ISSN : 0854 - 5405

**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI

BALAI BESAR KERAMIK

JKGI	VOL. 25	No. 2	Hal. 46 - 107	Bandung Desember 2016	ISSN 0854 - 5405
------	---------	-------	---------------	--------------------------	---------------------

Terakreditasi No: 658/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia adalah majalah ilmiah yang diterbitkan dua kali dalam setahun untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dan pengembangan serta ulasan ilmiah tentang keramik dan gelas kepada lembaga penelitian dan pengembangan, ilmuwan dan peminat lainnya. Tulisan dalam Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya.

Penanggung Jawab
Kepala Balai Besar Keramik
Ir. Supomo, M.Sc.

Ketua Penyunting Merangkap Anggota
Ir. Hernawan, MT (Keramik Maju & Gelas)

Penyunting Ahli
Dra. Sri Cicih Kurniasih, M.Si (Keramik Elektronik & Nano Material)
Ir. Subari (Keramik Konvensional dan Pengetahuan Bahan)
Drs. Suhandi (Keramik Maju & Ilmu Bahan)

Mitra Bestari
DR.Ir. Aristianto MMB, MSCE (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)
Dra. Naniek Sulistarihani, MS (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)
Dr. Diana Rakhmawaty E, M.Si (Kimia Anorganik)
Prof. Dr. Ir. Tarzan Sembiring (Keramik Maju)
Drs. Fanani Hamzah, MS (Keramik Maju & Gelas)

Sekretariat & Redaksi Pelaksana
Dr. Handoko Setyo Kuncoro, ST, MT, M.Eng, PhD.
Nurhidayati, S.Si, MT.

Alamat Penyunting dan Tata Usaha
Balai Besar Keramik
Jl. Akhmad Yani No. 392 Bandung 40272
Telp: (022) 7206221, 7207115, 7206296
Fax: (022) 7205322
e-mail: jkgi.bbk@gmail.com

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
 JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

DAFTAR ISI

Halaman

1. Sintesis dan Karakterisasi Bone Ash Sintetik dari Bahan Alam
Characterization of Synthetic Bone Ash from Natural Sources
 Kristanto Wahyudi, Frank Edwin dan Naili Sofyaningsih 46 - 58
2. Modifikasi Filter Keramik dengan Y-Alumina sebagai Adsorben Logam Berat
Modified Ceramic Filter with Y-Alumina Addition as Heavy Metals Adsorben
 Eneng Maryani, Suhandi, Naili Sofyaningsih dan Ayu Ratnaningsih 59 - 67
3. Kajian Perkembangan Penelitian Glasir untuk Industri Keramik Selama 25 Tahun Terakhir
A Review on The Glaze Researches Development Over The Last 25 Years in Center for Ceramics
 Handoko Setyo Kuncoro, Herlina Damayanti dan Naili Sofyaningsih 68 - 78
4. Zirkonia untuk Aplikasi Material Restorasi Gigi
Zirconia as a Material for Dental Restorative Applications
 Lia Asri, Rifki Septawendar dan Bambang Sunendar 79 - 88
5. Sintesis dan Karakterisasi γ -Alumina Nanopartikel dari Garam Nitrat dengan Variasi Penambahan Polietilen Glikol (PEG)
Synthesis and Characterization of Nanoparticle γ -alumina from Nitrate Salt with Variation of Polyethylene Glycol (PEG) Addition.
 Raisa Khairani, Heri Setiawan dan Bambang Sunendar 89 - 95
6. Sintesis dan Karakterisasi Lempeung Terinterkalasi dengan Menggunakan Cetyl Pridinium chloride
Synthesis and Characterization of Clay Intercalation Using Cetyl Pridinium Chloride
 Hernawan dan Nurhidayati 96 - 107

KATA PENGANTAR

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia Vol. 25 No.2 Desember 2016 ini menyajikan 6 (enam) makalah yang ditulis oleh Peneliti Balai Besar Keramik dan instansi litbang lainnya. Makalah-makalah tersebut membahas sintesis dan karakterisasi bone ash sintetik dari bahan alam, modifikasi filter keramik dengan γ -alumina sebagai adsorben logam berat, kajian perkembangan penelitian glasir untuk industri keramik selama 25 tahun terakhir, bahan zirkonia untuk aplikasi material restorasi gigi, sintesis nanopartikel γ -alumina dari garam nitrat dengan variasi penambahan polietilen glikol (PEG), dan sintesis lempung terinterkalasi dengan menggunakan *cetyl pyridinium chloride*.

