

**MATERIAL RESIN KOMPOSIT UNTUK
PERAWATAN KEDOKTERAN GIGI:
DARI MASA LAMPAU KE ERA BARU**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Biomaterial Komposit Kedokteran Gigi
pada Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
Tanggal 4 Januari 2024**

**Oleh:
Prof. Dr. drg. Siti Sunarintyas, M.Kes**

Bismillaahirrahmaanirrohiim

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Salam sehat dan sejahtera untuk kita semua,

Yang saya hormati,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
Gadjah Mada,

Rektor dan para–Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah
Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas
Gadjah Mada,

Para Guru Besar di Universitas Gadjah Mada,

Dekan dan Wakil Dekan, Direktur, dan Kepala di lingkungan
Universitas Gadjah Mada,

Ketua dan Sekretaris Senat Fakultas Kedokteran Gigi Universitas
Gadjah Mada,

Para Ketua Departemen dan Ketua Program Studi di Lingkungan
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada,

Segenap Sivitas Akademika Universitas Gadjah Mada,

Para Tamu Undangan, Dosen, Teman Sejawat, Sanak Keluarga, dan
Hadirin yang berbahagia.

Alhamdulillahirabbil ‘alamin.

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga pada hari ini kita dapat hadir, baik luring di Balai Senat Universitas Gadjah Mada, maupun daring di tempat masing-masing, pada upacara pengukuhan Guru Besar Universitas Gadjah Mada dalam keadaan sehat walafiat. Perkenankan saya mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Gadjah Mada, Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed., Sp.OG(K), Ph.D., yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar dalam bidang Ilmu Biomaterial Komposit Kedokteran Gigi dengan judul:

Material Resin Komposit untuk Perawatan Kedokteran Gigi: dari Masa Lampau ke Era Baru

Pidato ini merupakan fase penting dalam perjalanan karier akademik saya, di samping sebagai kontribusi terhadap keilmuan dan kelembagaan yang saya banggakan. Melalui judul yang saya ambil, saya ingin mengajak hadirin untuk mengetahui dengan singkat tentang material resin komposit yang banyak digunakan dalam perawatan di bidang kedokteran gigi, beserta perkembangannya.

Pidato akan saya awali dengan latar belakang tingginya penggunaan material resin komposit untuk perawatan di bidang kedokteran gigi, definisi material komposit dan resin komposit, selanjutnya perjalanan material resin komposit membersamai perawatan di bidang kedokteran gigi. Tinjauan perjalanan material resin komposit ditekankan pada aspek perkembangan material berdasarkan komponen penyusun, kebutuhan perawatan gigi, ketersediaan material, keamanan material, dan perjalanan penelitian selaras dengan kemajuan teknologi.

Hadirin Rapat Terbuka Dewan Guru Besar yang saya hormati,

Gigi mempunyai fungsi penting dalam sistem stomatognasi yang meliputi proses pengunyahan (mastikasi), penelanan, bicara (fonasi), bernafas dan fungsi lain terkait, di samping fungsi estetik dan mempertahankan jaringan pendukung gigi (Torres, 2020). Gigi dapat mengalami kerusakan karena karies, trauma mekanis (fraktur), atrisi, abrasi, dan erosi (Ritter dkk., 2019). Hilangnya jaringan keras gigi dapat mengganggu sistem stomatognasi dan estetik, oleh karena itu perlu dilakukan perawatan restorasi gigi.

Ada beberapa macam material yang digunakan pada perawatan restorasi gigi saat ini. Persentase penggunaan material restorasi gigi oleh dokter gigi sejak tahun 1981: resin komposit (44%), amalgam (40,9%), glass ionomer, glass ionomer modifikasi resin, dan kompomer (13,4%), serta material lain (1,7%) (Aminoroaya dkk., 2021). Resin komposit banyak dipilih terutama karena mempunyai nilai estetik tinggi, kemampuan restorasi langsung, di samping sifat mekanis, fisis, dan biokompatibilitas yang baik.

Material Komposit dan resin komposit

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Sebelum membahas tentang perkembangan material resin komposit, perlu penyamaan persepsi penggunaan istilah material komposit dan resin komposit. Sering kali, penyebutan istilah material komposit di bidang kedokteran gigi dimaknai sebagai resin komposit yang digunakan untuk menumpat gigi. Padahal pengertian material komposit berbeda dengan resin komposit. Material komposit mempunyai definisi lebih luas, tidak hanya sebatas material yang digunakan untuk menumpat gigi saja.

Penggolongan biomaterial secara umum di bidang *science* mengklasifikasikan material menjadi empat golongan, yaitu: logam, keramik, polimer, dan komposit. Ke empat golongan ini jauh berbeda satu sama lain dalam hal kepadatan, kekakuan, sifat, metode pemrosesan, aplikasi dan biaya (Darvell, 2018).

Material komposit adalah produk kombinasi dua atau lebih fasa material. Sifat material komposit berada di antara material penyusunnya. Penggabungan fasa-fasa material yang berbeda memiliki keuntungan dapat membuat material baru yang memiliki sifat atau karakteristik seperti yang diinginkan, yang tidak dapat dicapai hanya dengan satu material saja (McCabe dan Walls, 2011). Material komposit yang banyak digunakan untuk perawatan restorasi gigi merupakan kombinasi antara material golongan polimer dan keramik. Material keramik tunggal tidak dapat melekat pada permukaan gigi. Polimer berfungsi sebagai matriks yang mengikat partikel keramik. Keramik berfungsi sebagai material pengisi dan penguat. Penggunaan polimer saja tidak dapat mencapai kekakuan dan stabilitas material yang mencukupi seperti yang diinginkan. Kombinasi partikel keramik dan polimer mewujudkan material baru komposit yang mempunyai sifat seperti yang diharapkan. Komposit dengan matriks polimer resin dikenal sebagai **material resin komposit**. Material resin komposit di bidang kedokteran gigi saat ini banyak digunakan antara lain untuk perawatan penutup kavitas (*sealant* dan tumpatan), restorasi intra dan ekstra-korona, restorasi sementara, vinir, elemen gigi tiruan, semen, pasak gigi (*build core*), dan lain lain (Anusavice dkk., 2013).

Material Resin Komposit Kedokteran Gigi, dari Masa Lampau ke Era Baru

Hadirin Rapat Terbuka Dewan Guru Besar yang saya hormati,

Pemikiran tentang material komposit telah ada sejak 1500 tahun sebelum masehi ketika bangsa Mesir menggunakan jerami untuk memperkuat tanah liat yang digunakan sebagai bahan membuat rumah. Era material komposit modern dimulai sejak 1935 ketika Owens-Corning memperkenalkan pembuatan serat/fiber gelas. Gelas berbentuk balok yang mempunyai kekuatan 170 MPa dapat meningkatkan kekuatannya menjadi 3448 MPa (40 kali lipat) ketika dibentuk menjadi serat berdiameter 10 mikron dengan penambahan bahan plastik. Material komposit ini disebut sebagai *Glass Fiber Reinforced Plastics* (GFRP) (Tencom, 2022). Sejak saat itu bermunculanlah serat atau penguat baru seperti karbon, boron, kevlar, dan sebagainya. Selain itu juga muncul berbagai jenis matriks baru dengan sifat fisis, mekanis, kimiawi yang bervariasi.

Material resin komposit yang digunakan di kedokteran gigi mulai dikenal pada tahun 1960 ketika Bowen mengkombinasikan epoksi dan akrilat. Percobaan Bowen menghasilkan pengembangan molekul *bisphenol A glycidil methacrylate* (bis-GMA) yang menjadi matriks resin komposit saat ini. Sejak saat itu, resin komposit bis-GMA menjadi primadona perawatan restorasi gigi menggantikan silikat, resin akrilik, dan amalgam, karena mempunyai sifat estetika yang baik (warna dan struktur menyerupai gigi), dan kekuatan kompresi tinggi, (2018).

