

PERBEDAAN KETAHANAN FRAKTUR MAHKOTA ZIRKONIA-PORSELEN DAN PORCELAIN FUSED TO METAL DENGAN FINISHING LINE CHAMFER DAN SHOULDER

Elka Ayu Amalia*, Heriyanti Amalia Kusuma**, Endang Wahyuningtyas**
*Program Studi Prostodonsia Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis FKG UGM
**Bagian Prostodonsia FKG UGM

ABSTRAK

Mahkota gigi tiruan porselen dengan koping harus dapat memperbaiki morfologi, kontur, serta melindungi jaringan gigi yang tersisa dari kerusakan lebih lanjut. Pemilihan koping dan desain *finishing line* yang sesuai merupakan hal penting dalam mempertahankan kinerja biomekanik serta ketahanan fraktur dari suatu mahkota gigi tiruan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbedaan ketahanan fraktur antara zirkonia-porselen dan *porcelain fused to metal* dengan desain *finishing line chamfer* dan *shoulder*. Dua puluh empat subjek mahkota porselen dengan koping dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* dan *shoulder*, serta kelompok mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* dan *shoulder*. Semua subyek kemudian diuji ketahanan fraktur menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan *single cyclic load* hingga fraktur. Nilai ketahanan fraktur yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan uji anava dua jalur, dan dilanjutkan dengan uji *post hoc* LSD. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan bermakna ketahanan fraktur antara mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* dengan mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* ($p < 0,05$), antara mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* dengan mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line shoulder* ($p < 0,05$). Tidak ada perbedaan bermakna ketahanan fraktur antara mahkota zirkonia-porselendesain *finishing line chamfer* dan *shoulder* ($p > 0,05$). Kesimpulan penelitian adalah ketahanan fraktur mahkota zirkonia-porselen lebih baik daripada mahkota *porcelain fused to metal*. Ketahanan fraktur desain *finishing line chamfer* lebih baik daripada desain *finishing line shoulder*.

Kata kunci: Ketahanan fraktur, mahkota zirkonia-porselen, mahkota *porcelain fused to metal*, desain *finishing line*.

ABSTRACT

Dental crown should be able to restore morphology, contour, and protected the remaining dental structures from further damage. Proper core and finishing line design selection is important to maintain biomechanical performance and fracture resistance of dental crowns. This research aim to evaluates fracture resistance difference of zirconia porcelain and porcelain fused to metal crowns with chamfer and shoulder finishing line designs. Twenty four porcelain crowns with core subjects were divided into four groups; zirconia porcelain crowns with chamfer and shoulder finishing line designs, and porcelain fused to metal crowns with chamfer and shoulder finishing line designs. All subjects were tested using Universal Testing Machine (UTM) with single cyclic load until they were fractured. The data were analyzed with two-way ANOVA and post-hoc LSD. The results showed the significant difference between zirconia porcelain chamfer and shoulder finishing line with porcelain fused to metal crown chamfer and shoulder finishing line ($p < 0.05$), also between porcelain fused to metal chamfer finishing line and porcelain fused to metal shoulder finishing line ($p < 0.05$). There were no significant difference ($p > 0.05$) between zirconia porcelain chamfer finishing line with zirconia porcelain shoulder finishing line. The conclusions are fracture resistance on zirconia porcelain crown was better than porcelain fused to metal crown. Fracture resistance on chamfer finishing line was better than shoulder finishing line.

Keywords: Fracture resistance, zirconia porcelain, porcelain fused to metal, finishing line design.

PENDAHULUAN

Mahkota gigi tiruan merupakan suatu restorasi tetap yang menutupi permukaan koronal mahkota klinis gigi asli, yang harus dapat memperbaiki morfologi, kontur, serta melindungi jaringan gigi yang tersisa dari kerusakan lebih lanjut.¹ Suatu restorasi harus dapat memenuhi kebutuhan estetis dan fungsi, yang berarti suatu mahkota gigi tiruan diharapkan memiliki tampilan yang memuaskan serta memiliki kekuatan.² Mahkota gigi tiruan terbuat dari bahan logam, porselen, komposit, akrilik maupun kombinasi dari bahan-

bahan tersebut.³ Dari 100 kasus kegagalan tumpatan, 33 % memilih restorasi mahkota gigi tiruan sebagai restorasi pengganti.⁴