Pada makalah pertama bahan baku alam yang digunakan untuk pembuatan bone ash sintetik diambil dari kapur Padalarang dan Cirebon dengan bahan pembentuk larutan asam fosfat teknis. Hasil karakterisasi XRD untuk pH 8-11 pada suhu kalsinasi 800°C menunjukkan hasil struktur kristal yang identik dengan tulang asli yang dibakar pada suhu 950°C, yaitu kristal hidroksiapatit (HA). Sedangkan hasil FTIR menunjukan gugus yang dominan dari ikatan fosfat (PO_4^{3-}) pada bilangan gelombang 417 cm^{-1} dan 1084 cm^{-1} dengan sebagian fraksi kecil gugus karbonat (CO_3^{2-}), gugus hidroksil (OH), berturut-turut pada bilangan gelombang 1447 cm^{-1} dan 3417 cm^{-1} .

Pada makalah kedua dipaparkan guna meningkatkan daya adsorpsi filter keramik terhadap logam berat maka dilakukan modifikasi filter dengan mengisi 80 gram adsorben γ -alumina ke dalamnya. Filter keramik yang dimodifikasi telah berhasil mengadsorpsi logam berat (Pb, Ar, dan Cd) terutama Pb sehingga diperoleh kadar Pb sampai batas kuantifikasi alat pengukuran.

Pada makalah ketiga hasil-hasil penelitian glasir khususnya di Balai Besar Keramik akan dikaji dalam kaitannya dengan permasalahan di industri keramik di Indonesia. Hasil perhitungan dengan metode statistik ANOVA memberikan nilai *p-value* dibawah 0,05 dan perhitungan nilai *F* 4,75 (diatas kriteria *F* 2,87) yang menunjukkan bahwa penelitian-penelitian glasir selama ini memiliki hubungan yang signifikan dengan permasalahan di industri (IKM) keramik Indonesia.

Pada makalah keempat diulas mengenai perkembangan zirkonia sebagai material restorasi gigi, mulai dari struktur zirkonia, sifat mekanik, degradasi, aplikasi, sampai dengan studi *in vivo* dan *in vitro*. Selain itu juga dibahas mengenai prospek dan fokus penelitian zirkonia ke depan sebagai material restorasi gigi.

Pada makalah kelima ditunjukkan bahwa material gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) telah berhasil disintesis dengan prekursor aluminum nitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) pada variasi penambahan surfaktan polietilen glikol (PEG) 6000 (PEG/Al 0.133) sebagai dispersan dan pengarah struktur satu dimensi (template). Hasil analisis XRD dan SEM menunjukkan jenis fasa mineral gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) dengan sebagian besar partikel $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ +PEG memiliki morfologi berbentuk bulat dan sebagian lagi cenderung berbentuk batang dengan ukuran panjang sekitar (40 – 70) nm dan diameter (10 – 20) nm.

Pada makalah keenam ditunjukkan bahwa lebar jarak basal (antar lapis) dari *montmorillonite* dipengaruhi berat *Cetylpyridinium chloride* (CPC) ditambahkan terhadap berat Na-Monmorilonit. Indikasi adanya pelebaran ditunjukkan oleh perubahan posisi, bentuk, dan intensitas hasil refleksi basal (d_{001}) pada difraktogram setelah dilakukannya proses interkalasi.

Hasil penelitian dan kajian di atas diharapkan dapat menyumbangkan kemajuan teknologi keramik di Indonesia, sehingga tidak tertinggal dengan kemajuan teknologi keramik global.

Redaksi selalu mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca.

Redaksi

ZIRKONIA UNTUK APLIKASI MATERIAL RESTORASI GIGI

Zirconia as a Material for Dental Restorative Applications

Lia Asri^{1*}, Rifki Septawendar^{1,2} dan Bambang Sunendar¹

¹Laboratorium Pemrosesan Material Maju, Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

²Departemen Keramik Mutakhir, Gelas dan Enamel, Balai Besar Keramik, Kementerian Perindustrian Indonesia, Bandung 40272, Indonesia.

