

EKSPANSI TERMAL LINIER DAN RESIDU MALAM INLEI GIGI DENGAN KOMPONEN PARAFIN INDONESIA

THERMAL LINEAR EXPANSION AND RESIDUE OF DENTAL INLAY WAXES WITH LOCAL PARAFFIN

¹Dyah Irnawati, ²Widjijono, dan Harsini³

Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada

Submitted: 12-06-2019; Revised: 01-10-2019; Accepted: 01-10-2019

ABSTRACT

Inlay wax is used for pattern of metallic inlays, crowns, and fixed partial dentures. Inlay wax must have a linear thermal expansion (LTE) and a residue that comply the standards. Inlay wax contains paraffin, carnauba, and beeswax. Paraffin and beeswax are produced in Indonesia. This study aims to examine the effect of the inlay wax compositions with paraffin and beeswax Indonesia on the LTE and residue properties. The research materials are paraffin (Pertamina, Balikpapan), beeswax (SEA, Yogyakarta), carnauba wax (Brataco Chemicals, Yogyakarta), and inlay wax (GC, Japan). Five inlay wax compositions are made with a ratio of paraffin, carnauba, and beeswax 60: 35: 5 (K-60), 65: 30: 5 (K-65), 70: 25: 5 (K-70), 75:20 : 5 (K-75), and 80: 15: 5 (K-80) (% w/w). The waxes were melted at 75 ± 5 °C then moulded for the TLE (267x6.35 x6.35 mm) and the residue (1 g) test specimens (n=4). The LTE and residue specimens were also made of paraffin, carnauba wax, beeswax, and commercial wax (n = 4). The LTE and residue tests were carried out based on ANSI/ADA specification No.4. Data were statistically analyzed by analysis of variance and LSD ($\alpha = 0.05$). Anava test results showed that composition and temperature had a significant effect on LTE ($p < 0.05$) and composition had a significant effect on residues ($p < 0.05$). The LSD test results showed a significant difference in LTE of the K-75 group with other groups and the residues of the K-75 group and K-80 group with other groups ($p < 0.05$). Inlay wax compositions with high paraffin concentrations have high LTE and residue. The value of LTE and residue of inlay wax with paraffin and beeswax from Indonesia are in accordance with the ANSI/ADA specification no. 4.

Keywords: *Inlay wax; Composition; Paraffin; Linear thermal expansion; Residue*

ABSTRAK

Malam inlei gigi digunakan untuk pembuatan malam pola inlei, mahkota, dan gigitiruan cekat dari logam. Malam inlei harus memiliki ekspansi termal linier (ETL) dan residu yang memenuhi standar. Malam inlei mengandung parafin, malam karnauba, dan malam lebah. Parafin sebagai komponen utama dan malam lebah diproduksi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh komposisi malam inlei dengan parafin dan malam lebah Indonesia terhadap sifat ekspansi termal linier dan residu. Bahan penelitian adalah parafin (Pertamina, Balikpapan), malam lebah (SEA, Yogyakarta), malam karnauba (Brataco Chemicals, Yogyakarta), dan malam inlei (GC, Jepang). Lima komposisi malam inlei dibuat dengan rasio parafin, karnauba, dan malam lebah 60:35:5 (K-60), 65:30:5 (K-65), 70:25:5

*Corresponding author: dyahirnawati_fkg@ugm.ac.id

Copyright © 2020 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

(K-70), 75:20:5 (K-75), dan 80:15:5 (K-80) (%b/b). Malam dilelehkan pada suhu 75 ± 5 °C kemudian dicetak untuk spesimen uji ETL (267x6,35 x6,35 mm) dan uji residu (1 g). Spesimen juga dibuat dari parafin, malam karnauba, malam lebah, dan malam inlei komersial (n=4). Uji ETL dan residu dilakukan berdasarkan spesifikasi ANSI/ADA No.4. Data dianalisis secara statistik dengan analisis varian dan LSD ($\alpha=0,05$). Hasil uji anava menunjukkan komposisi dan suhu berpengaruh signifikan terhadap ETL ($p<0,05$) dan komposisi berpengaruh signifikan terhadap residu ($p<0,05$). Hasil uji LSD menunjukkan perbedaan signifikan ETL kelompok K-75 dengan kelompok lain dan residu kelompok K-75 dan kelompok K-80 dengan kelompok lain ($p<0,05$). Komposisi malam inlei dengan konsentrasi parafin tinggi memiliki ETL dan residu tinggi. Nilai ETL dan residu malam inlei dengan parafin dan malam lebah produksi Indonesia telah sesuai standar Spesifikasi ANSI/ADA no. 4.