Material resin komposit kedokteran gigi dapat dideskripsikan sebagai material restorasi yang terdiri dari empat komponen, yaitu: matriks polimer organik (bis-GMA), partikel pengisi anorganik (*filler*) dan penguat (*reinforcement*) yang bervariasi dalam komposisi, ukuran dan bentuk, serta material perekat (*coupling agent*) yang secara kimiawi merekatkan matriks dan *filler/reinforcement*, serta sistem aktivator dan inisiator untuk polimerisasi resin (Zhou dkk., 2019).

Perkembangan Matriks Resin Komposit

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Matriks resin komposit yang banyak digunakan pada produk komersial saat ini adalah *bisphenol A glycidil methacrylate* (bis-GMA). Matriks bis-GMA memiliki rantai monomer difungsional panjang dan kuat, cincin bensen, dan polimer berikatan silang, sehingga memiliki kekentalan tinggi. Untuk mengurangi viskositas tinggi, sering ditambahkan kopolimer dengan berat molekul lebih rendah dari bis-GMA, misalnya *triethylene glycol dimethacrylate* (TEGDMA). Resin TEGDMA memiliki dua ikatan ganda reaktif pada kedua ujungnya seperti bis-GMA. Penggunaan TEGDMA membuat resin lebih bersifat fleksibel dan tidak mudah rapuh (Anusavice dkk., 2013).

Penelitian terhadap resin komposit dengan matriks bis-GMA-TEGDMA menunjukkan penyerapan air tinggi, pengerutan volumetrik tinggi, dan adanya efek potensial estrogenik yang diakibatkan oleh komponen terlepas dari resin komposit saat berkontak dengan cairan (Kingman dkk, 2012). Penelitian Maserejian dkk. (2016) menunjukkan deteksi komponen *bisphenol A* (BPA) pada saliva dan urine pasien beberapa saat setelah penumpatan resin komposit. Hal ini menimbulkan kekhawatiran timbulnya potensi efek estrogenik terutama pada pasien anak-anak. Beberapa tahun terakhir ini, isu potensi keberadaan BPA dalam tubuh sebagai hasil degradasi produk plastik dan resin telah menimbulkan perhatian khusus. Senyawa BPA dapat mengikat reseptor estrogen dan mempengaruhi proses kimiawi dan biologis dalam tubuh, seperti pertumbuhan, perbaikan sel, perkembangan janin, tingkat energi, dan reproduksi (Becher dkk., 2018; Marzouk dkk., 2019).

Penelitian Moharamzadeh dkk. (2009) melaporkan bahwa bis-GMA merupakan monomer yang paling sitotoksik di antara 35 monomer resin kedokteran gigi yang dievaluasi. Penelitian lain melaporkan bahwa bis-GMA mempunyai potensi hemolitik sehubungan dengan struktur hidrolitiknya (Hedge dan Wali, 2015). Kelemahan sistem matriks bis-GMA-TEGDMA menyebabkan beberapa peneliti mencari alternatif lain dari sistem matriks ini, di antara-

nya pemakaian *urethane dimethacrylate* (UDMA). Resin UDMA memiliki viskositas lebih rendah daripada bis-GMA sehingga memfasilitasi pertambahan jumlah *filler* tanpa harus menambahkan monomer dengan berat molekul rendah sebagai pengencer. Keuntungan lain dari resin UDMA yaitu tidak mengandung komponen BPA. Selain hal tersebut, struktur alifatik UDMA menyebabkan sitotoksitas UDMA lebih rendah dibandingkan dengan bis-GMA yang mempunyai struktur aromatik (Moharamzadeh dkk., 2007). Kelemahan resin UDMA adalah sifat yang lebih rapuh dan memiliki pengerutan lebih besar dibanding bis-GMA. Hal ini disebabkan karena UDMA mempunyai rantai molekul lebih pendek daripada bis-GMA. Selain hal tersebut, UDMA tidak memiliki ikatan hidrogen intermolekuler tinggi seperti bis-GMA, sehingga sifat adhesinya lebih rendah (Lemon dkk., 2007).

Alternatif lain dari bis-GMA adalah pemakaian matriks resin 1,6 *hexanediol dimethacrylate* (HDDMA) yang mempunyai struktur linier. Resin HDDMA mempunyai gugus reaktif mirip bis-GMA. Resin HDDMA mempunyai viskositas rendah, monomer reaktif dengan volatilitas rendah, hidrofobik, dan pelarut yang baik untuk polimerisasi radikal bebas (Zhang dkk., 2014). Evaluasi terhadap pelepasan monomer residu matriks resin berbasis HDDMA campuran I (HDDMA+MMA) menunjukkan bahwa matriks resin HDDMA melepaskan monomer residu lebih sedikit dibanding bis-GMA+MMA (Sunarintyas dkk., 2014). Penelitian lebih lanjut terhadap sitotoksitas resin HDDMA campuran I menunjukkan bahwa paparan resin HDDMA pada sel fibroblas menunjukkan viabilitas sel lebih tinggi (67,73%) daripada bis-GMA (64,36%) (Sunarintyas dkk., 2016a). Penelitian terhadap efek biomekanis dan fisis resin HDDMA campuran I menunjukkan kekuatan fleksural dan kekerasan yang sebanding dengan resin bis-GMA (Sunarintyas dkk., 2016b), dan besar penyerapan air yang setara di antara keduanya (Siswomihardjo dkk., 2016).

Pengembangan matriks resin HDDMA campuran I menjadi campuran II menggunakan kombinasi HDDMA+TEGDMA pada berbagai persentase rasio berat menunjukkan bahwa sitoviabilitas resin HDDMA campuran II lebih tinggi (98,2%) daripada kelompok

kontrol bis-GMA-MMA (65,2%) dan bis-GMA- TEGDMA (67,6%) (Sunarintyas dkk., 2022). Pencapaian sitoviabilitas terhadap sel fibroblas sebesar 98,2% ini memenuhi syarat standar ISO 10993-5 sebagai material non sitotoksik. Penelitian terhadap matriks HDDMA campuran II dibandingkan dengan kontrol resin bis-GMA-MMA dan bis-GMA-TEGDMA menunjukkan hasil yang bervariasi. Evaluasi terhadap matriks resin HDDMA campuran II terhadap perlekatan mikroorganisme menunjukkan bahwa perlekatan bakteri (*S. mutans*, *E. faecalis*, *S. sanguinis*) lebih sedikit daripada kontrol resin bis-GMA, sedangkan perlekatan terhadap *C. albicans* lebih banyak dibandingkan resin bis-GMA. Kekuatan fleksural dan kekerasan permukaan matriks resin HDDMA campuran II sebanding dengan resin bis-GMA. Penyerapan air resin HDDMA lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol bis-GMA. Kekasaran permukaan resin HDDMA setara dengan resin bis-GMA. Sudut kontak resin HDDMA campuran II lebih tinggi daripada kontrol resin bis-GMA (Sunarintyas dkk., 2022).

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Perkembangan Partikel Pengisi (*Filler*) dan Penguat (*Reinforcement*) Resin Komposit

Partikel pengisi pada resin komposit berfungsi meningkatkan sifat fisik dan mekanik, mengurangi absorpsi air dan perubahan warna, mengurangi pengerutan saat polimerisasi, serta mengurangi ekspansi dan kontraksi termal. Partikel pengisi resin komposit merupakan partikel anorganik yang terdiri dari beberapa material seperti kaca, kuarsa, silika, zirconia, dan aluminium dioksida. Penambahan partikel pengisi dari berbagai jenis, ukuran, bentuk, volume, dan distribusi mempengaruhi sifat resin komposit (Anusavice dkk., 2013).