*Kontak email: tresna.asri@gmail.com

Naskah diterima : 01 September 2016, Rev I : 23 September 2016, Rev II : 13 Oktober 2016, Diterima : 21 November 2016

ABSTRAK

Zirkonia merupakan keramik yang paling banyak digunakan dalam material restorasi gigi karena memiliki sifat estetik yang baik dan dapat menyerupai gigi asli. Banyak penelitian difokuskan dalam menganalisis dan meningkatkan sifat mekanik zirkonia sehingga bisa menggantikan material seperti logam titanium. Dalam paparan ini akan diulas mengenai perkembangan zirkonia sebagai material restorasi gigi, mulai dari struktur zirkonia, sifat mekanik, degradasi, aplikasi, sampai dengan studi *in vivo* dan *in vitro*. Selain itu akan dibahas mengenai prospek dan fokus penelitian zirkonia ke depan sebagai material restorasi gigi.

Kata kunci: Zirkonia, restorasi gigi, material gigi

ABSTRACT

Zirconia is one of ceramic materials that most widely used in dental restoration because it has good aesthetic properties that comparable to natural teeth. Many studies have focused on analyzing and improving the mechanical properties of zirconia that can replace metal s such as titanium. This review presents current development on zirconia as a dental restorative material such as its structure, mechanical properties, degradation, applications, and in vivo and in vitro studies. The prospects and future research focus on zirconia as a dental restorative material are discussed.

Keywords: Zirconia, Dental restoration, Dental material

1. PENDAHULUAN

Pengembangan dan aplikasi keramik sebagai material restorasi gigi di kedokteran gigi semakin meningkat. Pada awal perkembangannya, keramik menghasilkan karakteristik estetik dan biokompatibilitas yang lebih baik

dibandingkan logam. Akan tetapi secara mekanik, masih ditemukan banyak kelemahan seperti kekuatan tarik dan tegangan gesek yang jauh lebih rendah dibandingkan logam. Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang pemrosesan keramik, peningkatan sifat mekanik

dapat dilakukan, yaitu melalui pemilihan komposisi kimia, jenis keramik, pemrosesan dan teknik pengaplikasian yang sesuai.[1] Selama empat puluh tahun terakhir, evolusi teknologi keramik untuk aplikasi material restorasi gigi meningkat signifikan sebagai bahan baru didukung oleh teknik pengolahan yang sudah banyak diperkenalkan. Perbaikan pada sifat kekuatan dan ketangguhan telah memungkinkan untuk memperluas aplikasi keramik untuk bidang restorasi gigi.

Beberapa jenis keramik yang banyak digunakan dalam kedokteran gigi antara lain: zirkonia, alumina dan silika. Umumnya, keramik adalah bahan inert, yang tidak memiliki reaksi samping yang merugikan. Diantara jenis keramik yang ada, zirkonia merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan karena memiliki banyak keunggulan, dan dianggap dapat menggantikan titanium sebagai standar emas untuk beberapa aplikasi material restorasi gigi. [2, 3]

Indonesia memiliki potensi sumber zirkon yang cukup melimpah, salah satunya dari pasir zirkon yang dapat diolah menjadi zirkonia. Pemanfaatan zirkonia hasil pengolahan dalam negeri belum sampai dimanfaatkan untuk pengembangan material kedokteran gigi berbasis keramik

ataupun komposit. Oleh karena itu, zirkonia untuk material kedokteran gigi dari bahan baku dalam negeri memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dalam upaya mesubstitusi impor material kedokteran gigi.

Dalam paparan ini akan dijelaskan penggunaan zirkonia sebagai bahan restorasi gigi, perkembangannya, kelebihan dan kekurangannya serta potensi pengembangannya di Indonesia.