Porselen digunakan sebagai bahan pembuat mahkota jaket, mahkota jembatan, inlei, onlei, vinir dan anasir gigi.⁵ Porselen dipilih karena memiliki sifat keras, kuat, dan tahan terhadap keausan. Porselen juga memiliki nilai estetis sangat baik, karena warna translusennya mudah disesuaikan dengan warna gigi asli.⁶ Porselen memiliki kekurangan yaitu bersifat rapuh, sehingga perlu diberikan koping untuk menambah kekuatan mekanis.⁵ Mahkota gigi tiruan memi-

liki masalah dengan terjadinya *chipping* pada porselen seiring waktu pemakaiannya.⁷

Aloi atau logam campuran, digunakan sebagai koping pada mahkota porselen. Aloi terbagi menjadi dua jenis yaitu, *noble alloys* dan *base-metal alloys*.⁸ Mahkota porselen dengan koping aloi atau lebih dikenal dengan mahkota *porcelain fused to metal* (PFM) memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap fraktur. Mahkota *porcelain fused to metal* bersifat kurang estetik karena adanya logam yang memberikan efek gelap, sehingga harus diberikan opaker agar bayangan logam tidak terlihat.⁹ Pada mahkota *porcelain fused to metal* anterior, bagian labialnya digunakan desain koping *collarless*, atau desain koping metal yang pendek sehingga warna logam tidak tampak.¹⁰

Zirkonia adalah mineral yang dapat dikombinasikan dengan porselen, dipergunakan sebagai koping untuk menambah kekuatan mekanis pada mahkota porselen. Zirkonia dipilih karena memiliki kelebihan, yaitu: kuat, estetik, biokompatibilitas, serta tidak memiliki efek toksik.¹¹ Zirkonia juga memiliki sifat mekanis dan stabilitas dimensi yang baik sehingga diaplikasikan juga sebagai bahan pembuat pesawat ulang-alik, kendaraan bermotor, alat pemotong, dan mesin pembakar pada kendaraan.¹² Mahkota zirkonia-porselen memiliki kelebihan yaitu: warna stabil, tahan keausan serta dapat menahan beban kunyah pada gigi posterior.¹³

Kekuatan pengunyahan pada gigi asli manusia rata-rata adalah 300N hingga 600N.¹⁴ Kekuatan mahkota porselen terhadap beban oklusal dipengaruhi 2 hal, yaitu: 1) cacat saat pembuatan, 2) pecah pada permukaan akibat proses pembentukan dan pemotongan.¹⁵ Fraktur pada mahkota kemungkinan timbul sebagai kelanjutan dari dua hal tersebut.¹⁶

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tingkat kejadian fraktur pada mahkota zirkonia-porselen berkisar antara 6% sampai lebih dari 15% selama 3-5 tahun awal pemakaian, sedangkan tingkat kejadian fraktur pada mahkota PFM hanya 4% atau lebih selama 10 tahun.² Mahkota zirkonia-porselen memiliki tingkat ketahanan hingga lebih dari 5 tahun.⁸

Fraktur karena gaya oklusal dan lateral merupakan satu masalah pada restorasi mahkota gigi tiruan.¹³ Fraktur terjadi karena rendahnya kekuatan mekanis bahan restorasi.⁵ Fraktur terjadi karena beberapa hal, yaitu: bentuk restorasi, ketebalan restorasi, desain *finishing line*, modulus elastisitas restorasi, ketebalan semen, arah

dan distribusi beban kunyah, frekuensi beban kunyah, serta efek lingkungan dalam mulut.⁷

Penelitian menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) untuk meneliti distribusi tekanan pada gigi geraham dengan restorasi mahkota porselen menyatakan bahwa, tekanan tertinggi terjadi pada daerah oklusal dan daerah *finishing line*.¹⁷ Pemilihan desain *finishing line* yang sesuai untuk restorasi mahkota porselen dipandang penting, hal ini didasarkan pada pendapat dari beberapa peneliti berikut: desain *finishing line* yang sesuai untuk mahkota porselen adalah desain *shoulder* dan *chamfer*, desain *shoulder* dapat meningkatkan kinerja biomekanik serta memiliki ketahanan fraktur yang lebih baik dari desain *chamfer*.¹⁸ Pendapat berbeda yaitu desain *chamfer* memiliki ketahanan fraktur yang baik pada mahkota porselen, baik pada mahkota anterior maupun posterior.¹⁹ Terdapat pengaruh bahan pembuat mahkota porselen dan desain *finishing line* terhadap ketahanan fraktur mahkota porselen.^{5,7} Penelitian tentang perbedaan ketahanan fraktur bahan mahkota jaket porselen dan desain *finishing line* belum banyak dilakukan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 24 subjek mahkota porselen berkoping bentuk tabung dengan ukuran diameter 8mm, tinggi 9mm, dan tebal 1,5mm. terbagi dalam 4 kelompok yang terdiri dari 6 buah sampel dalam setiap kelompok. Satu kelompok mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer*, satu kelompok mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line shoulder*, satu kelompok mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer*, satu kelompok mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line shoulder*. Masing-masing kelompok diuji ketahanan frakturnya dengan alat *Universal Testing Machine* (Tokyo Testing Machine - MFG Co Ltd, Japan). Data dianalisis dengan ANAVA dua jalur dan dilanjutkan uji *Least Significant Difference* (LSD).

