

## Pengaruh minuman teh pada pemakai basis gigi tiruan nilon termoplastik terhadap penyerapan air dan stabilitas warna

Siti Wahyuni<sup>1\*</sup>, Ricca Chairunnisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara, Indonesia

\*Korespondensi: [sitiwahyuni\\_doc@yahoo.com](mailto:sitiwahyuni_doc@yahoo.com)

Submisi: 18 Februari 2020; Penerimaan: 28 April 2020; Publikasi online: 30 April 2020

DOI: [10.24198/jkg.v32i1.26371](https://doi.org/10.24198/jkg.v32i1.26371)

### ABSTRAK

**Pendahuluan:** Nilon termoplastik merupakan basis gigi tiruan yang banyak diminati oleh para dokter gigi karena memiliki beberapa keuntungan dibandingkan bahan basis gigi tiruan resin akrilik. Diantara jenis nilon termoplastik yang sering dijadikan basis gigi tiruan adalah poliamida 6 dan poliamida mikrokristalin. Poliamida Mikrokristalin merupakan poliamida generasi baru yang dibuat untuk menanggulangi kelemahan pada poliamida sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh minuman teh pada pengguna gigi tiruan nilon termoplastik terhadap penyerapan air dan stabilitas warna. **Metode:** Jenis penelitian ini adalah experimental laboratoris. Jumlah sampel terdiri dari 40 dengan ukuran diameter 15 mm ± 1 mm dan ketebalan 0.5 mm ± 0,1 mm (ISO 4049) dan terbagi menjadi 4 kelompok (kelompok A poliamida 6 dan kelompok B poliamida mikrokristalin untuk penyerapan air serta kelompok C poliamida 6 dan kelompok D poliamida mikrokristalin untuk uji stabilitas warna). Semua sampel direndam dalam larutan teh selama 7 hari. Data dianalisis dengan uji T Independen. Gambaran mikroskopis sampel diuji dengan SEM **Hasil:** Berdasarkan uji T Independen hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan diantara kelompok A dan B, C dan D. Uji T independen menunjukkan perbedaan yang signifikan diantara kelompok A dan B, C dan D (p=0,0001, p<0,05) **Simpulan:** Terdapat pengaruh minuman teh pada pengguna gigi tiruan nilon termoplastik. Poliamida Mikrokristalin memiliki penyerapan air yang lebih sedikit dan stabilitas warna yang lebih baik dibandingkan Poliamida 6.

**Kata kunci:** Nilon termoplastik, poliamida 6, poliamida mikrokristalin, penyerapan air, stabilitas warna, SEM.

### *The effect of tea on the thermoplastic nylon denture base wearers on water absorption and colour stability*

### ABSTRACT

**Introduction:** Thermoplastic nylon is a denture base mostly demanded by dentists due to its several advantages over acrylic resin denture base material. Among the types of thermoplastic nylon that are often used as denture bases are polyamide 6 and microcrystalline polyamide. Microcrystalline polyamide is the new generation of polyamides created to overcome the weaknesses of previous polyamides. The purpose of this study was to analyse the effect of tea on thermoplastic nylon denture wearers on water absorption and colour stability. **Methods:** This research was experimental laboratory research on 40 samples with a diameter of 15 mm ± 1 mm, and a thickness of 0.5 mm ± 0.1 mm (ISO 4049), divided into four groups (Group A was the polyamide 6; Group B was the microcrystalline polyamide on the water absorption; Group C was polyamide 6; and Group D was microcrystalline polyamide on the colour stability). All samples were immersed in the tea solutions for 7 days. Data were analysed with independent t-test. The microscopic structure was analysed using the scanning electron microscope (SEM). **Results:** The results showed significant differences between group A, B, C, and D. The independent t-test also showed significant differences between group A, B, C, and D (p = 0.000; p < 0.05). **Conclusion:** There is an effect of tea on the thermoplastic nylon denture wearers. Microcrystalline polyamides have less water absorption and better colour stability than Polyamide 6.