2. STRUKTUR ZIRKONIA

Zirkonia merupakan salah satu oksida logam yang banyak digunakan sebagai bahan restorasi gigi karena memiliki sifat-sifat yang unik, diantaranya sifat mekanik, biokompatibilitas, bioinertia, resistensi kimia, sifat estetik, opasitas dan translusensi yang baik. Zirkonia merupakan material polimorf pada tekanan ruang, memiliki tiga jenis fasa kristal yaitu monoklinik, tetragonal dan kubik. Struktur kristal zirkonia dan transformasinya dipengaruhi oleh perlakuan termal dan tegangan. Transformasi fasa kristal zirkonia dapat bersifat reversibel. Struktur monoklinik zirkonia dapat terbentuk pada rentang temperatur ruang sampai 1370°C, struktur tetragonal pada temperatur 1370 - 2320°C dan kubik pada temperatur diatas 2320 C. [4, 5]

Gambar 1. Struktur Kristal zirkonia (a) monoklinik (b) tetragonal (c) kubik. Sumber[6]

Gambar 2. Transformasi fasa dari tetragonal ke monoklinik yang diikuti oleh perubahan volum.

Diantara ketiga fasa kristal zirkonia, struktur tetragonal memiliki keunggulan dalam pengaplikasiannya sebagai material restorasi gigi. Zirkonia tetragonal diperoleh dari paduan zirkonia murni dengan stabilizer berupa oksida seperti CaO , MgO , Y_2O_3 atau CeO_2 . [7] Penambahan stabilizer ini memungkinkan diperolehnya struktur tetragonal pada temperatur ruang.

Struktur tetragonal dipilih diantara dua struktur lainnya karena memiliki ketangguhan retak yang tinggi, yaitu kemampuan menangkap perambatan retakan dan mencegah propagasi retakan. [4] Tegangan yang terjadi di permukaan zirkonia tetragonal akan menyebabkan transformasi fasa dari tetragonal ke monoklinik, disertai dengan peningkatan volum yang cukup substansial mencapai $\sim 4,5\%$, seperti terlihat pada **Gambar 2**. Perubahan volum inilah yang dapat

menahan terjadinya rambatan retak.[8]

3. ZIRKONIA SEBAGAI MATERIAL RESTORASI GIGI

Tiga jenis zirkonia yang digunakan di kedokteran gigi hingga saat ini yaitu zirkonia tetragonal polikristal dengan doping yttrium polikristal (3Y-TZP), zirkonia terstabilkan sebagian dengan doping magnesium (Mg-PSZ) dan zirkonia yang ditangguhkan alumina (ZTA). [9] 3Y-TZP merupakan zirkonia yang paling banyak digunakan dalam kedokteran gigi karena memiliki kekuatan lentur yang relatif tinggi dibandingkan bahan keramik lainnya. [9] Untuk aplikasi biomedis kedokteran gigi, zirkonia yang digunakan mengandung 3mol% yttria (Y_2O_3) sebagai stabilizer. Pada saat stabilisasi dengan Y^{3+} berlangsung dan Zr^{4+} terdistribusi secara acak pada lokasi kation, muatan netral tercapai

melalui pembentukan kekosongan oksigen. [10] Kekuatan mekanik 3Y-TZP tergantung pada ukuran butirnya. Ukuran butir yang terlalu besar dapat menyebabkan transformasi spontan dari tetragonal ke monoklinik, ukuran butir kurang yang relatif kecil (kurang dari 1 μm) dapat memperlambat laju transformasi fasa, transformasi sulit terjadi dengan ukuran butir di bawah 0.2 μm yang menyebabkan turunnya ketangguhan retak 3Y-TZP. [11, 12] Kekuatan lentur 3Y-TZP dapat mencapai 800-1000 Mpa dan ketangguhan retak dapat mencapai $6-8\text{Mpa m}^{1/2}$. [9, 13]

Untuk mendapatkan karakteristik ketangguhan retak lebih tinggi tinggi, zirkonia dapat dikombinasikan dengan matriks alumina menghasilkan ZTA. [14] Kekuatan mekanik ZTA dapat dipengaruhi oleh teknik pemrosesannya. Guazzato dkk. melaporkan ZTA yang diproses dengan slip-casting menghasilkan kekuatan lentur lebih tinggi (630 Mpa) dibandingkan ZTA yang diproses dengan **soft machining** (476 Mpa). [15] Peningkatan sifat mekanik ZTA dapat dilakukan dengan membuat partikel halus zirkonia yang seragam yang terdistribusi baik dengan alumina, misalnya dengan menggunakan teknik sol-gel dalam sintesisnya.