Kata kunci: Malam inlei; Komposisi; Parafin; Ekspansi termal linier; Residu

PENGANTAR

Peningkatan pemahaman dan kesadaran akan pentingnya kesehatan gigi dan mulut berdampak pada meningkatnya perawatan gigi dengan cara memperbaiki maupun merehabilitasi kondisi gigi. Perawatan konservasi gigi dapat dilakukan dengan cara penempatan gigi secara langsung maupun tidak langsung dengan restorasi yang dibuat diluar rongga mulut. Malam inlei merupakan malam gigi yang digunakan untuk membuat pola restorasi inlei, mahkota, dan gigitiruan cekat yang terbuat dari logam (Manappallil, 2016). Restorasi gigi dari logam dibuat melalui proses pengecoran dengan *lost-wax technique* atau teknik penghilangan malam (Powers dan Wataha, 2017).

Malam inlei disusun dari campuran beberapa jenis malam untuk mendapatkan sifat sifat yang sesuai dengan aplikasinya yang spesifik (McCabe dan Walls, 2008). Malam inlei terdiri dari campuran 4 atau 6 jenis malam yang berbeda, seperti parafin, karnauba, *ceresin*, dan malam lebah (Powers dan Wataha, 2017). Kandungan utama malam inlei adalah parafin dengan konsentrasi 40% hingga 60% (Manappallil, 2016).

Malam alami berasal dari mineral, tanaman, dan binatang. Parafin berasal dari mineral dan diproduksi melalui proses destilasi minyak bumi (Manappallil, 2016). Parafin merupakan hidrokarbon rantai lurus dengan 26 hingga 30 atom karbon. Parafin mengalami kontraksi volumetrik 11% hingga 15 % pada saat proses pendinginan dan pemadatan (von Fraunhofer, 2013). Parafin bersifat getas dan meleleh antara suhu 40 °C hingga 70 °C (Manappallil, 2016). Malam parafin memiliki sifat cenderung menyerpih dan tidak menghasilkan permukaan yang halus dan mengkilat saat dilakukan pengukuran (Anusavice dkk., 2013).

Malam karnauba diperoleh dari lapisan malam pada daun tanaman palem *Copernicia prunifera* yang tumbuh di negara Brazil (Manappallil, 2016). Malam karnauba merupakan campuran ester rantai lurus, alkohol, asam, dan hidrokarbon. Malam karnauba bersifat keras, getas, dan memiliki rentang leleh 84 °C hingga 90 °C (von Fraunhofer, 2013; Manappallil, 2016). Malam karnauba ditambahkan pada parafin untuk menurunkan daya alir ketika digunakan di dalam rongga mulut (Anusavice dkk., 2013). Malam lebah merupakan campuran ester, hidrokarbon, dan asam organik dengan berat molekul tinggi (von Fraunhofer, 2013). Malam lebah meleleh antara suhu 63°C hingga 73°C dan bersifat getas pada suhu ruang tetapi plastis pada suhu tubuh. Malam lebah ditambahkan pada parafin untuk mengurangi kegetasan malam (Manappallil, 2016).

Malam memiliki sifat kimia, fisik, dan mekanis yang bervariasi. Malam mempunyai titik leleh, titik nyala, dan koefisien ekspansi termal yang bervariasi (von Fraunhofer, 2013; Chemicalbook Inc, 2017). Sifat yang diharapkan dari malam inlei antara lain adalah dapat dilunakkan menggunakan api atau direndam dalam air pada suhu 54 °C hingga 60 °C, mudah diukir, memiliki sifat mengalir yang sesuai, memiliki kontraksi termal rendah, serta tidak meninggalkan residu bila dibakar (Anusavice dkk., 2013). Standar Persyaratan tentang ekspansi termal linier (ETL), dan residu malam inlei tercantum dalam spesifikasi *American National Standard/*

DYAH IRNAWATI, WIDJIJONO, DAN HARSINI ❖ EKSPANSI TERMAL LINIER DAN RESIDU MALAM INLEI GIGI DENGAN KOMPONEN PARAFIN INDONESIA

American Dental Association (ANSI/ADA) no.4 (ANSI/ADA, 2000).