**Keywords:** Polyamide 6, thermoplastic nylon, microcrystalline polyamide, water absorption, colour stability, SEM.

## PENDAHULUAN

Nilon termoplastik merupakan nama generik salah satu jenis polimer termoplastik dan tergolong dalam kelas poliamida. Nilon diminati sebagai basis gigi tiruan karena memiliki nilai estetis yang sangat baik disebabkan tidak adanya cangkolan logam dan memiliki cangkolan yang sewarna dengan jaringan lunak, bebas dari monomer sisa, fleksibilitas yang tinggi, solubilitas rendah, tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan memiliki sifat tahan terhadap abrasi.<sup>1</sup> Nilon memiliki beberapa kelemahan, yaitu tingkat penyerapan air yang tinggi, terjadinya perubahan warna dan sulit untuk dilakukan *reline*.<sup>2</sup> Nilon merupakan polimer yang memiliki banyak jenis, hal ini sesuai dengan jumlah atom karbon yang terdapat pada rantai kimia yang membentuk poliamida tersebut, seperti poliamida 6, poliamida 6/6 dan poliamida 12. Penamaan poliamida bergantung pada jumlah monomer yang digunakan pada saat proses polimerisasi poliamida. Poliamida mikrokristalin merupakan poliamida generasi baru hasil modifikasi yang diciptakan untuk mengatasi kekurangan poliamida sebelumnya.<sup>3</sup>

Poliamida 6 memiliki rantai polimer yang pendek dengan berat molekul yang rendah, hal ini dikarenakan semakin panjang rantai suatu polimer maka semakin tinggi berat molekul polimer dan semakin tinggi titik leleh yang dimiliki polimer tersebut. Tingkat kristalinitas poliamida 6 lebih rendah dibandingkan tingkat kristalinitas poliamida mikrokristalin. Poliamida yang memiliki tingkat kristalinitas rendah lebih cenderung untuk menyerap air sehingga tingkat penyerapan air tinggi. Penyerapan air yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna pada bahan basis gigi tiruan sehingga mengurangi masa pemakaian gigi tiruan. Poliamida mikrokristalin memiliki rantai dengan struktur kristalin yang memiliki susunan atom yang teratur, kuat dan kaku.<sup>4</sup>

Penyerapan air adalah proses masuknya molekul air secara difusi diantara rantai polimer yang akan memengaruhi struktur kimia suatu bahan. Pada basis gigi tiruan polimer, batas nilai dari penyerapan air menurut ADA adalah 0,8 mg/cm<sup>2</sup> dan menurut ISO harus lebih kecil atau sama dengan 32 µg/mm<sup>3</sup>.<sup>5</sup> Air yang masuk melalui proses difusi pada basis gigi tiruan, akan berperan sebagai *plasticizer* dengan cara molekul air yang

masuk akan menempati bagian amorf pada rantai amida dan memisahkan ikatan rantai, kemudian menempati ruang antar molekul sehingga terjadi ekspansi dan menyebabkan ruang intermolekul merenggang dan tingkat penyerapan air menjadi semakin tinggi.<sup>6</sup> Penyerapan air yang tinggi pada bahan basis gigi tiruan mempengaruhi sifat material dari basis gigi tiruan.<sup>7</sup> Stabilitas warna merupakan karakteristik klinik yang sangat penting pada bahan restorasi gigi dan basis gigi tiruan. Diskolorisasi pada basis gigi tiruan dapat disebabkan oleh faktor ekstrinsik dan faktor intrinsik. Faktor ekstrinsik yang dapat menyebabkan diskolorasi pada basis gigi tiruan diantaranya adalah kebiasaan minum kopi dan teh, minuman bersoda, cairan pembersih gigi tiruan dan kebiasaan merokok.<sup>3</sup>