Diantara ketiga jenis zirkonia untuk material restorasi gigi, tipe Mg-PSZ merupakan yang pengaplikasiannya masih terbatas. Jumlah MgO dalam komposisi bahan komersial umumnya berkisar antara

8-10 mol%. Walaupun sudah banyak penelitian dilakukan, adanya porositas pada material Mg-PSZ menyebabkan material ini memberikan karakteristik yang lebih rendah dibandingkan 3Y-TZP dan ZTA.[2]

4. DEGRADASI ZIRKONIA PADA TEMPERATUR RENDAH

Waktu pemakaian zirkonia sebagai material restorasi gigi tergantung pada ketahanan retaknya. Karakteristik ketangguhan retak zirkonia didasarkan pada transformasi fasa zirkonia dari tetragonal ke monoklinik, akan tetapi proses ini dapat mengubah integritas material dan meningkatkan kerentanan terhadap penuaan. Fenomena ini dapat menyebabkan degradasi zirkonia pada temperatur rendah, terutama dengan kehadiran air atau pada kondisi lembab. [16, 17]. Hasil penelitian Tinschert dkk. menunjukkan bahwa di lingkungan yang lembab, zirkonia memiliki kerentanan yang tinggi terhadap pertumbuhan retak subkritis. Zirkonia dengan kandungan berat oksida alumina sekitar 0,25% menunjukkan kekuatan jangka panjang yang tinggi terhadap degradasi, dan karena itu sesuai untuk aplikasi mahkota dan jembatan. [17]

5. PENGAPLIKASIAN ZIRKONIA

Zirkonia, terutama tipe 3Y-TZP diaplikasikan sebagai material restorasi dalam saluran akar berupa pasak gigi, mahkota posterior dan gigi tiruan sebagian cekat, sambungan

implan (*abutment implant*) dan implan gigi.[18] Zirkonia sebagai kerangka mahkota memiliki kelebihan secara estetik, tidak hanya memiliki warna yang menyerupai gigi asli tetapi memiliki opasitas yang mirip.[19] Zirkonia sebagai mahkota tiruan dapat digunakan untuk menutupi kekurangan estetik dari pasak ataupun implant dari logam. Untuk meningkatkan sifat translusensi dari zirkonia, maka dapat dilakukan pelapisan oleh material keramik lain, seperti silika ataupun alumina. Proses pelapisan (*veneer*) zirkonia dapat dilakukan untuk mendapatkan sifat estetik (warna, opasitas dan translusensi) yang sama dengan gigi aslinya. [18] Material *veneer* yang digunakan dapat berupa porselain ataupun komposit keramik berbasis resin. Salah satu yang menjadi perhatian dalam penggunaan adalah ikatan antara inti mahkota dengan material *veneer*. Perbedaan sifat dan jenis ikatan yang tidak optimum dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Oleh karena itu banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan interaksi lapisan ini, baik secara kimia maupun fisika. Ikatan secara kimia dapat dilakukan melalui proses silanisasi, interaksi secara fisika dapat dilakukan dengan *sandblasting*.

Contoh aplikasi lain dari zirkonia sebagai bahan restorasi adalah sebagai pasak gigi yang ditanam di

saluran akar dentin. Pasak gigi berperan sebagai akar gigi buatan, umumnya pasak gigi memiliki nilai ketangguhan patah yang lebih rendah karena perbedaan sifat mekanik antara material pasak gigi dan dentin. Pasak zirkonia dijadikan sebagai alternatif yang dapat menggantikan pasak gigi berbasis logam. Kekurangan pasak gigi berbasis logam adalah modulus elastisitas yang tinggi dari logam dapat menyebabkan tegangan yang terkonsentrasi pada saluran akar dentin, berdampak pada resiko retak pada pasak yang ditanam. **Gambar 3** menunjukkan contoh pasak gigi zirkonia dan hasil radiograf pasak gigi zirkonia yang ditanam di saluran akar dentin. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pasak gigi adalah interaksi pasak dengan dentin/gigi asli. Ottl dkk. melaporkan pasak zirkonia memiliki ketangguhan patah sekitar 193,5 N, lebih rendah dibandingkan komposit dengan logam, *fiber reinforced* dan pasak alumina.[20] Asmussen dkk. Melaporkan ketangguhan patah pasak zirkonia Biopost and CeraPost sekitar 237 N and 228 N.[21] Oblak dkk. Melaporkan ketangguhan patah yang cukup tinggi mencapai 627 N. [22] Beberapa penelitian melaporkan kekuatan ikatan antara pasak zirkonia dengan dentin berada pada rentang 123-436 N (uji tarik).[22, 23]