HASIL PENELITIAN

Penelitian tentang perbedaan ketahanan fraktur mahkota zirkonia-porselen dan *porcelain fused to metal* dengan desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* yang dilakukan di Laboratorium Ilmu Bahan, Jurusan Teknik Mesin dan Industri,

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Rerata dan standar deviasi ketahanan fraktur antar bahan zirkonia-porselen dan *porcelain fused to metal* serta antar desain *finishing line chamfer* dan *finishing line shoulder* mahkota gigi tiruan cekat (Newton)

Kelompok	Bahan zirkonia-porselen (x ± SD)	Bahan <i>porcelain fused to metal</i> (x ± SD)
Desain <i>finishing line chamfer</i>	427,50 ± 15,083	311,17 ± 23,059
Desain <i>finishing line shoulder</i>	415,17 ± 25,926	233,17 ± 14,716

Keterangan:

x = rata-rata

SD = standar deviasi/ simpangan baku

Ketahanan fraktur tertinggi didapatkan pada kelompok zirkonia-porselen dengan *finishing line chamfer* sebesar 427,50 N dan hasil rerata terendah pada kelompok *porcelain fused to metal* dengan *finishing line shoulder* sebesar 233,17 N.

Data penelitian dianalisis dengan uji Anava dua jalur untuk mengetahui perbedaan ketahanan fraktur antar bahan mahkota, perbedaan ketahanan fraktur antar desain *finishing line* dan adanya interaksi antara bahan mahkota dengan desain *finishing line*. Syarat yang harus dipenuhi ada uji Anava adalah data penelitian harus memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas.

Tabel 2 Hasil uji normalitas

Kelompok	Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Sig.
Zirkonia - porselen <i>chamfer</i>	0,886	6	0,296
Zirkonia-porselen <i>shoulder</i>	0,843	6	0,137
PFM <i>chamfer</i>	0,953	6	0,761
PFM <i>shoulder</i>	0,975	6	0,926

Keterangan :

df : *degree of freedom*/derajat bebas

Sig : signifikansi/probabilitas

Tabel 2. menunjukkan uji normalitas dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, dalam penelitian ini diperoleh nilai signifikansi pada keempat kelompok $p > 0,05$. Hal ini menunjuk-

kan bahwa data pada masing-masing kelompok perlakuan terdistribusi normal.

Analisis varian dilakukan dengan berasumsi bahwa varian antarkelompok bersifat homogen. Hipotesis nol dalam analisis homogenitas varian adalah varian antarkelompok bersifat homogen atau tidak ada perbedaan varian antarkelompok. Hasil uji homogenitas dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,941 ($p > 0,05$). Hal ini berarti kelompok data merupakan data yang homogen.

Uji normalitas dan homogenitas dalam penelitian ini telah terpenuhi, sehingga dapat dilanjutkan dengan uji Anava dua jalur. Hasil uji Anava dua jalur menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara bahan mahkota, desain *finishing line*, dan kombinasi antara bahan mahkota dan desain *finishing line* terhadap ketahanan fraktur nilai $p < 0,05$ (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil uji ANAVA dua jalur

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Mahkota	133504,167	1	133504,167	323,961	0,000*
desain fl	12240,167	1	12240,167	29,702	0,000*
mahkota * desainfl	6468,167	1	6468,167	15,696	0,001*

Keterangan :

(*) : terdapat perbedaan = probabilitas $< 0,05$

Source: variabel

Type III Sum of Squares : jumlah kuadrat

Df : derajat bebas

Mean square : rata-rata kuadrat

F : nilai kemaknaan

Sig. : signifikansi/ kemaknaan

Data kemudian diuji dengan uji *Post Hoc Least Significant Difference* (LSD) untuk melihat kemaknaan perbedaan antarkelompok perlakuan satu dengan yang lainnya.