Teh merupakan salah satu minuman yang telah menjadi kebiasaan bagi penduduk Indonesia. Minum teh merupakan minuman pokok orang Indonesia yang dapat dinikmati kapan saja. Teh terdiri dari beberapa jenis, diantaranya teh oolong, teh hijau dan teh hitam. Teh hitam merupakan jenis teh yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia. Teh yang diproduksi dan dikonsumsi di dunia, sekitar 78% adalah teh hitam, 20% adalah teh hijau, kurang dari 2% adalah teh oolong dan sisanya adalah variasi teh lainnya yang kurang populer.<sup>8</sup> Teh memiliki kandungan seperti kafein (15%), *xanthines*, *theobromine* dan tanin termasuk flavonoid, polifenol, lemak dan vitamin C.<sup>9</sup> Perbedaan tanin dari polifenol tanaman jenis lain adalah kemampuan mengikat protein, senyawa dasar, ion logam, aktivitas antioksidan dan pigmen (zat warna).

Kebiasaan minum teh bagi pengguna gigi tiruan nilon termoplastik memiliki dampak perubahan warna pada basis gigi tiruannya. Tanin (polifenol) yang terkandung dalam teh dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna pada basis gigi tiruan. Molekul warna berpenetrasi ke dalam rantai amida dan menempati ruang antar molekul pada rantai amida sehingga menyebabkan terjadinya perubahan warna. Hasil dari penelitian Areej dkk.<sup>10</sup> menunjukkan bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dan poliamida yang direndam dalam larutan teh mengalami perubahan warna yang maksimal.<sup>10</sup> Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh minuman teh pada pengguna gigi tiruan nilon termoplastik terhadap penyerapan air dan stabilitas warna.

## METODE

Rancangan penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratoris. Sampel pada penelitian ini adalah poliamida 6 dan poliamida mikrokristalin berbentuk silindris dengan ukuran diameter  $15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  dan tebal  $0.5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$  (ISO 4049) dibagi menjadi empat kelompok dan tiap kelompok berjumlah 10 sampel. Kelompok uji penyerapan air ada 20 sampel yaitu masing-masing untuk kelompok A dan B berjumlah 10 sampel. Pada uji stabilitas warna ada 20 sampel, yaitu masing-masing untuk kelompok A dan B berjumlah 10 sampel.

Pembuatan sampel dilakukan dengan teknik *injection moulding* yaitu dengan cara dilelehkan dan diinjeksikan ke dalam kuvet di bawah tekanan. Setelah sampel dipoles, 40 sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam untuk proses pengeringan. Proses pengeringan ini merupakan prosedur dari uji penyerapan air. Setelah dikeringkan menggunakan desikator sampel ditimbang untuk mengetahui berat awal sebelum dilakukan perendaman. Sampel direndam dalam larutan teh selama 7 hari dengan suhu  $37^\circ\text{C}$  menggunakan inkubator. Setelah 7 hari perendaman, sampel dikeluarkan dan dikeringkan dengan menggunakan kain selama 15 detik, kemudian ditimbang untuk memperoleh M2. Setelah diperoleh M2, sampel dimasukkan ke desikator selama 24 jam. Sampel dikeringkan, kemudian ditimbang kembali untuk memperoleh M3. Water sorption (*Wsp*) adalah nilai penyerapan air ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ), *wet mass* (M2) berat sampel setelah perendaman ( $\mu\text{g}$ ), *final dry mass* (M3), besar sampel setelah perendaman dan dikeringkan dengan desikator ( $\mu\text{g}$ ), volume sampel ( $\text{mm}^3$ ).

Sampel untuk pengujian stabilitas warna yang berjumlah 20 sampel yaitu 10 pada kelompok C dan 10 pada kelompok D, dihaluskan menjadi bubuk halus. Bubuk halus sampel C dan D ditempatkan dalam wadah yang berbeda. Pengujian stabilitas warna menggunakan alat *UV-V spectrophotometer Shimadzu, Japan*. Alat ini hanya dapat membaca sampel dalam bentuk larutan, oleh karena itu, masing-masing sampel dari kelompok C dan D yang sudah dihaluskan dicampur dengan larutan *xylene*. Larutan kemudian dipindahkan ke kuvet kaca spektrofotometer untuk dilakukan pengujian stabilitas warna. Hasil uji Penyerapan air yang tertinggi di uji kembali dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk melihat gambaran mikroskopis dari kedua jenis sampel.