Gambar 3. (A) pasak gigi zirkonia (B) Gambar radiograf pasak gigi zirkonia yang dipasang di saluran akar. Sumber [24]

Gambar 4. (A) Radiograf implan titanium dan zirkonia setelah masa penyembuhan 12 minggu. (B) Setelah 12 minggu penyembuhan, tulang pipih dewasa jelas dalam kontak intim dengan implan zirkonia (kiri) dan titanium implan (kanan) (toluidin biru, 100 kali lipat). Dicitak ulang atas izin Hak Cipta Depprich dkk. lisensi BioMed Central Ltd. 2008.

7. *IN VITRO* DAN *IN VIVO* ZIRKONIA

Gahlert dkk. Dan Andreioli dkk. melaporkan sifat biokompatibilitas dari zirkonia secara *in vitro* dan *in vivo*. [25] Zirkonia merupakan keramik yang memiliki sifat inert yang dapat memungkinkan terjadinya

adhesi sel yang baik tanpa menyebabkan reaksi samping.[26] Hasil uji secara *in vitro* menunjukkan bahwa zirkonia memiliki toksisitas lebih rendah dari titanium oksida dan menyerupai alumina.[27] Studi mengenai toksisitas terhadap sel ini

masih harus diteliti lebih lanjut, terutama yang berkaitan dengan efek jangka panjang.

Gambar 4. Menunjukkan Aplikasi zirkonia sebagai implant gigi yang dibandingkan dengan titanium yang dianggap sebagai standar emas implant gigi. Depprich dkk. melaporkan terjadi kontak langsung antara tulang dengan implan titanium dan zirkonia. Kontak tulang dengan titanium sedikit lebih baik dibanding zirkonia, akan tetapi secara statistik tidak ditemukan perbedaan yang berarti diantara keduanya. [28] Implan berbasis titanium telah terbukti memiliki aplikasi jangka menengah dan jangka panjang dari segi klinis, [29] akan tetapi beberapa isu seperti sensitivitas dan alergi masih harus diteliti lebih lanjut. [30] Zirkonia menjadi material pengganti titanium, terutama untuk mengatasi isu sensitivitas dan alergi.

8. PROSPEK DAN FOKUS PENELITIAN ZIRKONIA SEBAGAI MATERIAL RESTORASI GIGI

Gambar 4. Menunjukkan Aplikasi zirkonia sebagai implant gigi yang dibandingkan dengan titanium yang Zirkonia sebagai material restorasi gigi dianggap memiliki prospek ke depan yang baik, salah satunya karena banyaknya kebutuhan akan material gigi yang estetik. Zirkonia memiliki banyak keunggulan, seperti biokompatibilitas, ketangguhan retak, ketangguhan patah dan sifat inert dan bioadhesi yang baik. Beberapa faktor yang harus menjadi fokus penelitian

ke depan antara lain adalah penuaan (aging) zirkonia dan degradasi zirkonia pada temperatur rendah yang berhubungan dengan transformasi tetragonal ke monoklinik. Beberapa penelitian melaporkan penambahan alumina dapat menurunkan kedua hal tersebut. Namun demikian, penelitian yang melaporkan mengenai efeknya pada jangka panjang belum ditemukan sampai dengan saat ini.

Selain itu, fokus pada pemrosesan zirkonia dan interaksi ikatan zirkonia dengan material lain, serta dampaknya terhadap sifat mekanik zirkonia yang dihasilkan masih perlu diteliti lebih lanjut.

