm. Cetakan *mould* diambil untuk membuat 9 spesimen untuk resin komposit dan serat daun nanas fraksi volume 0%, 9 spesimen untuk resin komposit dan serat daun nanas fraksi volume 1%, dan 9 spesimen untuk resin komposit dan serat daun nanas fraksi volume 1,5%. Sebagai media pemisah antara cetakan dan resin komposit maka

cetakan *mould* diaplikasikan selapis tipis vaselin. Resin komposit *flowable* diaplikasikan pada *mould* dan diratakan dengan *plastis filling instrument* pada dasar cetakan. *Fiber* yang telah diletakan di atas glass slide ditetesi *silane coupling agent*. Kemudian *Fiber* tersebut dimasukan didalam cetakan *mould*. Dengan bantuan pinset, *Fiber* diaplikasikan dengan posisi horizontal dengan letak pada 1/3 dari dasar. Resin komposit dimasukan kembali ke dalam cetakan diatas *fiber*. Resin komposit ditumpatkan kemudian tumpatan dilakukan polimerisasi dengan *light cure* pada jarak 1 mm selama 20 detik dan tegak lurus dari cetakan.

Setelah polimerisasi pada tumpatan, sampel ditunggu selama 60 menit. *Conical tube* yang telah diisi aquades 1 ml disiapkan sebagai tempat sampel kemudian sampel dimasukan kedalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam. Sampel dikeringkn dengan *absorbant paper* kemudian sampel disimpan pada tempat kedap udara.

Pengujian kekuatan fleksural menggunakan *Three-point bending test* dengan alat *Universal Testing Mechine*. Kemudian spesimen diletakan pada alat dan diberi beban tertentu sampai spesimen mengalami fraktur. Kekuatan fleksural dihitung dengan menggunakan rumus<sup>15</sup> :

$$\sigma = \frac{3P.L}{2b.d^2}$$

Keterangan :

$\sigma$  = Kekuatan Fleksural (MPa)

P = Beban maksimum diberikan specimen (N)

L = Panjang spann/ *support* (mm)

b = Lebar sampel uji (mm)

d = Tebal sampel uji (mm)

Perhitungan kekuatan fleksural serat daun nanas yang ditambahkan pada resin komposit dicatat dan dilakukan analisis data. Pertama yang dilakukan pada pengujian SPSS adalah uji normalitas data dengan *Shapiro-Wilk*. Selanjutnya uji homogenitas pada data dengan Uji *Levene Statistic*. Apabila data yang dilakukan uji SPSS berdistribusi normal dan homogen, dilanjutkan dengan uji *One-Way Anova* dan uji lanjut *Post Hoc* untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat daun nanas yang berbeda terhadap kekuatan fleksural resin komposit *flowable*. Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan dan Kedokteran Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Chem-Mix Pratama Yogyakarta, Laboratorium OSCE Center Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

## HASIL PENELITIAN

**Tabel 1 Hasil rata-rata (Mpa) dan standar deviasi kekuatan fleksural pada kelompok fraksi volume *fiber* daun nanas yang berbeda yang ditambahkan pada resin komposit *flowable*.**

Kelompok	Rata-rata (MPa)	±	Standar Deviasi
0%	99,48	±	4,38
1%	131,40	±	5,39
1,5%	148,88	±	3,74

**Tabel 2. Uji *Post Hoc* LSD kekuatan fleksural pada kelompok fraksi volume *fiber* daun nanas yang berbeda yang ditambahkan pada resin komposit *flowable*.**

	0%	1%	1,5%
0%		0,000	0,000
1%	0,000		0,000

1,5%	0,000	0,000
------	-------	-------

Pada tabel 1 menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata kekuatan fleksral dari ketiga kelompok perlakuan. Kekuatan fleksural resin komposit *flowable* dengan fraksi volum serat daun nanas 1,5% (148,88 MPa ± 3,74) lebih tinggi dibandingkan kelompok lainnya. Kekuatan fleksural pada kelompok resin komposit *flowable* dengan serat daun nanas 0% atau tidak diberi serat daun nanas (99,48 MPa ± 4,38) merupakan kelompok yang menghasilkan kekuatan fleksural paling rendah dibandingkan dengan kelompok lainnya. Setelah dilakukan uji normalitas data dan homogenitas didapatkan data normal dan homogen sehingga dapat dilakukan uji *One Way ANOVA*. Hasil uji *One Way ANOVA* memiliki signifikansi data  $p < 0,05$  menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dari hasil rata-rata ketiga kelompok.