## HASIL

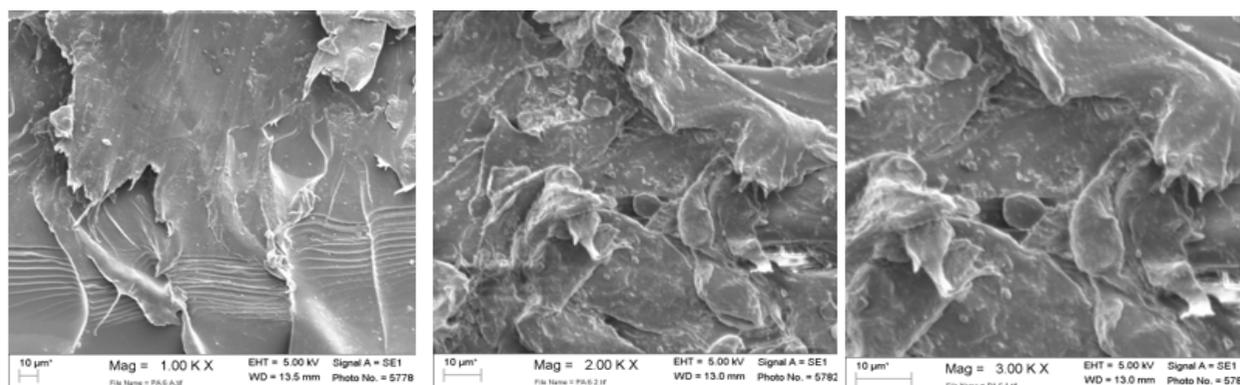
Nilai rerata penyerapan air dianalisis dengan uji Uni varian. Nilai rerata penyerapan air pada kelompok bahan basis gigi tiruan poliamida

**Tabel 1. Pengaruh penyerapan air basis gigi tiruan poliamida 6 dan poliamida mikrokristalin setelah perendaman teh**

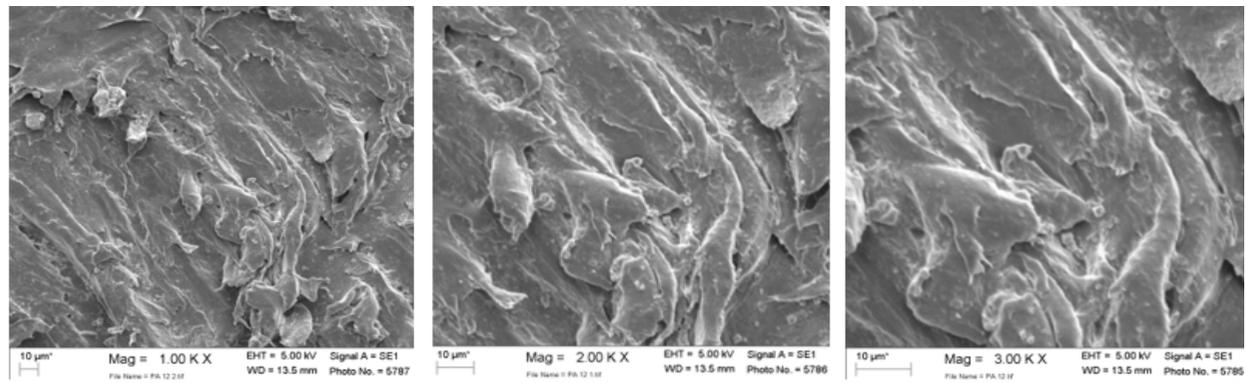
Kelompok	Penyerapan air ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )		
	N	$\pm$ SD	p
Poliamida 6 (A)	10	$13,645 \pm 0,956$	0.0001
Poliamida mikrokristalin (B)	10	$6,344 \pm 0,621$	