Malam inlei yang beredar di Indonesia adalah produk impor karena belum ada malam inlei produksi dalam negeri. Malam parafin dan malam lebah sebagai bahan baku malam inlei banyak terdapat di Indonesia. Malam parafin merupakan hasil samping pengolahan minyak bumi yang di produksi oleh BUMN Pertamina di Cepu dan Balikpapan. Malam lebah dihasilkan dari peternakan lebah madu yang terdapat hampir di seluruh daerah di Indonesia. Malam karnauba diperdagangkan di Indonesia (Irnawati dkk., 2008).

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan parafin dan malam lebah lokal sebagai bahan baku malam inlei, malam model (*baseplate wax*), dan malam ukir (Irnawati dkk., 2008; Isnaini dkk., 2009; Widjijono dkk., 2009). Lima komposisi malam inlei dengan kandungan parafin 60% hingga 80% telah diteliti titik leleh, kekerasan, dan daya alirnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa malam ukir memiliki titik leleh dalam rentang 54, 90 °C hingga 58,80 °C dan kekerasan yang cukup baik (15,48mm hingga 20,44 mm kedalaman penetrasi) (Irnawati dkk., 2008). Sifat malam inlei lain yang dapat mempengaruhi kualitas pola malam yang dihasilkan adalah sifat ETL dan residu. Pola malam harus sesuai ukuran dan bentuknya dengan restorasi yang akan dibuat, tidak mengalami perubahan dimensi, serta dapat dihilangkan tanpa meninggalkan residu (McCabe dan Walls, 2008). Malam memiliki koefisien ekspansi termal yang tinggi. Perubahan suhu pada malam pola dapat menyebabkan perubahan dimensi sehingga mempengaruhi keakuratan pola malam. Residu malam pola pada cetakan dapat mempengaruhi kualitas restorasi (Powers dan Wataha, 2017). Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh komposisi malam inlei dengan komponen parafin dan malam lebah asal Indonesia terhadap sifat ETL dan residu.

Metode

Bahan utama dalam penelitian ini adalah : malam parafin (Pertamina, Balikpapan), malam lebah (Serangga Emas Apiari, Yogyakarta),

malam karnauba (*Brataco Chemicals, Yogyakarta*), dan malam inlei (GC, Jepang) (Gambar 1). Alat utama penelitian adalah : cetakan spesimen ETL dari logam dengan ukuran 267x6,35x6,35 mm (Gambar 2), jangka sorong digital dengan ketelitian 0,01 mm (Mitutoyo, Jepang), panci tim *stainless steel* (Bima, Surabaya), *hot plate, waterbath* (Eyela, Jepang), dan tungku pembakaran (Naber D-2804, Inggris). Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset FKG UGM dan Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas, dan Batubara, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UGM. Pengujian ETL dan residu malam inlei dilakukan berdasarkan standar ANSI/ADA spesifikasi no 4 dengan modifikasi (ANSI/ADA, 2000).



Gambar 1. Bahan baku malam inlei
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 2. Cetakan dan pemegang spesimen ekspansi termal linier. a. pemegang spesimen, b. tutup cetakan, c. cetakan.
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Lima komposisi malam inlei dibuat dengan rasio malam parafin, malam karnauba, dan malam lebah yaitu 60:35:5 (K-60); 65:30:5 (K-65), 70:25:5 (K-70), 75:20:5 (K-75), dan 80:15:5 (K-80) dalam % berat/berat. Setiap komposisi malam inlei dibuat dengan berat total 1.000 g. Malam di potong kecil kecil dan ditimbang sesuai rasio untuk masing-masing kelompok. Panci tim

bagian luar diisi dengan air, kemudian panci bagian dalam dipasang dan diletakkan di atas *hot plate* dengan suhu 75 ± 5 °C. Malam karnauba, malam lebah, dan malam parafin dimasukkan ke dalam panci, setelah meleleh diaduk agar tercampur rata dan disaring.