Perkembangan partikel pengisi resin komposit saat ini lebih ke arah ukuran partikel pengisi, yaitu: makrofil, mikrofil, hibrida, nanofil, dan nanohibrida. Resin komposit awal pada tahun 1960, mempunyai partikel pengisi makrofil (resin komposit konvensional). Partikel pengisi terdiri dari kaca berbentuk bulat besar atau tidak beraturan dengan ukuran 0,1-100 μm . Resin komposit yang dihasilkan

mempunyai permukaan kasar, buram dan memiliki ketahanan rendah terhadap keausan. Pemeriksaan menggunakan mikroskop menunjukkan partikel bahan pengisi yang menonjol ke permukaan (van Noort dan Barbour, 2013).

Resin komposit mikrofil diperkenalkan pada akhir tahun 1970. Partikel pengisi menggunakan silika dengan ukuran 0,01-0,05 μm . Ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan resin komposit mudah dipoles dan memiliki permukaan halus seperti email gigi. Hal ini mengurangi perlekatan plak atau pewarnaan ekstrinsik pada permukaan resin yang digunakan sebagai material tumpatan atau vinir. Jumlah material pengisi anorganik pada umumnya berkisar 35-60% berat. Persentase partikel pengisi ini menyebabkan sifat mekanik resin komposit mikrofil lebih rendah dibanding resin komposit makrofil (Heymann dkk., 2012).

Resin komposit hibrida dikembangkan dengan menggabungkan sifat baik resin komposit makrofil (kekuatan mekanik tinggi) dengan resin komposit mikrofil (permukaan halus). Resin komposit ini memiliki jumlah partikel pengisi 75-85% berat dengan ukuran partikel 0,01-20 μm . Jumlah partikel pengisi yang tinggi menyebabkan sifat fisik dan mekanik lebih baik daripada resin komposit konvensional (Pratap dkk., 2019).

Resin komposit nanofil mengandung partikel pengisi berukuran nanometer (1-100 nm) dan partikel nanokluster untuk mendapatkan hasil yang optimal (Gorge, 2011). Partikel nanokluster berfungsi menghasilkan perbaikan yang signifikan terhadap kekuatan dan keawetan (Pratap dkk., 2019). Resin komposit nanofil komersial pada umumnya mengandung partikel zirkonium dengan ukuran 4-11 nm dan silika 20 nm. Persentase volume partikel pengisi anorganik rata-rata sebesar 55,6% (atau persen berat 72,5%). Resin bersifat mudah dipoles, memiliki kekuatan yang baik dan modulus elastisitas tinggi. Keunikan resin komposit nanofil yaitu memiliki kekuatan mekanik setara resin komposit hibrida dan kehalusan permukaan seperti resin komposit mikrofil (Zhou dkk., 2019). Pembuatan komposit nanofil komersial kedokteran gigi dimaksudkan untuk menyediakan resin komposit yang menghasilkan estetika tinggi, permukaan lebih halus

dan mengkilat seperti gigi asli, dan pengerutan polimerisasi yang lebih minimal.

Resin komposit nanohibrida terdiri dari partikel zirkonia sebesar 0,1-10 μm dengan penambahan partikel berukuran nanometer. Ukuran partikel pengisi yang bervariasi membuat distribusi partikel pengisi menjadi lebih merata, karena ukuran partikel pengisi yang lebih kecil dapat mengisi celah tidak dapat diisi partikel pengisi berukuran lebih besar. Persentase jumlah partikel pengisi anorganik pada umumnya sebesar 81,8% berat (67,8% volume) (Schmidt dan Ilie, 2012). Penelitian de Moraes dkk. (2009) terkait kekasaran permukaan sebelum dan sesudah abrasi menggunakan sikat gigi, penyerapan air, dan kelarutan menunjukkan bahwa resin komposit dengan partikel pengisi nanohibrid mempunyai sifat lebih inferior daripada resin komposit nanofil. Bila dibandingkan dengan mikrohibrid, maka resin komposit nanohibrid memiliki kualitas yang sama atau sedikit lebih bagus (Gladwin dan Bagby, 2018).

Selain partikel pengisi, akhir-akhir ini dikembangkan material penguat berbentuk serat pada restorasi resin komposit kedokteran gigi. Material resin komposit yang menggunakan penguat serat tersebut disebut sebagai *fiber reinforced composite resin* (FRC) (Vallittu, 2018). Sediaan material ini berbentuk pasta resin komposit tunggal yang berisi matriks resin, partikel pengisi (*filler*), partikel perekat (*coupling agent*), aktivator dan inisiator. Bundel fiber atau pita fiber dengan atau tanpa impregnasi resin sebagai material penguat (*reinforcement*) terpisah dari sediaan pasta resin. Aplikasi material FRC dilakukan dengan cara menambahkan material penguat di antara pasta resin, kemudian dilakukan penyinaran untuk polimerisasi (Pratap dkk., 2019).

Material FRC saat ini digunakan tidak terbatas sebagai penguat restorasi tumpatan gigi, namun juga difungsikan untuk *splinting* (stabilisasi gigi goyah), pembuatan gigi tiruan cekat *single visit* (*Maryland bridge*), implan maksilo-fasial, pasak endodontik (pengisi saluran akar gigi), retainer ortodonsi (stabilisasi perawatan ortodonsi), dan *space maintainer* pada gigi anak. Keuntungan penggunaan material FRC sebagai alternatif dari restorasi *porcelain fused to metal* (PFM) pada pembuatan gigi tiruan cekat (GTC) antara lain: pengu-

rangan jaringan gigi minimal, material estetik, serta material mempunyai sifat adhesif yang baik dengan gigi penyangga (Sinkiewicz, 2013). Keuntungan perawatan *splinting* menggunakan material FRC sebagai alternatif dari *wire splinting* antara lain: bebas logam, transparan, estetik, tampak natural, dan mudah dalam pembersihan dan pemeliharaan gigi (Vallitu, 2013).

Jenis fiber yang sering digunakan pada material FRC komersial saat ini bervariasi dari fiber sintetis *E-glass*, *S-glass*, polietilen, dan kuarsa. Fiber yang digunakan pada umumnya bersifat sewarna email gigi. Penelitian menunjukkan bahwa material resin komposit yang diperkuat fiber lebih tahan daripada resin komposit tanpa fiber terhadap paparan obat kumur maupun minuman beralkohol, baik fiber polietilen (Akmal dkk., 2020), *E-glass* (Yuniva dkk., 2019, Sunarintyas dkk., 2020), maupun kombinasi polietilen- *E-glass* (Abdulazeez dkk., 2023).

Material FRC di Indonesia saat ini masih berstatus impor. Adanya kebijakan pemerintah terhadap pembatasan barang impor menjadikan kelangkaan material, termasuk material FRC. Hal ini menyebabkan harga material FRC tinggi, sehingga perawatan gigi menggunakan FRC menjadi mahal. Apalagi biaya perawatan restorasi gigi tidak didanai BPJS. Berdasarkan latar belakang tersebut, telah dilakukan serangkaian penelitian dan inovasi untuk memperoleh material FRC yang ekonomis sehingga perawatan gigi dapat terjangkau lebih luas. Penelitian yang telah dilakukan di antaranya adalah alternatif penggunaan penguat *non dental E-glass fiber*. Hasil penelitian menggunakan penguat *non dental E-glass fiber* menunjukkan bahwa material *non dental E-glass fiber-FRC* mempunyai kekuatan fleksural (208 MPa) lebih rendah daripada *dental E-glass-FRC* (442 MPa), namun kekuatan tersebut telah memenuhi kebutuhan kekuatan fleksural untuk perawatan restorasi gigi (Puspita Sari dkk., 2015). Orientasi *non dental E-glass fiber-FRC* jenis *woven roving* memiliki kekuatan geser (Sumantri dkk., 2015), dan kekuatan transversal (Khalil dkk., 2016) setara dengan *dental E-glass-FRC*. *Non dental E-glass fiber* yang sebelumnya telah dilakukan silanisasi kemudian diimpregnasi menggunakan kombinasi bis-GMA:TEGDMA=4:1 menghasilkan kekuatan fleksural lebih tinggi

(251 MPa) daripada *non dental E-glass fiber* tanpa impregnasi (116 MPa) (Rochmanita dkk., 2018). Meskipun penelitian fisis dan mekanis penggunaan *non dental E-glass fiber-FRC* menunjukkan hasil prospektif baik, namun kajian terhadap sifat biologis belum dilakukan. Untuk dapat digunakan sebagai material restorasi di dalam rongga mulut, parameter biokompatibilitas harus terpenuhi.