**Tabel 2. Pengaruh stabilitas warna basis gigi tiruan poliamida 6 dan poliamida mikrokristalin setelah perendaman teh**

Kelompok	Stabilitas warna (nm)		
	N	$\pm$ SD	p
Poliamida 6 (C)	10	$2,475 \pm 0,271$	0.0001
Poliamida mikrokristalin (D)	10	$1,617 \pm 0,109$	



**Gambar 1. Gambaran scanning electron microscopy mikroskopis basis gigi tiruan poliamida 6 setelah dilakukan perendaman teh**



Gambar 2. Gambaran scanning electron microscopy basis gigi tiruan poliamida mikrokrystalin setelah dilakukan perendaman teh

6 (kelompok A) adalah  $13,645 \pm 0,956$  sedangkan poliamida mikrokrystalin (kelompok B) adalah  $6,344 \pm 0,621$ . Nilai rerata stabilitas warna poliamida 6 (kelompok C) adalah  $2,475 \pm 0,271$  dan poliamida mikro kristalin (kelompok D) adalah  $1,617 \pm 0,109$ . Berdasarkan hasil uji T Independen menunjukkan hasil perbedaan yang signifikan antara Kelompok A dan B ( $p=0,0001$ ,  $p<0,05$ ) (Tabel 1). Untuk stabilitas warna, berdasarkan hasil uji T Independen menunjukkan hasil perbedaan yang signifikan antara Kelompok C dan D yakni  $p=0,0001$  ( $p<0,05$ ). (Tabel 2)

## PEMBAHASAN

Proses penyerapan air pada basis gigi tiruan terbagi atas dua proses, yaitu proses adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi adalah jumlah air yang terserap pada permukaan basis gigi tiruan, sedangkan absorpsi adalah proses penyerapan air ke dalam basis gigi tiruan. Pada penelitian ini kedua proses adsorpsi dan absorpsi terjadi saat perendaman teh. Poliamida memiliki kelompok polar pada rantai amidanya dan hal ini mempengaruhi sifat dari poliamida. Poliamida merupakan polimer yang tidak peka terhadap larutan non polar, namun dikarenakan adanya kelompok polar pada rantai amida menyebabkan poliamida peka terhadap larutan polar, tidak terkecuali air. Ariyani dalam penelitiannya menyatakan poliamida termoplastik merupakan polimer yang memiliki sifat hidrofilik sehingga mudah untuk menyerap air sehingga berdampak terhadap stabilitas warna basis gigi tiruan.<sup>11</sup> Adanya molekul air pada amida akan mempengaruhi sifat poliamida. Air masuk ke dalam basis gigi tiruan melalui proses difusi, molekul air menempati ruang antar molekul pada rantai

polimer dikarenakan molekul air memiliki ukuran yang kecil yaitu kurang dari  $0,28 \text{ nm}$ .<sup>12</sup>

Hasil penelitian penyerapan air pada tabel 1 terlihat nilai rerata penyerapan air poliamida 6 dan poliamida mikro kristalin belum melewati batas nilai penyerapan air pada basis gigi tiruan polimer yaitu  $32 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ .<sup>12</sup> Hasil dari penelitian ini terlihat bahwa penyerapan air poliamida 6 lebih besar dibandingkan poliamida mikrokrystalin. Penelitian ini membuktikan bahwa poliamida mikrokrystalin jauh lebih unggul dalam tingkat penyerapan air. Hal ini dikarenakan perbedaan tingkat kristalinitas yang cukup jauh antara kedua jenis poliamida tersebut. Menurut Fueki, dkk., (2014) poliamida mikrokrystalin merupakan poliamida dengan karakteristik sedikit lebih kaku dibandingkan Valplast (Poliamida 12) dan poliamida lainnya, yang artinya poliamida mikrokrystalin memiliki durabilitas yang lebih baik.<sup>2</sup> Tingkat kristalinitas yang tinggi pada poliamida mikrokrystalin menyebabkan poliamida mikrokrystalin memiliki rantai dengan struktur yang teratur, hal ini dikarenakan struktur kristalin memiliki susunan atom yang teratur, kuat dan kaku. Poliamida dengan tingkat kristalinitas yang tinggi memiliki rantai yang lebih padat dan kuat sehingga tingkat penyerapan air rendah dan lebih tahan terhadap perubahan warna.<sup>3</sup>