Spesimen uji ETL dibuat dengan cara menuangkan cairan malam ke dalam cetakan spesimen ETL yang telah dipanaskan pada suhu 55 ± 5 °C, kemudian tutup cetakan dipasang dan diberi pemberat 9.000 g selama 30 menit. Spesimen dikeluarkan dari cetakan dan disimpan dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam sebelum dilakukan pengukuran. Spesimen ETL untuk lima komposisi malam inlei, parafin, malam karnauba, malam lebah, dan malam inlei GC dibuat masing masing sebanyak 4 buah.

Pengukuran ETL malam dilakukan dengan mengukur perubahan panjang spesimen malam setelah direndam dalam *waterbath* (Eyela, Japan) pada temperatur 25°C, 30°C dan 37°C. Spesimen uji ETL dan pemegang spesimen dimasukkan ke dalam *waterbath* dengan temperatur air 25°C selama 20 menit. Spesimen di pasang pada pemegang spesimen dengan posisi salah satu ujungnya menempel pada ujung yang tertutup. Jarak antara ujung spesimen malam inlei dengan ujung pemegang spesimen diukur menggunakan jangka sorong digital dengan ketelitian 0,01 mm. Panjang spesimen adalah selisih panjang pemegang spesimen (300 mm) dengan hasil pengukuran tersebut. Selanjutnya, spesimen dan pemegang spesimen dimasukkan kembali ke dalam dalam *waterbath* suhu 30 °C dan 37 °C selama 20 menit, kemudian panjang spesimen diukur kembali dengan cara yang sama. Selisih panjang spesimen antara suhu 25 °C dan 30 °C serta antara suhu 25 °C dan 37 °C

dihitung, kemudian data ekspansi termal linier dihitung dalam persen (%).

Spesimen malam untuk uji residu ditimbang dengan berat 1 g. Cawan porselen dipanaskan pada suhu 500 °C dalam tungku, didinginkan hingga suhu ruang (23 ± 2 °C), kemudian ditimbang beratnya menggunakan timbangan analitis dengan ketelitian 0,0002 g. Cawan porselen diisi malam inlei seberat 1 g kemudian dimasukkan ke dalam tungku pada suhu ruang (23 ± 2 °C). Suhu tungku dinaikkan hingga 500°C dan dibiarkan pada suhu tersebut selama 1 jam. Selanjutnya, cawan dikeluarkan dari tungku, disimpan dalam desikator dan dibiarkan mendingin hingga suhu kamar selama 24 jam. Cawan porselen ditimbang kembali dan dicatat sebagai berat akhir cawan. Berat residu malam dihitung dari selisih berat akhir dan awal cawan porselen dan nilai residu dihitung dalam persen berat dengan tingkat ketelitian 0,02%. Data ETL dan residu malam inlei dianalisis secara statistik dengan analisis varian dan dilanjutkan dengan LSD dengan taraf signifikansi 0,05. Perhitungan statistik dilakukan menggunakan program SPSS 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai ekspansi termal linier lima komposisi malam inlei, bahan baku malam inlei, dan malam inlei komersial tertera pada tabel 1. Hasil uji anava dua jalur menunjukkan bahwa komposisi dan suhu berpengaruh secara signifikan terhadap ekspansi termal linier malam inlei ($p < 0,05$), interaksi suhu dengan komposisi tidak berpengaruh terhadap ekspansi termal linier malam inlei ($p > 0,05$).

Hasil uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kelompok K-75 dan kelompok lain ($p < 0,05$) (Tabel 2).

Tabel 1.
Nilai rerata ETL bahan baku dan malam inlei (%)

Kelompok	Rerata dan simpangan baku	
	Suhu 25 °C - 30 °C	Suhu 25°C - 37°C
Parafin	0,1400 ± 0,0316	0,2775 ± 0,0450
Malam karnauba	0,0475 ± 0,0150	0,2500 ± 0,0294

DYAH IRNAWATI, WIDJIJONO, DAN HARSINI ❖ EKSPANSI TERMAL LINIER DAN RESIDU MALAM INLEI GIGI DENGAN KOMPONEN PARAFIN INDONESIA

Lanjutan tabel 1

Kelompok	Rerata dan simpangan baku	
	Suhu 25 °C - 30 °C	Suhu 25°C - 37°C
Malam lebah	0,1575 ± 0,0450	0,3000 ± 0,0891
Malam inlei GC	0,0575 ± 0,0096	0,3175 ± 0,0946
K-60	0,1175 ± 0,0221	0,2900 ± 0,0594
K-65	0,1150 ± 0,0129	0,3650 ± 0,0723
K-70	0,1425 ± 0,0343	0,2900 ± 0,0787
K-75	0,0900 ± 0,0163	0,1850 ± 0,0252
K-80	0,1025 ± 0,0263	0,2750 ± 0,0695

Tabel 2.