Alternatif lain dari fiber sintetis sebagai penguat material resin komposit, dilakukan evaluasi terhadap fiber alami yang banyak ditemukan di Indonesia. Fiber alami dapat berasal dari berbagai jaringan tumbuhan, hewan, dan mineral. Pengembangan material resin komposit dengan penguat fiber alami mempunyai keuntungan: harga lebih ekonomis, dapat diperbarui, ramah lingkungan, ketersediaan melimpah, biodegradabilitas, dan menaikkan nilai ekonomi.

Penelitian terhadap penggunaan fiber tumbuhan *Agave sisalana* sebagai penguat FRC menunjukkan bahwa penambahan *nanofiller* fiber sisal 60% menaikkan kekuatan kompresi FRC tiga kali lipat (Nugroho dkk., 2017). Orientasi fiber sisal *unidirectional* yang digunakan sebagai penguat FRC lebih tinggi kekuatan fleksuralnya daripada orientasi *bidirectional* (Ahmad dkk., 2014). Penelitian lain menggunakan fiber hewan dari kepompong ulat sutra *Bombyx mori* sebagai penguat FRC menunjukkan penggunaan material fiber sutra pada FRC baik dalam bentuk *long fiber* maupun *short fiber* menunjukkan sifat fisis, mekanis, biologis yang lebih baik dari pada material resin komposit tanpa fiber (Fransisca dkk., 2018; Puspita dkk., 2019; Widyasrini dkk., 2020).

Pengembangan lebih lanjut dari material FRC dengan penguat serat alami adalah penggunaan penguat fiber sutra *Bombyx mori*. Saat ini telah dilakukan rekacipta inovatif berupa penyediaan *fiber reinforcement* berbentuk pita dengan berbagai orientasi anyaman. Sediaan pita telah terimpregnasi resin untuk memudahkan dokter gigi dalam pengaplikasian. Evaluasi terhadap rekacipta pita *fiber reinforcement* alami *Bombyx mori* dengan tipe fiber orientasi lurus (*unidirectional*) dan keping (*braided*) dibandingkan sediaan komersial pita fiber sintetis polietilen, *E-glass*, dan kuarsa menunjukkan bahwa kekuatan fleksural *silk fiber* lebih rendah daripada kuarsa dan *E-glass*, namun kekerasan *silk fiber* lebih tinggi daripada polietilen, kuarsa,

dan *E-glass. Unidirectional silk fiber FRC* menunjukkan kekuatan fleksural dan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *braided silk fiber FRC* (Sunarintyas dkk., 2023).

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Perkembangan Partikel Perekat (*Coupling Agent*) Resin Komposit

Salah satu langkah untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis resin komposit yaitu dengan cara meningkatkan ikatan antara matriks dan *filler/reinforcement* dengan penambahan material perekat atau yang lebih dikenal sebagai *coupling agent*. Penambahan *coupling agent* pada komposit serat alami akan menambah sifat mekanik hingga 61%. *Coupling agent* berfungsi meningkatkan ikatan antara material organik dan anorganik (Kim dkk., 2011).

Silane *coupling agent* adalah *coupling agent* yang banyak digunakan dalam sistem bis-GMA resin komposit kedokteran gigi. Silane bekerja pada *interface* senyawa anorganik dan organik untuk merekatkan dua material yang tidak sama. Silane memiliki sifat tidak hanya meningkatkan kekuatan ikatan tetapi juga mencegah *de-bonding* pada material resin komposit. Penelitian penambahan silane pada *E-glass FRC* untuk retainer gigi menunjukkan kekuatan tarik yang meningkat (Rosyida dkk., 2015).

Selain silane, saat ini dikembangkan *coupling agent zirconate* dan *titanate*. *Zirconate* bersifat cukup reaktif sehingga dikaji untuk aplikasi permukaan yang tidak mengandung gugus hidroksil reaktif. Penelitian menunjukkan terdapat adhesi yang baik antara matriks resin dan *filler zirconia* menggunakan *coupling agent zirconate* (Cheng dkk., 2014; Sunarintyas, 2016).

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Perkembangan Partikel Aktivator dan Inisiator Resin Komposit

Polimerisasi material resin komposit berdasarkan inisiasi diklasifikasikan: inisiasi secara kimiawi (*self-cured*), penyinaran (*light-cured*), dan *dual cured*. Material *self-cured* resin komposit terdiri dari pasta katalis yang mengandung bensoil peroksida (BPO)

dan pasta basis berisi *tertiary amine* (aktivator). Produk self-cured resin komposit saat ini lebih digunakan sebagai semen *luting* atau material *core* (Kwon dkk. 2012). *Light cured* resin komposit pada umumnya menggunakan inisiator kamporokuinon (CQ) dan aktivator *amine*. Perkembangan terbaru, *heat cured* resin komposit dengan polimerisasi di luar rongga mulut mengkombinasikan beberapa sistem inisiasi dan aktivasi untuk menghasilkan material resin komposit. (Ilie dan Simon, 2012).

Bapak dan ibu serta hadirin yang saya muliakan,

Perspektif Pengembangan Material Resin Komposit Kedokteran Gigi Masa Depan

Penggunaan material resin komposit di bidang kedokteran gigi saat ini masih tinggi. Tren penggunaan material ini di masa mendatang semakin naik dengan meluasnya aplikasi material resin komposit pada hampir semua bidang kedokteran gigi. Untuk meningkatkan kualitas material resin komposit baik dari aspek kimiawi, fisis, mekanis, dan biologis perlu kajian terstruktur yang mengkaitkan karakteristik material dengan aplikasi di mana material tersebut berada. Material resin komposit bersifat bio-inert dan dapat menggantikan struktur gigi. Material resin komposit masa depan diharapkan bersifat bioaktif, terapetik menghambat karies, kompromis terhadap biofilm, dan memproteksi struktur gigi sekitar supaya terjadi peningkatan ketahanan restorasi dan harmonisasi lingkungan rongga mulut.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat disampaikan dari pidato ini adalah bahwa material resin komposit merupakan material yang dapat digunakan untuk mengatasi berbagai masalah di bidang kedokteran gigi. Material resin komposit masih perlu dikembangkan untuk menjadi material perawatan di bidang kedokteran gigi yang tahan lama, fungsional, dan aman.

Hadirin Rapat Terbuka Dewan Guru Besar yang saya hormati,

Penutup

Perkenankanlah pada akhir pidato pengukuhan ini saya memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas limpahan karunia-Nya sehingga saya diamanahi jabatan terhormat sebagai Guru Besar. Mohon doa restu agar jabatan ini menjadi penyemangat saya untuk terus berkarya dan mengabdikan serta memberikan keberkahan bagi saya, institusi, keluarga dan masyarakat luas.

Atas jabatan Guru Besar ini, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu pencapaian ini. Saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan tertinggi kepada KEMENDIKBUD yang telah memberikan kepercayaan dan mengangkat saya pada jabatan guru besar dalam bidang Ilmu Biomaterial Komposit Kedokteran Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada.