Penyerapan air yang tinggi merupakan salah satu kelemahan dari basis gigi tiruan poliamida, hal ini disebabkan poliamida merupakan polimer yang memiliki rantai linier sehingga lebih lemah dan cenderung untuk menyerap air, namun tingkat penyerapan air pada poliamida dapat diatasi karena poliamida merupakan polimer yang mudah dimodifikasi dengan cara meningkatkan tingkat kristalinitas pada poliamida seperti poliamida mikrokrystalin.<sup>2,13</sup> Sari, dkk (2017)

membandingkan sifat fisis dari poliamida 12 dan poliamida mikrokristalin, dan hasil menunjukkan poliamida mikrokristalin lebih unggul sifat fisiknya jika dibandingkan dengan poliamida 12. Hasil penelitian ini menunjukkan poliamida mikrokristalin lebih unggul dan hal ini disebabkan tingkat kristalinitas yang berbeda pada tiap jenis poliamida. Penyerapan air yang tinggi pada basis gigi tiruan mempengaruhi sifat material dari basis gigi tiruan, hal ini dikarenakan penyerapan air dari basis gigi tiruan menyebabkan perubahan warna, halitosis dan perubahan dimensi.<sup>7</sup>

Stabilitas warna merupakan karakteristik klinik yang sangat penting pada bahan basis gigi tiruan. Diskolorisasi pada basis gigi tiruan dapat disebabkan oleh faktor ekstrinsik dan faktor intrinsik. Faktor ekstrinsik yang dapat menyebabkan diskolorasi pada basis gigi tiruan salah satunya adalah karena kebiasaan minum teh.<sup>3</sup> Hasil penelitian stabilitas warna pada tabel 2 menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara poliamida 6 dan poliamida mikro kristalin. Stabilitas warna poliamida mikrokristalin lebih baik dibandingkan poliamida 6. Hal ini dikarenakan tingkat kristalinitas poliamida 6 lebih rendah dibandingkan tingkat kristalinitas poliamida mikrokristalin, Poliamida yang memiliki tingkat kristalinitas rendah cenderung untuk menyerap air sehingga tingkat penyerapan air tinggi. Penyerapan air yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna.<sup>4</sup>

Tingkat kristalinitas berbanding terbalik dengan penyerapan air dan perubahan warna. Semakin tinggi tingkat kristalinitas maka semakin rendah penyerapan air dan perubahan warna yang terjadi. Pada saat proses penyeduhan teh, tanin yang mengandung pigmen akan terlarut dalam air kemudian saat dikonsumsi larutan teh berkontak dengan basis gigi tiruan dan zat warna yang dimiliki teh masuk ke dalam ruang antar rantai yang ada pada poliamida bersamaan dengan masuknya molekul air ke dalam rantai amida. Semakin tinggi penyerapan air bahan basis gigi tiruan, maka semakin tinggi juga kelompok sampel menyerap zat warna sehingga basis gigi tiruan ini memiliki stabilitas warna yang rendah. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Areej dkk., (2015) yang menunjukkan bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dan poliamida yang direndam dalam larutan teh mengalami perubahan

warna yang maksimal.<sup>10</sup>

Hasil Uji SEM terlihat permukaan SEM dari kelompok poliamida 6 lebih bergelombang daripada kelompok poliamida mikrokristalin, ini dikarenakan poliamida 6 lebih tinggi nilai penyerapan airnya dibandingkan dengan penyerapan air poliamida mikrokristalin. Tingginya nilai penyerapan air akan mempengaruhi sifat fisis dan mekanis dari basis gigi tiruan nilon termoplastik. Pasien dengan kebiasaan minum teh yang menginginkan untuk memakai gigi tiruan nilon termoplastik, dapat disarankan untuk memilih basis gigi tiruan poliamida mikrokristalin. Poliamida Mikrokristalin memiliki penyerapan air yang lebih sedikit dan stabilitas warna yang lebih baik dibandingkan Poliamida 6.