Rangkuman hasil uji LSD_{0,05} ekspansi termal linier antarkomposisi malam inlei

Komposisi	K-60	K-65	K-70	K-75	K-80
K-60	-	0,0968	0,1146	0,4385*	0,1460
K-65	-	-	0,0178	0,5353*	0,2428
K-70	-	-	-	0,5531*	0,2606
K-75	-	-	-	-	0,2925*
K-80	-	-	-	-	-

Keterangan: * = signifikan

Nilai rerata dan simpangan baku persentase residu lima komposisi malam inlei, bahan baku malam inlei, dan malam inlei komersial dapat dilihat pada tabel 3. Hasil uji anava satu jalur menunjukkan bahwa komposisi berpengaruh terhadap persentase residu malam inlei ($p < 0,05$). Hasil uji LSD menunjukkan perbedaan signifikan kelompok K-75 dan K-80 dengan kelompok lainnya (Tabel 4).

Tabel 3.

Nilai rerata dan simpangan baku residu bahan baku dan malam inlei (%)

Kelompok	Rerata dan simpangan baku
Parafin	0,0501 ± 0,0069
Malam karnauba	0,0149 ± 0,0056
Malam lebah	0,3099 ± 0,0558
Malam inlei GC	0,0374 ± 0,0050
K-60	0,0175 ± 0,0050
K-65	0,0174 ± 0,0049
K-70	0,0250 ± 0,0052
K-75	0,0383 ± 0,0095
K-80	0,0572 ± 0,0097

Tabel 4.

Rangkuman hasil uji LSD_{0,05} residu antarkomposisi malam inlei

Komposisi	K-60	K-65	K-70	K-75	K-80
K-60	-	0,0005	0,0076	0,0209*	0,0397*
K-65	-	-	0,0076	0,0209*	0,0398*
K-70	-	-	-	0,0133*	0,0322*
K-75	-	-	-	-	0,0186*
K-80	-	-	-	-	-

Keterangan: * = signifikan

Malam gigi dapat dibuat dari campuran malam sintetis dan malam alami dengan tambahan bahan lain. Malam alami masih menjadi komponen utama malam gigi, meskipun pemakaian malam sintetis mulai meningkat. Komponen utama malam inlei adalah malam hidrokarbon. Salah satu komposisi malam inlei terdiri dari malam hidrokarbon sekitar 70 % (parafin 60% dan *ceresin* 10%), malam tumbuhan karnauba 25%,

dan malam insekta lebah 5 %, (von Fraunhofer, 2013).

Malam akan mengalami ekspansi yang signifikan jika dipanaskan (Powers dan Wataha, 2017). Sifat ETL malam berhubungan dengan kekuatan gaya valensi sekunder. Malam yang memiliki gaya valensi sekunder lemah akan mudah diatasi oleh energi yang diabsorpsi selama peningkatan suhu, sehingga terjadi banyak gerakan komponen malam dan menghasilkan ekspansi termal yang besar. Malam dengan gaya valensi sekunder yang kuat (terdapat pada malam yang memiliki konsentrasi ester yang tinggi) akan membatasi gerakan komponen malam sehingga koefisien ekspansi termal malam menjadi kecil (Powers dan Sakaguchi, 2006). Malam yang berasal dari mineral umumnya memiliki koefisien ekspansi termal linier yang lebih tinggi dibandingkan dengan malam yang berasal dari tanaman. Hal ini terjadi karena malam yang berasal dari mineral hanya mengandung hidrokarbon, sedangkan malam yang berasal dari tanaman selain hidrokarbon juga mengandung ester (von Fraunhofer, 2013). Malam parafin berasal dari mineral dan malam karnauba berasal dari tanaman, maka koefisien ekspansi termal malam parafin lebih tinggi dari malam karnauba.

Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan ekspansi termal linier malam inlei pada komposisi dengan rasio parafin terhadap malam karnauba yang lebih tinggi, tetapi peningkatan tersebut hanya terjadi hingga kelompok K-70 kemudian terjadi penurunan pada kelompok K-75 dan K-80. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa perbedaan signifikan hanya terdapat antara kelompok K-75 dan kelompok lainnya. Komposisi malam inlei dengan kandungan malam parafin yang tinggi akan memiliki ekspansi termal linier yang tinggi bila dibandingkan dengan komposisi dengan kandungan malam parafin yang rendah. Akan tetapi, hasil penelitian ini pada komposisi dengan persentase malam parafin yang tinggi tidak menunjukkan ekspansi termal linier yang tinggi pula. Persentase ekspansi termal linier

malam parafin sekitar 1,5 kali dari malam karnauba, namun demikian kontribusinya pada persentase ekspansi termal linier malam inlei tidak tampak signifikan. Hal ini diperkirakan terjadi karena sifat dasar malam yang sensitif terhadap suhu dan tergantung pada komposisi akan sedikit berubah bila berbagai malam dicampur, meskipun respon terhadap perubahan suhu tersebut tidak bisa ditiadakan (McMillan dan Darvell, 2000).

Komponen malam parafin tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap persentase ekspansi termal linier malam inlei tetapi persentase tersebut masih berada di dalam rentang antara malam karnauba (0,055%) dan malam parafin (0,140%). Hal tersebut berhubungan dengan koefisien ekspansi termal malam inlei yang berada diantara malam parafin dan malam karnauba (von Fraunhofer, 2013).

Hasil uji anava satu jalur menunjukkan bahwa suhu berpengaruh secara signifikan terhadap ekspansi termal linier malam inlei. Antara suhu 25°C hingga 37°C ekspansi termal linier malam inlei lebih besar dibandingkan dengan antara suhu 25°C hingga 30°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekspansi termal linier malam inlei lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya sifat malam yang mengalami ekspansi bila dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi dan perbedaan kecepatan ekspansi pada rentang yang berbeda. Malam inlei yang suhunya dinaikkan dari suhu 25 °C hingga 30 °C dan 37 °C akan mengalami ekspansi termal linier. Peningkatan suhu akan meningkatkan besarnya ekspansi termal linier, maka peningkatan suhu hingga 37 °C mempunyai nilai ekspansi termal linier yang lebih besar dari peningkatan hingga suhu 30 °C.

Ekspansi termal linier malam inlei antara suhu 25°C hingga 30°C lebih kecil dari suhu 25 °C hingga 37°C. Hal ini dapat terjadi karena rentang antara suhu 25°C hingga 30°C lebih kecil dari suhu 25 °C hingga 37°C. Beberapa jenis malam memiliki kecepatan ekspansi termal yang berbeda pada rentang suhu yang berlainan, paling tidak dua kecepatan

ekspansi antara suhu 22 °C dan 52 °C. Perubahan kecepatan ekspansi ini terjadi pada titik transisi, pada titik ini bagian struktural internal menjadi lebih bebas untuk bergerak. Selama transisi tersebut rantai hidrokarbon malam mineral menjadi bebas untuk rotasi sehingga setelah malam dipanaskan melewati titik transisinya, malam menjadi bebas untuk mengembang (Powers dan Sakaguchi, 2006). Malam inlei pada rentang suhu 25°C hingga 30°C diperkirakan kecepatan ekspansinya relatif masih rendah sehingga persentase ekspansi termal linier juga lebih kecil bila dibandingkan dengan rentang suhu 25 °C hingga 37°C.

Penghilangan pola malam inlei dari dalam cetakan dilakukan dengan cara pembakaran. Malam inlei akan menguap dan mengalami dekomposisi ketika dipanaskan (Darvell, 2009). Panas api akan menguapkan molekul malam yang kemudian bereaksi dengan oksigen di udara sehingga mengalami oksidasi atau terbakar dalam nyala api. Hasil reaksi tersebut adalah air dan karbon dioksida yang menghilang di udara sekitarnya (Helmenstine, 2018). Produk malam parafin memiliki titik nyala 199 °C, malam lebah 254 °C dan malam karnauba 282 °C (Chemicalbook Inc, 2017).