Hasil uji *Post Hoc* LSD pada tabel 4. menunjukkan bahwa :

1. Ada perbedaan bermakna antara kelompok zirkonia-porselen *finishing line chamfer* terhadap kelompok *porcelain fused to metal finishing line chamfer* dan *shoulder* ($p < 0,05$).
2. Ada perbedaan bermakna antara kelompok zirkonia-porselen *finishing line shoulder* terhadap kelompok *porcelain fused to metal finishing line chamfer* dan *shoulder* ($p < 0,05$).
3. Ada perbedaan bermakna kelompok *porcelain fused to metal finishing line chamfer* terhadap

kelompok *porcelain fused to metal finishing line shoulder* ($p < 0,05$).

4. Ada perbedaan tidak bermakna antara kelompok zirkonia-porselen *finishing line chamfer* terhadap kelompok zirkonia-porselen *finishing line shoulder* ($p > 0,05$).

Tabel 4. Hasil Uji *Post Hoc* LSD

Kelompok	A	B	C	D
A	-	0,305	0,000 ^(*)	0,000 ^(*)
B	-	-	0,000 ^(*)	0,000 ^(*)
C	-	-	-	0,000 ^(*)
D	-	-	-	-

Keterangan :

(*) : Probabilitas < 0,05

Kelompok A : Kelompok zirkonia-porselen *finishing line chamfer*.

Kelompok B : Kelompok zirkonia-porselen *finishing line shoulder*.

Kelompok C : Kelompok *porcelain fused to metal finishing line chamfer*.

Kelompok D : Kelompok *porcelain fused to metal*

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dipilih bahan mahkota porselen dengan koping zirkonia dan logam yang telah dipakai secara luas oleh dokter gigi sebagai restorasi tetap pengganti korona gigi yang rusak/hilang karena memiliki estetika yang sangat baik, biokompatibel, tahan lama serta memiliki ketahanan fraktur yang baik.² Desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* dipilih karena dua desain tersebut sesuai untuk mahkota porselen dengan koping yang memerlukan bidang horisontal yang cukup pada tepi servikal sebagai tempat lapisan porselen beserta kopingnya, serta dua desain tersebut memiliki ketahanan fraktur yang baik dibanding desain *finishing line* yang lain.¹⁹

Pada penelitian ini diketahui nilai ketahanan fraktur tertinggi pada mahkota zirkonia-porselen *finishing line chamfer* dan nilai terendah pada mahkota *porcelain fused to metal finishing line shoulder*. Ketahanan fraktur mahkota porselen dipengaruhi oleh kekuatan tekan bahan koping. Mahkota zirkonia-porselen dengan bahan koping yaitu zirkonia yang memiliki kekuatan tekan lebih besar daripada bahan koping logam. Hal ini sesuai dengan kekuatan tekan zirkonia sebesar 1000 Mpa dan kekuatan tekan logam

sebesar 800 Mpa.²⁰ Desain *finishing line* juga berpengaruh terhadap ketahanan fraktur mahkota, mahkota porselen dengan desain *finishing line chamfer* memiliki ketahanan fraktur yang lebih baik dibandingkan desain *finishing line shoulder* karena pada desain *chamfer* bentuk lengkungnya memiliki ketepatan tepi yang lebih baik dibanding daripada desain *shoulder*. Desain *finishing line chamfer* memiliki ketepatan tepi yang baik karena bentuknya yang melengkung dan membulat pada sudut internal sehingga dapat menyebarkan beban lebih baik daripada desain *shoulder* yang memiliki sudut 90.¹⁹

Terdapat perbedaan pada bahan mahkota bahan zirkonia-porselen dan *porcelain fused to metal*, hal ini terjadi karena koping zirkonia memiliki sifat fisik yaitu tingkat kekerasan sebesar 1200 HV sedangkan CoCr yang merupakan koping PFM memiliki kekerasan 375 HV. Kekerasan merupakan indikator yang baik untuk mengukur kemampuan bahan untuk menahan perubahan yang terjadi karena tekanan/beban di oklusal.⁸ Penambahan bahan *yttria* pada koping zirkonia, dapat mencegah terjadinya retak bila mahkota mendapat tekanan. Penambahan *yttria* sebesar ~3.0 mol % pada zirkonia menghasilkan perubahan struktur kristal dari bentuk tetragonal ke bentuk monoklinik yang lebih stabil pada suhu ruangan.²⁰ Perubahan bentuk struktur kristal disebut juga *transformation toughening*, perubahan tersebut disertai dengan ekspansi bahan yang dapat mencegah perambatan retak. Pencegahan perambatan retak dapat memperkuat mahkota saat menahan tekanan. Pencegahan retak dapat meningkatkan ketahanan fraktur mahkota.²¹