Indonesia memiliki sumber daya alam pasir zirkon dengan deposit yang cukup tinggi di beberapa daerah, seperti Prop. Kalimantan Tengah $\pm 2,5$ juta ton zirkon dan Kepulauan Bangka Belitung yang menyimpan ribuan ton zirkon, maka pemanfaatan bahan baku lokal pasir zirkon sebagai sumber zirkonia untuk bahan material restorasi gigi harus menjadi bahan pertimbangan tersendiri, disamping salah satu usaha mengurangi substitusi impor dan juga untuk menggunakan bahan baku alternatif zirkonia yang lebih murah. Namun demikian, zirkonia yang digunakan sebagai bahan material restorasi gigi harus memiliki kemurnian yang sangat tinggi. Oleh karena itu, proses pengolahan zirkonia dari pasir zirkon harus menjadi perhatian khusus, agar produk zirkonia yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai dengan yang persyaratan sebagai material restorasi gigi.

9. KESIMPULAN

- a. Zirkonia memiliki karakteristik biokompatibilitas, ketangguhan retak, ketangguhan patah dan sifat inert dan bioadhesi yang baik sehingga digunakan sebagai material restorasi gigi.
- b. Jenis zirkonia yang digunakan untuk material restorasi gigi adalah zirkonia dengan fasa tetragonal, seperti zirkonia tetragonal polikristal ataupun zirkonia yang terstabilkan sebagian dengan doping magnesium dan zirkonia yang ditangguhkan alumina (ZTA).
- c. Sifat penuaan zirkonia dan degradasi zirkonia pada temperatur rendah menjadi faktor penting di dalam aplikasinya sebagai material restorasi gigi.
- d. Material zirkon dapat dijadikan sebagai alternatif sumber bahan baku zirkonia sebagai material restorasi gigi.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Shenoy and N. Shenoy, "Dental Ceramics: an Update", *Journal of Conservative Dentistry* (JCD). 13 195-203 (2010).
2. C. Piconi and G. Maccauro, "Zirconia as a Ceramic Biomaterial", *Biomaterials*. 20 (1999).
3. N.R.F.A. Silva, I. Sailer, G.Y. Zhan, P.G. Coelho, P.C. Guess, and A. Zembic, et al. "Performance of Zirconia for Dental Healthcare", *Materials*. 3 863 (2010).
4. R.H. Hannink, P.M. Kelly, and B.C. Muddle, "Transformation Toughening in Zirconia-Containing Ceramics", *Journal of the American Ceramic Society*. 83 461-487 (2000).
5. E.H. Kisi and C. Howard, "Crystal Structures of Zirconia Phases and Their Inter-relation", *Key Engineering Materials-Trans. Tech. Publ.* 1-36 (1998).
6. CuAnM. Volpato, LGDA. Garbelotto, MrC. Fredel, and F. Bondioli, "*Application of Zirconia in Dentistry: Biological, Mechanical and Optical Considerations*", Advances in Ceramics - Electric and Magnetic Ceramics, Bioceramics, Ceramics and Environment, Rijeka, InTech, Ch. 0. 2011.
7. D.J. Green, R.H. Hannink, and M.V. Swain, "Transformation Toughening of Ceramics". 1989.
8. R.C. Garvie, R.H. Hannink, and R.T. Pascoe, "Ceramic Steel", *Nature*. 258 703-4 (1975).
9. I. Denry and J.R. Kelly, "State of the Art of Zirconia for Dental Applications", *Dental Materials*. 24 299-307 (2008).
10. S. Fabris, A.T. Paxton, and M.W. Finnis, "A Stabilization Mechanism of Zirconia Based on Oxygen Vacancies Only", *Acta Materialia*. 50 5171-8 (2002).
11. A.H. Heuer, N. Claussen, W.M. Kriven, and M. Ruhle, "Stability of Tetragonal ZrO₂ Particles in Ceramic Matrices", *Journal of the American Ceramic Society*. 65 642-50 (1982).