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada uji *Post Hoc* LSD kekuatan antara kelompok resin komposit *flowable* yang diberi perlakuan penambahan serat daun nanas dengan fraksi volume 0%,1%, dan 1,5% menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok yang berbeda.

## DISKUSI

Kekuatan fleksural didefinisikan sebagai kekuatan untuk menahan gaya fleksural yang merupakan gabungan dari gaya kompresif dan gaya tarik.<sup>5</sup> Perbedaan yang signifikan antara masing-masing kelompok didapatkan setelah uji analisa statistik. Hal ini membuktikan bahwa fraksi volume yang berbeda dapat mempengaruhi kekuatan fleksural yang akan dihasilkan. Pada uji lanjutan LSD, didapatkan perbedaan yang signifikan antara masing - masing kelompok spesimen yang diberi perlakuan penambahan *fiber* dengan fraksi volume 0%,1%, dan 1,5%.

Fraksi volume serat terbukti dapat mempengaruhi hasil kekuatan fleksural untuk masing – masing kelompok. Fraksi volume adalah banyaknya jumlah *fiber* yang ditambahkan kedalam resin untuk menambah kekuatan fleksural resin komposit.<sup>5</sup> Hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan ketebalan antara resin komposit dan *fiber*, perlakuan alkalisasi *fiber* daun nanas, dan pemberian bahan adhesif. Kekuatan fleksural yang dihasilkan berbeda pada setiap kelompok dapat terjadi karena perbedaan ketebalan resin komposit dan *fiber* sebagai bahan pengisi tambahan.<sup>16</sup>

Nilai kekuatan fleksural resin komposit *flowable* yang tidak diberi tambahan *fiber* daun nanas yaitu sebesar 99,48 MPa. Nilai kekuatan fleksural resin komposit *flowable* sebesar 70-120 MPa.<sup>6</sup> Hasil menunjukkan rata-rata nilai fleksural tertinggi yaitu 1488,88 MPa pada kelompok resin komposit *flowable* yang diberi fraksi volume *fiber* daun nanas sebanyak 1,5%. *Fiber* daun nanas yang diberikan kedalam resin komposit *flowable* mampu meningkatkan kekuatan fleksural karena dapat memberikan kekuatan yang merata sehingga mampu mencegah terjadinya fraktur.<sup>3</sup>

*Fiber Reinforced Composite* (FRC) dalam kebutuhan kedokteran gigi banyak digunakan sebagai bahan perawatan tertentu, seperti restorasi *onlay*, gigi tiruan cekat, pasak gigi, *space maintainer*, dan *splinting* gigi goyah.<sup>17</sup> *Fiber Reinforced Composite* (FRC) dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor selain dari fraksi volume, diantaranya jenis serat, struktur dari matriks, posisi serat, dan adanya *coupling agent* sebagai bahan adhesif.