## **SIMPULAN**

Terdapat pengaruh minuman teh pada pengguna gigi tiruan nilon termoplastik. Poliamida Mikrokristalin memiliki penyerapan air yang lebih sedikit dan stabilitas warna yang lebih baik dibandingkan Poliamida 6.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Keberhasilan penelitian ini tak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak dan institusi kami. Kami sangat berterima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara yang telah mendanai penelitian kami melalui dana penelitian TALENTA 2019.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Kohli S, Bhatia S. Polyamides in dentistry. *Int J of Scientific Study* 2013;1(1):20-25.
2. Fueki K, Yatabe M, Arita M, Kanamori T, Kawara M, Suzuki T dkk. Clinical application of removable partial dentures using thermoplastic resin part II. *J Prosthodont Res* 2014;58(2):71-84. DOI:[10.1016/j.jpor.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2014.03.002)
3. Sari, Fardaniah S, Masulili C. Color changing in denture base polyamide 12 and polyamide microcrystalline after polishing in laboratory and dental clinic. *J Physics Conference Series* 2017;884(1):012100 DOI:[10.1088/1742-6596/884/1/012100](https://doi.org/10.1088/1742-6596/884/1/012100)
4. Nandal S, Ghalaut P, Shekwawat H, Gulati MS. New era in denture base resins. *Dent J*

- of Advance Studies 2013; 1(3): 136-143. DOI: DOI:[10.1055/s-0038-1671969](https://doi.org/10.1055/s-0038-1671969)
5. Nguyen LG, Kopperud HM, Oilo M. Water sorption and solubility of polyamide denture base materials. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica* 2017;3(1):47-52. DOI: [10.1080/23337931.2017.1326009](https://doi.org/10.1080/23337931.2017.1326009)
  6. Baker AMM, Mead J. Thermoplastic. In: Harper CA. *Handbook of plastics, elastomers and composites*. 4<sup>th</sup> ed. 2004.
  7. Dae-Eun J, Ji-Young L, Hyun-Seon J, Jang-jae L, Mee-Kyoung S. Color stability, water sorption and cytotoxicity of thermoplastic acrylic resin for non metal clasp denture. *J Adv Prosthodont* 2015;7:278-87. DOI: [10.4047/jap.2015.7.4.278](https://doi.org/10.4047/jap.2015.7.4.278)
  8. Suma FP, Dewi N, Adhani R. Efektivitas seduhan teh hitam (*Camellia sinensis*) dalam penurunan indeks plak gigi (tinjauan pada siswa smp 2 banjarbaru). *Dentino JKG* 2016; 1(2):186-90.
  9. Mahmood T, Akhtar N, Khan BA. The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis*' tea. *J of Medicinal Plants Research* 2010;4(19):2028–33. DOI: [10.5897/JMPR10.010](https://doi.org/10.5897/JMPR10.010)
  10. Okuda T, Ito H. Tannins of constant structure in medicinal and food plants—hydrolyzable tannins and polyphenols related to tannins. *Molecules* 2011;16:2191-217. DOI: [10.3390/molecules16032191](https://doi.org/10.3390/molecules16032191)
  11. Ariyani, Nasution ID, Agusnar A. Effect of thermocycling and e-glass fiber addition on water sorption and color stability of thermoplastic nylon denture base material. *IOSR-JDMS* 2016;15(8):41-8.
  12. Hemmati MA, Vafae F, Allahbakshi H. Water sorption and flexural strength of thermoplastic and conventional heat – polymerized acrylic resins. *J Dent* 2015;13(7):478 - 84.
  13. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR, Phillips' science of dental materials, 12<sup>th</sup> ed, Elsevier, USA, 2013.