Penghargaan, penghormatan, dan ucapan terima kasih saya haturkan kepada Ibu Rektor Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed., Sp. OG (K), Ph.D. dan jajaran Wakil Rektor, Dewan Guru Besar di bawah pimpinan Bapak Prof. Dr. Mochammad Maksum dan Prof. Baiquni beserta seluruh anggota DGB, Senat Universitas Gadjah Mada dipimpin oleh Prof. Sulistyowati SH dan Dr. Endi Suwondo beserta seluruh anggota senat, dan Majelis Wali Amanah dipimpin oleh Prof. Dr. Pratikno, dan Prof. Subagus Wahyuono beserta anggota MWA. Saya meyakini Bapak dan Ibu adalah inspirator profesional dalam membentuk ekosistem pendidikan tinggi UGM yang sangat membanggakan.

Penghargaan dan terima kasih saya sampaikan kepada Dekan Fakultas Kedokteran Gigi UGM Prof. drg. Suryono, S.H., M.M., Ph.D. beserta para-Wakil Dekan, Ketua Senat Fakultas Kedokteran Gigi UGM Prof. drg. Tetiana Haniastuti, MKes., PhD., Sekretaris Senat Prof. drg. Supriatno, M.Kes., M.D.Sc., Ph.D. beserta seluruh anggota Senat dan Guru Besar Fakultas Kedokteran Gigi UGM yang telah memberikan persetujuan dalam pengusulan saya sebagai Guru Besar. Kepada Prof. Dr. drg. Widowati Siswomihardjo, M.S., dan Prof. Dr. drg. Widjijono, S.U., saya sampaikan ucapan banyak terima kasih atas masukan dan koreksi untuk penyempurnaan naskah pidato ini.

Ucapan terima kasih saya haturkan untuk Bapak dan Ibu Guru yang telah memberikan landasan kuat untuk pendidikan lebih lanjut. Terima kasih Bapak Ibu guru SD Muhammadiyah Wirobrajan I Yogyakarta, SMPN VII Yogyakarta, SMAN I Yogyakarta, dan para-Dosen saya di Fakultas Kedokteran Gigi UGM, khususnya kepada alm. drg. Hari Suatmadji yang telah menerima saya sebagai staf di Bagian Teknik Gigi, alm. drg. Chuzaeni, S.U., dan drg. Purwanto Agustiono, S.U., pembimbing skripsi S1 di FKG UGM; alm. Prof. drg. Hartono dan Prof. Dr. drg. Hadi Soenartyo pembimbing thesis S2 Prodi IKESGI Universitas Airlangga; Prof. dr. Purnomo Suryohudoyo, Dr. drg. Boedihardjo, MSc., Sp.Perio, dan alm. Prof. Dr. dr. P. G. Konthen, SpPD-KAI Pembimbing disertasi S3 Prodi Ilmu Kedokteran, Universitas Airlangga Surabaya.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada teman-teman sejawat Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi: alm. drg. Hari Suatmadji, drg. Purwanto Agustiono, S.U., Prof. Dr. drg. Widjijono, S.U., Prof. Dr. drg. Widowati Siswomihardjo, M.S., Dr. drg. Harsini, M.S., Dr. drg. Dyah Irnawati, M.S., drg. Dyah Anindya Widayarsini, MDSc., drg. Mutiara Annisa, MDSc., Ahmad Muttaqin, Amd dan mbak Dewi Riasti. Terima kasih telah senantiasa memberi dukungan serta doa yang tulus sehingga tercipta suasana kekeluargaan yang luar biasa. Semoga Allah Swt. selalu melimpahkan barokahnya kepada kita. Aamiin.

Terima kasih saya haturkan kepada keluarga besar Bagian Teknik Gigi yang merupakan cikal bakal Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi: alm. drg. Wisnubronto Pakukusumo, S.U., alm. drg. Chuzaeni, S.U., drg. Adriana, drg. Suhendriyah, Dr. drg. Archadian Nuryanti, M.S., dan Prof. drg. Ika Dewi Ana, MSc., Ph.D. Terima kasih atas kebersamaannya dalam berkarya mengembangkan FKG UGM.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Ketua Prodi S2 FKG UGM Prof. Dr. drg. Juni Handajani, M.Kes., Ph.D. dan Ketua Prodi S2 sebelumnya drg. Lisdrianto Hanindriyo, M.P.H., Ph.D.; Ketua Prodi S3 FKG UGM Prof. Dr. drg. Widowati Siswomihardjo, M.S. dan Ketua Prodi S3 sebelumnya Dr. drg. Dewi Agustina, M.D.Sc. atas kerja samanya selama ini. Semoga Prodi S2 dan S3

FKG UGM semakin berkembang, berjaya menjadi tulang punggung Universitas Gadjah Mada. Aamiin.

My sincere thanks to Prof. Jukka Pekka Matinlinna and Assoc. Prof. Dr James Kit Hon Tsoi from Department of Dental Material Science, Faculty of Dentistry, The University of Hong Kong for the research collaboration in dental composite resin. Hopefully we can collaborate more fruitfully in the future.

Ucapan terima kasih saya haturkan kepada Ibu Direktur Pascasarjana UGM Prof. Ir. Siti Malkhamah, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN. Eng. dan Ketua Prodi S2 Teknik Biomedis Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng. atas kerja samanya selama ini. Semoga Prodi S2 Teknik Biomedis semakin berkembang. Aamiin.

Penghargaan dan terima kasih banyak saya sampaikan kepada seluruh sivitas akademika FKG UGM: Dosen, Tendik, Mahasiswa S1, S2, S3, dan Spesialis atas kerja sama, bantuan, dukungan, doa yang telah diberikan kepada saya selama meniti karier di FKG UGM. Terima kasih telah menciptakan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Semoga Allah Swt. selalu melimpahkan karunia-Nya kepada kita. Aamiin.

Terima kasih saya sampaikan kepada teman sejawat anggota IPAMAGI serta PDGI Yogyakarta atas support dan semangatnya. Kepada teman-teman FKG angkatan 83 yang dimotori drg. Endro Suchyono, sahabat-sahabat SMAN I Yogyakarta yang tergabung dalam wadah PZQ serta SMP N VII Yogyakarta yang tak dapat saya sebut satu per satu, saya mengucapkan terima kasih untuk persahabatan tulus selama ini.

Terima kasih saya haturkan kepada keluarga besar FTKE Universitas Trisakti, khususnya Jurusan Teknik Perminyakan yang selalu mendukung, memberi semangat dan mendoakan kami sekeluarga. Semoga Allah Swt. membalas semua kebaikan dengan pahala berlimpah. Aamiin.

Terima kasih saya sampaikan kepada PT Gama Inovasi Berdikari (GIB), PT Hexa Dental Indonesia, dan Direktorat Pengembangan Usaha dan Inkubasi (PUI) UGM, atas kerja samanya selama ini. Semoga di masa mendatang kita dapat bekerja sama lebih

banyak menghilirkan produk dalam negeri yang bermanfaat untuk masyarakat luas. Aamiin.

Terima kasih yang tulus saya persembahkan kepada orang-orang tercinta yang jasanya sangat luar biasa dan saya tidak bisa membalasnya, ayahanda alm. Prof. Dr. Achmad Badawi, ibunda alm. Dra. Shofiyah. Semoga Bapak dan ibu yang telah menghadap Allah Swt. bangga karena anak sulungnya berhasil mencapai cita-cita menyang gelar tertinggi akademik menjadi Profesor. Terima kasih saya sampaikan untuk adik saya Johan Arifin, SE, M.Si., Ph.D., beserta istri Tri Enastutu, S.H., dan keponakan Fahrian serta Farah atas support dan doanya. Terima kasih untuk keluarga besar suami: mas Kus dan mbak Tin, alm. mas Endang dan mbak Titin serta keponakan Ali Sunja, mas Kastari dan mbak Min, dik Tini dan dik Yuli. Terima kasih atas doa- doanya. Terima kasih juga saya haturkan kepada Keluarga Besar Suwito Hardjo dan Pawiro Sumarto atas support dan doanya. Semoga Allah Swt. selalu melimpahkan barokah-Nya kepada kita. Aamiin.