Malam parafin memiliki titik nyala lebih rendah dari malam karnauba, sehingga secara teoritis malam inlei dengan persentase malam parafin yang tinggi akan lebih cepat menyala dan terbakar sehingga memiliki residu yang kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa malam merupakan senyawa hidrokarbon yang dapat terbakar secara sempurna. Nyala api akan mengkonsumsi malam sepenuhnya dan tidak meninggalkan residu abu atau malam (Helmenstine, 2018). Pengujian residu malam inlei dilakukan dengan pembakaran dilakukan pada suhu 500 °C, lebih tinggi dari titik nyala malam parafin, malam karnauba, dan malam lebah, sehingga seluruh komponen malam terbakar tanpa sisa. Rasio malam parafin dan karnauba tidak mempengaruhi residu dan menyebabkan penurunan residu pada komposisi dengan parafin yang tinggi.

Malam parafin, malam karnauba, dan malam lebah dalam komposisi malam inlei yang digunakan dalam penelitian ini adalah malam alami. Malam alami memiliki tingkat kemurnian yang lebih rendah dari malam sintetis karena adanya kontaminan yang biasa terdapat pada malam alami (Powers dan Sakaguchi, 2006). Malam inlei dengan rasio malam parafin tinggi memiliki residu yang tinggi pula. Hal ini diperkirakan karena malam parafin memiliki residu yang lebih tinggi dibandingkan dengan malam karnauba, sehingga komposisi dengan rasio parafin tinggi akan memiliki residu yang tinggi.

Pembuatan malam inlei dilakukan dengan pelelehan dan penyaringan cairan malam menggunakan kain kasa setelah campuran malam inlei mencair. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kontaminan pada malam. Diperkirakan, residu pada malam parafin tidak dapat hilang seluruhnya dan tidak dapat terbakar secara sempurna pada suhu pengujian residu (500 °C) sehingga malam inlei masih memiliki residu yang tinggi sesuai dengan peningkatan rasio malam parafin.

Salah satu persyaratan utama malam pola yang digunakan secara direk maupun tidak terjadi perubahan dimensi pada pola malam (McCabe dan Walls, 2008). Perubahan dimensi dapat terjadi karena adanya ekspansi maupun kontraksi malam inlei akibat perubahan suhu. Persyaratan ekspansi termal linier malam inlei adalah dari suhu 25°C hingga 30°C malam inlei tidak boleh mengalami ekspansi lebih dari 0,2% dan dari suhu 25°C hingga 37°C tidak boleh lebih dari 0,6% (ANSI/ADA, 2000).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekspansi termal linier malam inlei bervariasi antara 0,0900% dan 0,1425% (suhu 25°C hingga 30°C) dan berkisar dari 0,1850% hingga 0,3650% (dari suhu 25°C hingga 37°C). Nilai ekspansi termal linier seluruh komposisi malam inlei tersebut memenuhi standar ANSI/ADA. Persentase ekspansi termal linier malam inlei GC buatan Jepang yang beredar di pasaran Indonesia adalah 0,0575% (suhu 25°C hingga 30°C) dan 0,3175% (suhu 30°C hingga 37°C).

Hasil penelitian ini mempunyai persentase ekspansi termal linier yang lebih tinggi antara suhu 25°C hingga 30°C dan lebih rendah antara suhu 25°C hingga 37°C bila dibandingkan dengan produk malam inlei GC.

Syarat lain malam pola setelah dibentuk cetakan untuk pengecoran adalah malam harus dapat dihilangkan dengan metode perebusan atau pembakaran tanpa ada residu (McCabe dan Walls, 2008). Persyaratan residu malam inlei menurut standar ANSI/ADA spesifikasi no. 4 yaitu bila malam inlei dipanaskan pada suhu 500°C tidak boleh meninggalkan residu padat lebih dari 0,1% dari berat awal spesimen (ANSI/ADA, 2000). Hasil penelitian menunjukkan residu malam inlei bervariasi dari 0,0174% (K-65) hingga 0,0572% (K-80). Nilai residu malam inlei dalam penelitian ini lebih kecil dari 0,1% sehingga semua komposisi malam inlei dalam penelitian ini dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi ANSI/ADA no.4 untuk malam inlei. Persentase residu lima komposisi malam inlei yang diteliti bervariasi, ada yang lebih rendah dan ada yang lebih tinggi dari persentase residu produk malam inlei GC yaitu 0,0374%.