Pada mahkota *porcelain fused to metal* dan mahkota zirkonia-porselen dengan desain *finishing line chamfer*, jarak antara restorasi dan gigi pada bidang horisontal, lebih kecil daripada jarak restorasi dan gigi pada bidang vertikal. Pada mahkota *porcelain fused to metal* dan mahkota zirkonia-porselen dengan desain *finishing line shoulder*, jarak antara restorasi dan gigi adalah sama, baik pada bidang horisontal maupun vertikalnya. Semakin kecil jarak antara restorasi dengan gigi, maka ketepatan restorasi menjadi lebih baik. Jarak yang terjadi antara restorasi dengan gigi, dapat menyebabkan fraktur bahan mahkota. Mahkota dengan desain *finishing line chamfer* memiliki diskrepansi horisontal yang lebih kecil daripada diskrepansi vertikal, sedangkan mahkota dengan desain

finishing line shoulder memiliki diskrepansi horisontal yang sama dengan diskrepansi vertikal. Diskrepansi horisontal digunakan untuk melihat jarak antara restorasi dan gigi sehingga dapat disimpulkan *finishing line chamfer* memiliki ketahanan fraktur yang lebih baik daripada *finishing line shoulder*.¹⁹

Terdapat perbedaan bermakna antara mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* terhadap mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* dan *shoulder*. Hal ini terjadi karena selisih *coefficient thermal expansion* (CTE) antara bahan koping logam dan lapisan porselen pada mahkota *porcelain fused to metal* lebih besar daripada serta selisih CTE koping zirkonia dan lapisan porselen pada mahkota zirkonia-porselen. Kegagalan ikatan logam-porselen yang terjadi karena CTE logam memiliki perbedaan yang besar dengan CTE porselen, mengakibatkan tingkat kontraksi yang berbeda pada logam dan porselen pada saat pendinginan, sehingga timbul *high thermal residual stressed* di sepanjang permukaan antara (*interface*) logam dan porselen. Bila tekanan yang timbul sangat tinggi maka dapat terjadi keretakan sehingga porselen dapat terlepas dari logam.⁸

Terdapat perbedaan bermakna antara mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* karena bahan logam lebih mudah beradaptasi dengan bentuk lengkung pada desain *finishing line chamfer* daripada bentuk bersudut 90 pada desain *finishing line shoulder*, sehingga koping logam pada mahkota *porcelain fused to metal* desain *finishing line chamfer* mempunyai jarak yang lebih kecil terhadap sudut internal servikal gigi dibandingkan dengan desain *finishing line shoulder* yang memiliki bentuk akhiran sudut 90. Jarak yang terjadi antara restorasi dengan gigi menyebabkan penurunan ketahanan terhadap fraktur, makin besar jarak makin lemah ketahanan fraktur bahan mahkota, karena jarak yang besar akan mengurangi kekuatan tepi dari bahan untuk menahan tekanan oklusal.¹⁹

Terdapat perbedaan tidak bermakna antara mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* pada hasil statistik walaupun pada rerata didapatkan nilai lebih besar pada mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* daripada mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line shoulder*. Hal ini

disebabkan bahan koping zirkonia memiliki sifat fisik yang dapat mencegah terjadinya perambatan retak bila mendapat tekanan, dan pada mahkota zirkonia-porselen memiliki kekuatan tepi yang sama sehingga tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada mahkota zirkonia-porselen desain *finishing line chamfer* dan *shoulder*. Apabila terjadi tekanan pada struktur tetragonal lalu terjadi perambatan retak, maka kristal *metastable* bentuk tetragonal di sekitar daerah retakan akan berubah menjadi bentuk monoklinik, perubahan ini disertai peningkatan volume kristal sebesar 3% sehingga dapat menghambat laju retakan.¹³ Desain *finishing line chamfer* dan *shoulder* merupakan desain yang sesuai untuk mahkota porselen, karena dua desain *finishing line* tersebut mempunyai bentuk yang dapat meningkatkan kekuatan mekanis pada mahkota porselen, dan memiliki bidang horisontal yang cukup untuk mendukung restorasi dari tekanan oklusal.¹⁸