*Fiber* atau serat berdasarkan sumbernya dibagi menjadi 2 yaitu serat alami dan serat buatan.<sup>9</sup> Serat alami memiliki kelebihan yaitu mudah didapatkan karena sumber daya yang melimpah, ramah lingkungan, serta ekonomis.<sup>3</sup> Kandungan selulosa yang tinggi dalam *Fiber* daun

nanas, menyebabkan serat daun nanas memiliki kekuatan mekanis yang tinggi.<sup>9</sup>

*Fiber* daun nanas yang digunakan dalam penelitian memiliki kandungan selulosa sebesar 69,4% sehingga mampu meningkatkan kekuatan fleksural pada resin komposit *flowable*. Selulosa merupakan salah satu kandungan serat alami yang membentuk daerah kristalin (teratur) dan *amorf* (tidak teratur) yang akan membentuk mikrofibril sebagai serat-serat selulosa sehingga menyebabkan selulosa memiliki kekuatan mekanis yang tinggi dan tidak larut dalam pelarut.<sup>17</sup>

Selulosa pada serat daun nanas memiliki gugus anhidroglukopirana yang membentuk rantai molekul serta gugus tersebut dapat berikatan dengan *coupling agent* pada resin komposit, kemudian *coupling agent* merubah sifat serat daun nanas dan membentuk ikatan antara serat daun nanas dengan matriks resin komposit.<sup>3</sup> Proses tersebut mampu memberikan resin komposit dan *fiber* tambahan berupa *fiber* daun nanas ikatan yang kuat karena bersifat hidrofobik.

Posisi serat salah satunya *tensile side* pada FRC akan mengalami kekuatan tarik terbesar dan menjadi titik awal adanya fraktur. Beban dari kekuatan fleksural yang diberikan mampu disalurkan oleh serat tambahan pada FRC sehingga perletakan serat pada *tensile side* dapat mencegah terjadinya *fracture initiation* pada bagian bawah FRC.<sup>18</sup>

Perlakuan kimia berupa pengaplikasian bahan adhesif tambahan yang tepat, salah satunya adalah *coupling agent* dapat meningkatkan kekuatan mekanisnya karena bekerja dengan meningkatkan ikatan antara matriks dari resin komposit dan serat alam.<sup>19</sup>

Alkalisasi *fiber* daun nanas merupakan proses penting untuk ikatan antara serat dengan matriks resin komposit. Serat akan bersifat hidrofobik karena adanya reaksi antara gugus

hidroksil pada *fiber* dan basa alkali yaitu NaOH, hal tersebut menimbulkan peningkatan *interfacial bonding* antara resin komposit dan serat daun nanas, selain itu alkalisasi juga mampu meningkatkan kekasaran permukaan serat karena terlarutnya senyawa *Amorf* yang menutupi ikatan serat tersebut, sehingga terjadi peningkatan ikatan antar serat.<sup>13</sup>

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa adanya pengaruh fraksi volume serat daun nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) terhadap kekuatan fleksural resin komposit *flowable*. Kekuatan fleksural resin komposit dengan fraksi volume *fiber* daun nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) 1,5% sebesar 148,88 MPa memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi dibandingkan dengan resin komposit dengan fraksi volume *fiber* daun nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) 1% sebesar 131,40 MPa dan 0% sebesar 99,48 MPa sehingga dapat dijadikan alternatif pilihan dalam penggunaan *fiber* alami sebagai bahan restorasi dalam bidang kedokteran gigi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Chem-Mix Pratama Yogyakarta, Laboratorium OSCE Center Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Laboratorium OSCE Center Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