Komposisi dasar malam inlei dengan bahan baku parafin dan malam lebah produksi Indonesia telah diteliti aspek titik leleh, kekerasan, daya alir, ekspansi termal linier, dan residu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi dasar tersebut dapat memenuhi persyaratan yang ada. Namun demikian, perlu diketahui performa malam inlei saat digunakan yaitu sifat daya alir, *softening* dan *chipping*. Selain hal tersebut, perlu disusun komposisi malam inlei yang lengkap dan dapat diproduksi (dengan pewarna, bahan tambahan, dan bahan pengisi) dan diteliti kembali stabilitas sifat-sifatnya.

SIMPULAN

Komposisi malam inlei dengan konsentrasi parafin yang tinggi memiliki ekspansi termal linier dan residu yang tinggi. Ekspansi termal linier malam inlei dari suhu 25 °C hingga 37 °C lebih besar dibandingkan dengan dari suhu 25 °C hingga 30 °C. Komposisi malam inlei yang diteliti telah memenuhi persyaratan ekspansi

termal linier dan residu Spesifikasi ANSI/ADA no. 4 untuk malam inlei. Perlu diteliti lebih lanjut sifat lain, yaitu daya alir, *softening* dan *chipping* malam inlei sebagai malam pola di kedokteran gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/ADA. (2000). "ANSI/ADA Specification No.4-1983 Dental inlay casting wax". Chicago: Council on Science Affairs ADA.
- Anusavice, K.J., Shen, C., dan Rawls, H.R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials*. Edisi ke 12. St. Louis: Elsevier Science.
- Chemicalbook Inc. (2017). "*Paraffin wax, carnauba wax, and beeswax properties*". Diakses pada tanggal 20 April 2019. Dapat diakses di: <https://www.chemicalbook.com>
- Darvell, B.W. (2009). *Materials science for dentistry*. Edisi ke 9. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Isnaini, F., Irnawati, D., dan Siswomihardjo, W. (2009). Efek Komposisi Parafin Dan Malam Lebah Terhadap Ekspansi Termal Linier Malam Model. *Dental Journal*, 14(24): 8-11.
- von Fraunhofer, J.A. (2013). *Dental Materials at a glance*. Edisi kedua. Oxford: Wiley Blackwell.
- Helmenstine, A.M. (2018). "*Find out what happens to candle wax when a candle burns*". Diakses pada tanggal 21 Mei 2019. dapat diakses di: <https://www.thoughtco.com/where-does-candle-wax-go-607886>.
- Irnawati, D. Widjijono, dan Agustiono, P. (2008). Pengaruh komposisi malam ukir terhadap titik leleh dan kekerasan. *M.I. Kedokteran Gigi*, 23(3):123-128.
- Manappallil, J.J. (2016). *Basic Dental Materials*. Edisi ke empat. New Delhi: Jaypee Brother Medical Publisher.

**DYAH IRNAWATI, WIDJIJONO, DAN HARSINI ❖ EKSPANSI TERMAL LINIER DAN RESIDU
MALAM INLEI GIGI DENGAN KOMPONEN PARAFIN INDONESIA**

- McCabe, J.F. dan Walls, A.W. (2008). *Applied Dental Materials*. Edisi ke sembilan. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- McMillan, L.C. dan Darvell, B.W. (2000). Rheology of Dental Waxes. *Dental Materials*, 16: 337-350.
- Powers, J.M. dan Sakaguchi, R.L. (2006). *Craig's Restorative Dental Materials*. Edisi ke duabelas. St. Louis: Mosby Elsevier.
- Powers, J.M. dan Wataha, J.C. (2017). *Dental Materials Foundations and Applications*. Edisi ke sebelas. St. Louis: Elsevier.
- Widjijono, W., Agustiono, P. dan Irnawati, D. (2009). Mechanical properties of carving wax with various Carbentolite filler composition. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 42(3): 114-117.