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketahanan fraktur mahkota zirkonia-porselen lebih baik daripada mahkota *porcelain fused to metal*.
2. Ketahanan fraktur desain *finishing line chamfer* lebih baik daripada desain *finishing line shoulder*.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis mengajukan saran untuk menggunakan preparasi tepi servikal gigi penyangga dengan desain *finishing line chamfer* pada restorasi mahkota porselen dengan koping logam maupun koping zirkonia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ibraheem, A.F., *Crown and Bridge Lecture*, www.codental.uobaghdad.edu.iq/, diunduh tanggal 11 September 2014
2. Farga-Ninoles, I., Agustin-Panadero, R., Roman-Rodriguez, J-L., Sola-Ruiz, M.F., Granell-Ruiz, M., Fons-Font, A., *Fractographic study of the behaviour of different ceramics veneers on full coverage crowns in relation to supporting core materials*, *J Clin Exp Dent*, 2013 : 5(5):260-6
3. Martanto, P., *Ilmu Gigi Tiruan Jembatan Jilid 2*, 1982 : p:118-51. Alumni, Bandung

4. Aloumari, Q., Bader, A., Quaidemat, M., Omar, R., Re-treatment decisions for failed posterior restorations among dentists in Kuwait, *European J of Dentistry*;4:41-49
5. Phillips, R.W., 1982. *Skinner's Science of Dental Material 12th ed.*, 2013: p.418-73. WB Saunders, Philadelphia
6. O'Brien,W.J., Strengtening mecahanism of current dental porcelain, *Compend Contin Educ Dent*, 2000 : 21:625-32
7. Soderholm, K.J., Fracture of dental materials, *InTech*, 2012 : 4:110-141
8. Sakaguchi, R.L., Powers, J.M., *Craig's Restorative Dental Materials 13th Ed.* , 2012 : p: 300. Elsevier
9. Krisnan, G.A., *Effect of coping design on the fracture resistance of pressable zirconia core ceramics*, 2010: p:17-26. Michigan
10. Sinabutar, E.D <http://repository.usu.ac.id/bitstream/23939/4/ chapter%2011>, diunduh tanggal 9 September 2014
11. Saridag, S., Tak, O., Alniacik, G., Basic properties and types of zirconia:an overview, *World J Stomatol*, 2013 : 2(30):40-47
12. Philatadka, S., Vahalova, D., Vosahlo, T., The zirconia: a new dental ceramic material. an overview,*Praque Medical Report* 2007:108(1):5-12
13. Anusavice, K.J., Shen, C., Rawls, H.R., *Phillip's Science of Dental Materials 12^{ed}*, 2013 : p:418-73. Elsevier-Saunders, Missouri
14. Bakke, M., Bite force and occlusion, *Seminars in Orthodontics*, 2006: 12(2):120-26
15. Drummond, J.L, King, T.J., Bapna, M.S., Koperski, R.D., Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics, *Dent Mater* , 2003 :16:226-33
16. Kwon, T.K., Pak, H-S., Yang, J-H., Han, J-S., Lee, J-B., Kim, S-H., Yeo, I-S., Comparative fracture strength analysis of Lava and Digident CAD/CAM zirconia ceramic crown, *J Adv Prosthodont* , 2013:5:92-7
17. Aykul, H., Toparli, M., Dalkiz, M., A calculation stress distribution in metal-porcelain crowns by using three-dimensional finite element method, *J Oral Rehabil*, 2002 : 29:381-6
18. Sadan, A., Blatz, M., B., Lang, B., Clinical consideration for densley sintered alumina and zirconia restorations:Part 1, *J Periodontics Restorative Dent*, 2005 : 25(3):213-19
19. Jalalian, E., Aletaha, N.S., The effect of two marginal designs (chamfer and shoulder) on the fracture resistance of all-ceramic restorations, Inceram: An in-vitro study, *J. Prosth R*, 2011 : 55:121-25
20. Van Noort, R., *Introduction to Dental Materials 3rd edition*, 2007: p : 256-260, Mosby Elsevier, Philadelphia
21. Piconi, C., Macauro, G., Zirconia as ceramic bio-material, *Biomaterials*, 1999: 20:1-25