Persembahkan spesial untuk keluarga kecil saya yang menemani suka dan duka dalam pencapaian tertinggi ini, suami saya tercinta yang telah lebih dulu menghadap Allah Swt. alm. Ir. Sugiatmo, M.T., Ph.D., serta ananda Achmad Musa Nurhadi dan Aisha Nadira. Terima kasih untuk semua dukungan, semangat, doa, dan kesabaran yang kalian ikhlaskan untuk kebersamai dan memotivasi ibu dalam perjalanan yang penuh liku ini. Mudah-mudahan peristiwa hari ini menginspirasi langkah kedua ananda untuk meraih sukses di masa depan. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Akhirnya, saya menghaturkan terima kasih yang tak terhingga kepada hadirin yang telah meluangkan waktu untuk menghadiri dan bersabar mendengarkan pidato ini hingga selesai. Semoga Allah Swt. selalu memberi kesehatan dan mendampingi kita dalam upaya berinovasi, berjuang, dan berkarya untuk membangun masyarakat yang lebih baik. Demikian pidato yang saya sampaikan, mohon maaf atas segala kekurangan, salah, dan khilaf. Terima kasih.

Billahi taufik wal hidayah

Wasalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulazeez AMA, Jaber AA, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, Warreth A, 2023. The Effect of Combination of E-glass and Polyethylene Fiber- Reinforced Composites on Flexural Strength. *Journal of Medical Sciences* 18(1): 35-41.
- Ahmad E, Agustiono P, Irnawati D, 2014. Perbandingan kekuatan fleksural antara orientasi unidirectional dan bidirectional fiber agave sisalana pada fiber reinforced composite. *JMKG* 3(2):62-6.
- Akmal S, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, 2020. Effect of immersion time in mouthwash on the flexural strength of polyethylene fiber-reinforced composite. *MKGI* 6(1): 39-47.
- Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Madry H, Cucchiarini M, Ramakrishna S, 2021. A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Composites Part B* 216 108852
- Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR, 2013. *Phillips' Science of Dental Materials*. 12th ed. St. Louis: Elsevier.
- Becher R, Wellendorf H, Sakhi AK, Samuelsen JT, Thompsen C, Bolling AK, Kopperud HM, 2018. Presence and leaching of bisphenol A(BPA) from dental materials. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica* 4(1): 56-62.
- Cheng H, Tsoi JH, Zwahlen R, Matinlinna JP, 2014. Effects of silica-coating and a zirconate coupling agent on shear bond strength of flowable resin/zirconia bonding, *Int J Adhes* 50: 11-6.
- Darvell BW, 2018. *Materials Science for Dentistry*. 10th ed., Duxford: Woodhead Publishing.
- deMoraes RR, Goncalves LDES, Lancellotti AC, Consani S, CorrerSobrinho L, Sinhoreti MA, 2009. Nanohybrid Resin

Composites: Nanofiller Loaded Materials or Traditional Microhybrid Resin. *Oper Dent* 34(5):551-7.

- Fransiska A, **Sunarintyas S**, Dharmastiti R, 2018. Effect of Bombyx mori silk fiber volume on flexural strength of fiber reinforced composite. *MKGI* 4(2): 75-81.
- Gladwin M, Bagby M, 2018. *Clinical Aspect of Dental Materials: Theory, Practice, and Cases*. 5th ed. Philadelphia: Wolter Kluwer.
- Gorge R, 2011. Nanocomposites – A Review. *Journal of Dentistry and Oral Biosciences* 2(3): 38-40.
- Hedge MN, Wali A, 2015. Bis-GMA and TEGDMA elution from two flowable nanohybrid resin composites: An in vitro study. *Brit J Med and Med Res* 5: 1096-104.
- Heymann HO, Swift JEJ, Ritter AV, 2012. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 6th ed. St. Louis: Elsevier.
- Ilie N, Simon A, 2012. Effect of curing mode on the micromechanical properties of dual cured-self cured-adhesive resin cements. *Clin Oral Investig* 16: 505-12.
- Khalil AA, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, 2016. Effect of nondental glass fiber orientation on transverse strength of dental fiber reinforced composite. *Jurnal Teknosains* 5(2): 81-146.
- Kingman A, 2012. Bisphenol A and other compounds in human saliva and urine associated with the placement of composite restorations. *JADA* 143(12): 1292-302.
- Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF, 2012. Cure mechanisms in materials for use in aesthetic dentistry. *J Investig Clin Dent* 3(1): 3-16.
- Lemon MT, Jones MS, Stansbury JW, 2007. Hydrogen bonding interactions in methacrylate monomers and polymers. *Journal of Biomedical Materials Research Part A* 83A (3): 734-46.
- Marzouk T, Sathyanarayana S, Kim AS, Seminario AL, McKinney CM, 2019. A systematic review of exposure to bisphenol A from dental treatment. *JDR Clinical & translation research* 4(2): 106-15.

- Maserejian NN, 2016. Changes in urinary bisphenol A concentrations associated with placement of dental composite restorations in children and adolescents. *JADA* 147(8): 620-30.
- McCabe JF, Walls AWG, 2011. *Bahan Kedokteran Gigi (Applied Dental Materials)*. Edisi 9. Alih Bahasa: **Sunarintyas S**, Mustaqimah DN. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Moharamzadeh K, Brook IM, van Noort R, Scutt AM 2007. Cytotoxicity of resin monomers on human gingival fibroblasts and HaCa keratino-cytes. *Dent Mater* 23: 40-4.
- Moharamzadeh K, Brook IM, van Noort R, 2009. Biocompatibility of resin-based dental materials. *Material* 2: 514-48.
- Nugroho DA, Widjijono, Nuryono, Asmara W, Astuti WD, Ardianata D, 2017. Effects of filler volume of nano-sisal in compressive strength of composite resin. *Dental Journal* 50(4): 183–187.
- Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M, 2019. Resin based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. *Japanese Dental Science Review* 55:126-38.
- Puspita S, Marsetyawan HNE, **Sunarintyas S**, Mulyawati E, 2019. The fibroin is cytocompatible with human primary pulp cells. *AIP conference proceedings* 2099 doi:10.1063/1.5098423.
- Puspita-Sari W, **Sunarintyas S**, Nuryono, 2015. Pengaruh komposisi beberapa glass fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composites. *Jurnal B-Dent* 2(1): 29- 35.
- Ritter AV, Boushell LW, Walter R, 2019. *Sturdevan’s Art and Science of Operative Dentistry*. 7th ed. St. Louis: Elsevier.
- Rochmanita N, **Sunarintyas S**, Herliansyah MK, 2018. Impregnasi glass fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite. *MKGI* 4(1): 39-45.
- Rosyida NF, **Sunarintyas S**, Pudyani PS, 2015. The effect of silanated and impregnated fiber on the tensile strength of E-glass fiber reinforced composite retainer. *Dental Journal* 48(1): 22-25.
- Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J, 2019. *Craig’s Restorative Dental Materials*. 14th ed. Singapore: Elsevier.