12. B.A. Cottom and M.J. Mayo, "Fracture Toughness of Nanocrystalline ZrO_2 -3mol% Y_2O_3 Determined by Vickers Indentation", *Scripta Materialia*. 34 809-14 (1996).
13. A. Sundh, M. Molin, and G. Sjögren, "Fracture Resistance of Yttrium Oxide Partially-Stabilized Zirconia All-Ceramic Bridges after Veneering and Mechanical Fatigue Testing", *Dental Materials*. 21 476-82 (2005).
14. C. Piconi, G. Maccauro, and F. Muratori, "Alumina Matrix Composites in Arthroplasty". *Key Engineering Materials-Trans. Tech. Publ.* 979-82 (2005).
15. M. Guazzato, M. Albakry, L. Quach, and M.V. Swain, "Influence of Surface and Heat Treatments on the Flexural Strength of a Glass-Infiltrated Alumina/Zirconia-Reinforced Dental Ceramic", *Dental Materials*. 21 454-63 (2005).
16. S. Deville, J. Chevalier, and L. Gremillard, "Influence of Surface Finish and Residual Stresses on the Ageing Sensitivity of Biomedical Grade Zirconia", *Biomaterials*. 27 2186-92 (2006).
17. J. Tinschert, G. Natt, N. Mohrbötter, H. Spiekermann, and K.A. Schulze, "Lifetime of Alumina- and Zirconia Ceramics Used for Crown and Bridge Restorations", *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 80B 317-21 (2007).
18. P.F. Manicone, P. Rossi Iommetti, and Raffaelli L, "An Overview of Zirconia Ceramics: Basic properties and clinical applications", *Journal of Dentistry*. 35 819-26 (2007).
19. E.A. McLaren and R. Giordano, "Zirconia-based Ceramics: Material Properties, Esthetics, and Layering Techniques of a New Veneering Porcelain, VM9, *Quintessence Dent Technol.* 28 99-111 (2005).
20. P. Ottl, L. Hahn, H.C. Lauer, and M. Fay, "Fracture Characteristics of Carbon Fibre, Ceramic and Non-Palladium Endodontic Post Systems at Monotonously Increasing Loads", *Journal of Oral Rehabilitation*. 29 175-83 (2002).
21. E. Asmussen, A. Peutzfeldt, and T. Heitmann, "Stiffness, Elastic Limit, and Strength of Newer Types of Endodontic Posts", *Journal of Dentistry*. 27 275-8 (1999).
22. C. Oblak, P. Jevnikar, T. Kosmac, N. Funduk, and L. Marion, "Fracture Resistance and Reliability of New Zirconia Posts", *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 91 342-8 (2004).
23. C.R. Gernhardt, K. Bekes, and H-G. Schaller H-G, "Short-term Retentive Values of Zirconium Oxide Posts Cemented with Glass Ionomer and Resin Cement: An In Vitro Study and a Case Report", *Quintessence International-English edition-*. 36 593 (2005).
24. Ouml, Z. Zkurt, U. Iseri, and E. Kazazoglu, "Zirconia Ceramic Post Systems: a Literature Review and a Case Report", *Dental Materials Journal*. 29 233-45 (2010).

25. M.Gahlert, T. Gudehus, S. Eichhorn, E. Steinhäuser, H. Kniha, W. Erhardt. "Biomechanical and Histomorphometric Comparison between Zirconia Implants with Varying Surface Textures and a Titanium Implant in The Maxilla of Miniature Pigs", *Clin Oral Implants Res.* 18 (2007).
26. Y. Ichikawa, Y. Akagawa, H. Nikai, and H. Tsuru, "Tissue Compatibility and Stability of a New Zirconia Ceramic In Vivo", *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 68 322-6 (1992).
27. T. Vagkopoulou, "Zirconia in Dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough: Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Albert-Ludwigs University, Freiburg, Germany; 2009.
28. R. Deppe, H. Zipprich, M. Ommerborn, C. Naujoks, H-P. Wiesmann, S. Kiattavorncharoen, et al., "Osseointegration of Zirconia Implants Compared with Titanium: an In Vivo Study", *Head & Face Medicine.* 4 30 (2008).
29. T. Jemt, J. Chai, J. Harnett, M.R. Heath, J.E. Hutton, R.B. Johns RB, et al., "A 5-year Prospective Multicenter Follow-Up Report on Overdentures Supported by Osseointegrated Implants", *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 11 (1996).
30. A.Siddiqi, A.G. Payne, R.K. De Silva, and W.J. Duncan, "Titanium Allergy: Could It Affect Dental Implant Integration?" *Clinical Oral Implants Research.* 22 673-80 (2011).