1. McCabe, & Walls. (2014). *Applied Dental Materials* (EGC (Ed.); 9th Ed.). EGC.
2. Dhamayanti, I., & Nugraheni, T. (2013). Restorasi Fiber Reinforced Composite Pada Gigi Premolar Pertama Kanan Mandibula Pasca Perawatan Saluran Akar. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 20(1), 65.
3. Adi, H. N. S. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) Terhadap Kekuatan Fleksural Resin Komposit Flowable. Fakultas Kedokteran Gigi . Universitas Muhammadiyah Surakarta, 01, 1–7.
4. Murdiyanto, D., & Pratiwi, S. G. (2019). Pengaruh Penambahan Serat Kapas (*Gossypium Sp.*) Terhadap Kekuatan Fleksural Resin Komposit Flowable. *JIKG (Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi)*, 2(1), 1–5.
5. Septommy, C., Widjijono, W., & Dharmastiti, R. (2014). Pengaruh Posisi Dan Fraksi Volumetrik Fiber Polyethylene Terhadap Kekuatan Fleksural Fiber Reinforced Composite (*The Effect Of Position And Volumetric Fraction Polyethylene Fiber On The Flexural Strength Of Fiber Reinforced Composite*). *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 47(1), 52. <https://doi.org/10.20473/J.Djmkg.V47.I1.P52-56>
6. Powers, J. ., & Sakaguchi, R. . (2012). *Craig's Restorative Dental Materials, 13th Edition*. In *British Dental Journal* (Vol. 213, Issue 2). <https://doi.org/10.1038/Sj.Bdj.2012.659>
7. Imam, D. (2015). Pengaruh Komposisi Glass Fiber Non Dental Dan Penambahan Silane Terhadap Kekuatan Geser Fiber Reinforced Composite Sebagai Retainer Ortodonsi. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 1(1), 53–58.
8. Setyawan, P. D., Sari, N. H., & Putra, D. G. P. (2012). Pengaruh Orientasi Dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Tak Jenuh. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(1), 28–32.
9. Murdiyanto, D., & Kristi, R. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus (L.) Merr*) Terhadap Kekuatan Tekan Resin Komposit Flowable. *JIKG (Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi)*, 3(1), 5–9.
10. Hidayat, P. (2008). Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin*, 13(2), 31–35. <https://doi.org/10.20885/Teknoin.Vol13.Iss2.Ar7>
11. Todkar, S. S., & Patil, S. A. (2019). *Review On Mechanical Properties Evaluation Of Pineapple Leaf Fibre (PALF) Reinforced Polymer Composites*. *Composites Part B: Engineering*, <https://doi.org/10.1016/J.Compositesb.2019.106927>
12. Wiguna, P. A., & Aji, M. P. (2015). Sifat Mekanik Komposit Cokelat Batang Dengan Filler Biji Mete. *Indonesian Journal Of Mathematics And Natural Sciences*, 37(2), 141–145.
13. Hadianto, E. (2013). Pengaruh Penambahan Polyethylene Fiber Dan Serat Sisal Terhadap

- Kekuatan Flek- Sural Dan Impak Base Plate Komposit Resin Akrilik. IDJ, 2(2), 57–67.
14. Hadianto, E., Syifa, L. L., & Hanafie, H. F. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Fiber Sisal (Agave Sisalana) Terhadap Kekuatan Fleksural Resin Komposit. *Odonto Dental Jurnal*, 5, 139–144.
  15. Wahyu, P., Deta, P., Pramana, Y., Surata, I. W., & Kusuma, I. (2020). Karakteristik Fisik Dan Mekanik Panel Biokomposit Serat Pelepah Pisang Resin Getah Pinus Variasi Waktu Perendaman Serat Dengan Naoh. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 9(1), 840–845.
  16. Chianelli-Junior, R., Reis, J. M. L., Cardoso, J. L., & Castro, P. F. (2013). *Mechanical Characterization Of Sisal Fiber-Reinforced Recycled Hdpe Composites*. *Materials Research*, 16(6), 1393–1397. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392013005000128>
  17. Murdiyanto, D. (2017). Potensi Serat Alam Tanaman Indonesia Sebagai Bahan *Fiber Reinforced Composite* Kedokteran Gigi. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.32793/Jmkg.V6i1.260>
  18. Fatimina, A. D., Benyamin, B., & Fathurrahman, H. (2016). Pengaruh Posisi Serat Kaca (Fiberglass) Yang Berbeda Terhadap Kekuatan Fleksural Fiber Reinforced Acrylic Resin. *ODONTO: Dental Journal*, 3(2), 128. <https://doi.org/10.30659/odj.3.2.128-132>
  19. Prasetyo, D., Raharjo, W. W., & Ubaidillah. (2013). Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3D Angle Interlock. *Mekanika*, 12(1), 44–52.