- Schmidt C, Ilie N, 2013. The effect of aging on the mechanical properties of nanohybrid composites based on new monomer formulations. *Clin Oral Investig* 17(1):251-7.
- Sinkiewicz D, 2013. Bridging the gap between porcelain and fiber-reinforced composite bridge. *Dental Tribune*: 16-8.
- Sunarintyas S**, Siswomihardjo W, Irnawati D, Matinlinna JP, 2014. Evaluation of residual monomer of HDDMA matrix system on fiber reinforced composites 18(2): 153-7.
- Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, Matinlinna JP, 2016. The influence of resin matrix on the water sorption of fiber-reinforced composites for dental use. *J Eng Applied Sci* 11(12): 2678-82.
- Sumantri D, **Sunarintyas S**, Herawati D, 2015. Pengaruh orientasi dan volumetric glass fiber non dental terhadap kekuatan perlekatan geser fiber reinforced composites untuk splinting periodontal. *Jurnal B-Dent* 2(1): 1-9.
- Sunarintyas S**, 2016. Bioadhesion of Biomaterials. Chapter dari buku *Biomaterials and Medical Devices: A Perspective from an Emerging Country*. Editor: Mahyudin F, Hernawan H. Switzerland: Springer-Nature.
- Sunarintyas S**, Siswomihardjo W, Matinlinna JP, 2016. Biological property of HDDMA based resin matrix system for dentistry. *J Eng Applied Sci* 11(12): 2673-77.
- Sunarintyas S**, Siswomihardjo W, Irnawati D, Matinlinna JP, 2016. Biomechanical Effects of New Resin Matrix System on Dental Fiber- Reinforced Composites. *Asian J Chem* 28(7): 1617-20.
- Sunarintyas S**, Affandi RF, Widjijono, 2020. Compressive strength of dental E-glass microfiber-reinforced composite resin in mouthwash immersion. *Key Engineering Materials* 840: 300-4.
- Sunarintyas S**, Yi C, Agustiono P, 2020. Mechanical properties of fiber-reinforced composite resin exposed to alcoholic beverage. *BIO Web of Conferences* 28, 02005, BioMIC 2020.
- Sunarintyas S**, Siswomihardjo W, Tsoi JKH, Matinlinna JP, 2022. Biocompatibility and mechanical properties of an experimental E-glass fiber-reinforced composite for dentistry. *Heliyon* 8 e09552: 1-9.

- Sunarintyas S**, Irnawati D, Harsini, Rinastiti M, Nuryono, 2023. Impregnation of various fiber tapes toward mechanical properties of dental fiber reinforced composites. *MKGI* 9(1): 16-21.
- Tencom, 2022. The history of glass fiber.
<https://www.tencom.com/blog/the-history-of-fiberglass>
 (Oktober 3, 2023).
- Torres CRG, 2020. Modern Dentistry Operative Principles for Clinical Restorations? *Int J Dent* 1(1): 70-80.
- Vallittu PK, 2013. Non-metallic biomaterials for tooth repair and replacement. 1st ed. Philadelphia: Woodhead Publishing Limited.
- Vallittu PK, 2018. An overview of development and status of fiber-reinforced composites as dental and medical biomaterials. *Acta Biomater Odontol Scand* 4(1):44-55.
- Van Noort R, Barbour ME, 2013. Introduction to Dental Materials. 4th ed. Edinburgh: Mosby Elsevier.
- Widyasrini DA, **Sunarintyas S**, 2020. Effect of alkalisation and volume fraction reinforcement of Bombyx mori silk fiber on the flexural strength of dental composite resins. *Dental Journal* 53(2): 57-61.
- Yuniva HS, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, 2019. Pengaruh lama perendaman E-glass fiber reinforced composite dalam obat kumur terhadap kekuatan fleksural. *JMKG* 8(1): 30-3.
- Zhang JF, Wu R, Fan Y, Liao S, Wang Y, Wen ZT, 2014. Antibacterial dental composites with chlorhexidine and mesoporous silica. *J Dent Res* 12: 1283-9.
- Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, Cheng L, 2019. Development and status of resin composite as dental restorative materials. *J Appl Polym Sci*. DOI: 10.1002/APP.48180.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Prof. Dr. drg. Siti Sunarintyas, M.Kes.
Tempat, tanggal lahir : Yogyakarta, 16 Juli 1965
NIP : 196507161990072001
Jabatan Fungsional : Pembina Utama Muda/IV c
Alamat kantor : Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran
Gigi (IBKG), FKG, UGM. Jl. Denta 1, Sekip
Utara, Yogyakarta
Telp/fax : 62-274-515307
Email : sunarintyassiti@ugm.ac.id
Alamat Rumah : Jl. Tegalmulyo II No. 8, Pakuncen,
Yogyakarta 55253

Data Keluarga

Suami : Ir. Sugiato, M.T., Ph.D (almarhum)
Anak : 1. Achmad Musa Nurhadi
2. Aisha Nadira

Riwayat Pendidikan

1. 1989 lulus S1 dan Profesi Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. 1996 lulus S-2 Program Studi Kesehatan Gigi, Fakultas Pascasarjana, Universitas Airlangga, Surabaya
3. 2003 lulus S-3 Program Studi Ilmu Kedokteran, Fakultas Pascasarjana, Universitas Airlangga, Surabaya

Pengalaman Kerja dan Organisasi

- 2003-2005 : Ketua Laboratorium Riset Terpadu FKG- UGM
- 2006-2009 : Sekretaris Prodi S2/S3 Ilmu Kedokteran Gigi, FKG-UGM
- 2009-2014 : Ketua Prodi S2 Ilmu Kedokteran Gigi, FKG-UGM
- 2015-2019 : Sekretaris Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi, FKG-UGM
- 2019-2021 : Sekretaris Prodi S2 Teknik Biomedik, Fakultas Pascasarjana, UGM
- 2022-2026 : Ketua Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi, FKG-UGM
- 2017- 2025 : Pengurus Pusat Ikatan Peminat Ilmu Material dan Alat Kedokteran Gigi Indonesia

Piagam Penghargaan dan Sertifikat

- 2008 : International Chinese Journal of Dentistry Outstanding Article Award
- 2012 : Piagam Tanda Kehormatan Presiden RI Satyalancana Karya Satya XX
- 2022 : Piagam Tanda Kehormatan Presiden RI Satyalancana Karya Satya XXX

HKI

- 2020 : Stent kardiovaskular dengan struktur berbentuk huruf RM untuk meningkatkan kuat radial penahan plak (Paten IDP 000066787)
- 2023 : Proses Pembuatan Kombinasi Kasein Laktoferin Susu Sapi sebagai Bahan Mineralisasi Dentin pada Perawatan Karies Dalam (Paten Sederhana IDS 000006513)
- 2023 : Komposisi serbuk fibroin berbahan kokon *Bombyx mori* L. sebagai medikamen perawatan kaping pulpa gigi (Paten IDP 000089154)

Penelitian (5 tahun terakhir)

- 2019 : Biocompatibility evaluation of second-generation formulation of a new resin matrix system (DP2M-PD)
- 2020 : Efek penambahan *silk fiber Bombyx mori* terhadap kompatibilitas tumpatan resin komposit pada gigi *Rattus norvegicus* (PDUPT)
- 2021 : Pengaruh penambahan *coupling agent* terhadap kekuatan mekanik dan penyerapan air resin komposit dengan *reinforcement fiber Bombyx mori* (DAMAS FKG UGM)
- 2022 : Pengembangan produk lokal serat sutra sebagai penguat restorasi gigi (MF KEDAIREKA)
- 2022 : Potensi fibroin *Bombyx mori* sebagai pelapis titanium membran pada prosedur pemasangan dental implan (DAMAS FKG UGM)
- 2023 : Pengaruh pita penguat restorasi gigi serat *Bombyx mori* terimpregnasi resin terhadap sifat fisik material fiber reinforced composite (ACADEMIC EXCELLENCE)
- 2023 : Evaluasi Mekanis dan Biologis Pita Serat *Sutra Samia ricini* pada Restorasi *Fiber Reinforced Composite Resin* (DAMAS FKG UGM)

Publikasi (5 tahun terakhir)

1. Abdulazeez AMA, Jaber AA, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, Warreth A, 2023. The Effect of Combination of E-glass and Polyethylene Fiber- Reinforced Composites on Flexural Strength. *Journal of Medical Sciences* 18(1): 35-41.
2. Akmal S, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, 2020. Effect of immersion time in mouthwash on the flexural strength of polyethylene fiber-reinforced composite. *MKGI* 6(1): 39-47.
3. Barunawati SB, Artama WT, Saleh S, **Sunarintyas S**, Murti YB, 2020. The effect protease inhibitor on the composition of molecular weight of abalone (*Haliotis varia* Linnaeus) fraction. *AIP Conference Proceedings* 16: 040003-1 – 04000-7
4. Barunawati SB, Artama WT, Saleh S, **Sunarintyas S**, Murti YB, 2020. Effects of manufacturing methods of abalone gel as a

- desensitisation material on the closing of dentinal tubules. *Dental Journal* 53(2): 99-106.
5. Fakhriza MA, Rusdiarso B, **Sunarintyas S**, Nuryono, 2023. The addition of copper nanoparticles to mineral trioxide aggregates for improving the physical and antibacterial properties. *Indones J Chem* 23(3): 692-701.
 6. Fathurrahman H, **Sunarintyas S**, Barunawati SB, Nuryono, 2023. Comparison of *Bombyx mori* L. fibroin coatings on the mechanical properties of collagen membranes. *Odonto: Dental Journal* 10(1):150-55.
 7. Hanum HM, Siswomihardjo S, **Sunarintyas S**, 2019. Pelepasan ion kobalt dari aloi CoCr L605 pada saliva asam. *JMKG* 8(2): 34-9.
 8. Mariyam, **Sunarintyas S**, Nuryono, 2023. Improving mechanical, biological, and adhesive properties of synthesized mineral trioxide aggregate by adding chitosan. *Inorganic Chemistry Communication* 149 (2023) 110446.
 9. Mulyawati E, Marsetyawan HNE, **Sunarintyas S**, Handajani J, 2020. Apical sealing ability of calcite- synthesized hydroxyapatite as a filler of epoxy resin- based root canal sealer. *Contemporary Clinical Dentistry* 11(2): 136-40.
 10. Ningtyas EAE, Santoso O, Sadhana U, **Sunarintyas S**, 2019. The comparison of leukocytes profile in peripheral blood and gingival tissue afer consume anchovies (in vivo study). *Sys Rev Pharm* 19(2): 393-8.
 11. Ningtyas EAE, Santoso O, Sadhana U, **Sunarintyas S**, 2021. The effects of green bean extract on serum calcium and mandibular bone calcium levels in menopausal rat model. *Nat Volatiles & Essent Oils* 8(4): 10489-10503.
 12. Ningtyas EAE, Santoso O, Sadhana U, **Sunarintyas S**, 2021. Role of combination casein and lactoferrin bovine's collustrum as a pulp capping on macrophage expression in male wistar rats. *Odonto: Dental Journal* 8(2): 156-64.
 13. Ningtyas EAE, Widjijono, **Sunarintyas S**, 2022. The effect of casein and lactoferrin of bovine's milk on nestin expression of the exposed dental pulp. *Odonto: Dental Journal* 9(2): 273-8.

14. Nugraheni T, Nuryono, **Sunarintyas S**, Mulyawati E, 2021. Effect of 35% sodium ascorbate on calcium and phosphorus loss in dentin bleached by 35% hydrogen peroxide. MKGI 7(1): 10-8.
15. Puspita S, Marsetyawan HNE, **Sunarintyas S**, Mulyawati E, 2019. Fibroin is cytocompatibility with human primary pulp cells. AIP conference proceedings 2099 doi:10.1063/1.5098423.
16. Puspita S, **Sunarintyas S**, Anwar C, Mulyawati E, Marsetyawan HNE, 2020. Amino acid identification of Bombyx mori fibroin cocoon as biomaterial using liquid chromatogram phy/mass spectrometry. Bio Web of Conference 28, 02001.
17. Puspita S, **Sunarintyas S**, Anwar C, Mulyawati E, Sukirno, Marsetyawan HNE, 2020. Molecular weight determination and structure identification of Bombyx mori L. fibroin as material in dentistry. AIP Conference Proceedings 2260, 040018.
18. Puspita S, Marsetyawan HNE, **Sunarintyas S**, Mulyawati E, 2020. Comparison of biocompatibility of fibroin cocoon Bombyx mori L, Mineral trioxide aggregate (MTA), and resin modified glass ionomer cement (RMGI) as pulp capping materials to human primary dental pulp cells. Key Engineering Materials 840: 324-9.
19. Siswomihardjo W, Pamungkas KA, Amantha GD, Widyasrini DA, **Sunarintyas S**, Harsini, 2019. The influence of pH saliva on the release of Nickel and the surface roughness of stainless steel as medical devices. Proceedings BioMIC September 2019. ISBN:978-1-7281-4711-6. IEEE catalog number: CFP19R55-ART.
20. Sriwijaya R, Mayasari DA, **Sunarintyas S**, 2020. Strut linker geometry improving mechanical behavior of coronary stent. Jurnal Teknosains 9(2): 159-164.
21. Suryono, **Sunarintyas S**, 2023. A Physical barrier model for preventing enamel demineralization. J Dental Sci 8(1): 000356
22. **Sunarintyas S**, Affandi RF, Widjijono, 2020. Compressive strength of dental E-glass microfiber- reinforced composite resin in mouthwash immersion. Key Engineering Materials 840: 300-4.

23. **Sunarintyas S**, Yi C, Agustiono P, 2020. Mechanical properties of fiber-reinforced composite resin exposed to alcoholic beverage. *BIO Web of Conferences* 28, 02005, BioMIC 2020.
24. **Sunarintyas S**, Siswomihardjo W, Tsoi JKH, Matinlinna JP, 2022. Biocompatibility and mechanical properties of an experimental E-glass fiber-reinforced composite for dentistry. *Heliyon* 8 e09552: 1-9.
25. **Sunarintyas S**, Irnawati D, Harsini, Rinastiti M, Nuryono, 2023. Impregnation of various fiber tapes toward mechanical properties of dental fiber reinforced composites. *MKGI* 9(1): 16-21.
26. Widodo TT, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, Yulianto DK, 2023. Effect of method and concentration of titanium dioxide addition on anti-biofilm ability in extraoral maxillofacial prosthetic fungus. *Int J Adv Med* 10(1): 1-9.
27. Widyasrini DA, **Sunarintyas S**, 2020. Effect of alkalisation and volume fraction reinforcement of Bombyx mori silk fiber on the flexural strength of dental composite resins. *Dental Journal* 53(2): 57-61.
28. Yuniva HS, Siswomihardjo W, **Sunarintyas S**, 2019. Pengaruh lama perendaman E-glass fiber reinforced composite dalam obat kumur terhadap kekuatan fleksural. *JMKG* 8(1): 30-3.

Buku, Book Chapter, Terjemahan Buku

1. McCabe JF, Walls AWG, 2011. *Applied Dental Materials*. Edisi 9. Alih Bahasa: **Sunarintyas S**, Mustaqimah DN. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
2. **Sunarintyas S**, 2016. *Bioadhesion of Biomaterials*. Chapter dari buku *Biomaterials and Medical Devices: A Perspective from an Emerging Country*. Editor: Mahyudin F, Hernawan H. Switzerland: Springer.
3. Siswomihardjo W, Widjijono, **Sunarintyas S**, Hadriyanto W, Qur'ani PI, 2023. *Pengujian dalam bahan polimer kedokteran gigi* Yogyakarta: UGM Press.