

**PENGARUH VARIASI PENEKANAN PADA KERAMIK MODERN  
DENGAN PENAMBAHAN ZIRKON (ZrSiO<sub>4</sub>) TERHADAP  
LAJU KEAUSAN DAN SUSUT BAKAR**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI MANUFAKTUR**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan**

**Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh :**

**IKRAUL IKMAL HIKMANTARA**

**NIM : 145060207111028**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN MESIN**

**2018**

## PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil ‘alamin atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Penekanan Pada Keramik Modern Dengan Penambahan Zirkon ( $ZrSiO_4$ ) Terhadap Keausan dan Busut Bakar”** dengan baik dan lancar. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah mensupport dan membantu dalam terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih kepada :

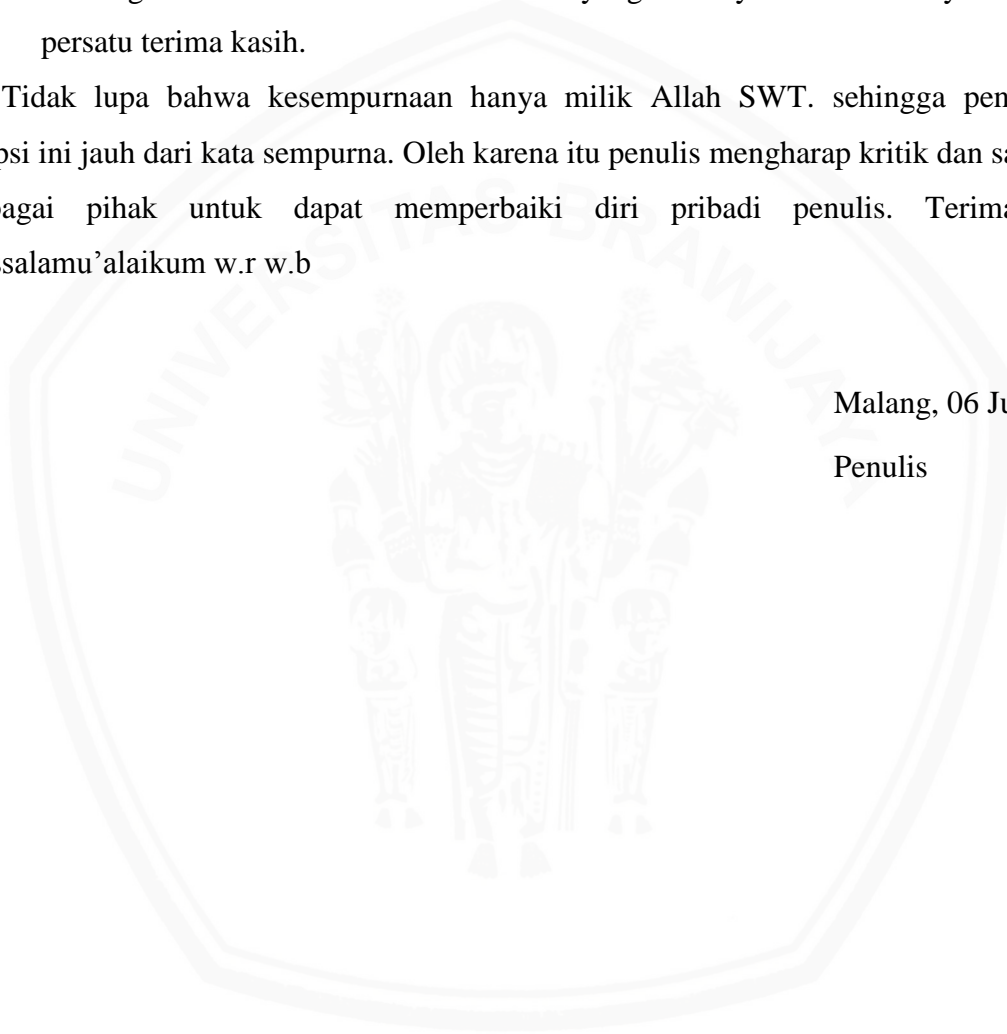
1. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT. Met. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, arahan, motivasi, perilaku yang baik, dan ketersediaan waktunya untuk membimbing selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, motivasi, dan waktunya untuk membimbing kesempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Djarot B. Darmadi, Ir., MT selaku Ketua Jurusan yang telah memperlancar proses skripsi saya
4. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng selaku Sekretaris Jurusan yang telah memperlancar proses skripsi saya.
5. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dari awal perkuliahan
6. Bapak Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng selaku dosen yang telah memperlancar proses awal dalam mengurus skripsi
7. Bapak Purnami ST., MT Selaku dosen yang telah memperlancar proses awal dalam skripsi
8. Bapak Mega Nur Sasongko, ST., MT selaku dosen yang telah berpartisipasi dalam memperlancar proses skripsi
9. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT selaku dosen yang telah berpartisipasi dalam memperlancar proses skripsi
10. Kedua Orang Tua yang telah mendoakan, memberi kasih sayang dan selalu mendukung selama proses perkuliahan.
11. Dyah Ghani Windiyarti, Moh. Januar Bahariyanto, Fajrin Febriani Iriyanti selaku kakak dan adik salah satu penyemangat saya.
12. Hidayatul Laili A.md.Keb yang selama ini telah memberikan kasih sayang, perhatian dan memberi semangat.
13. Keluarga KBMJ Mad Djari yang telah membantu perkuliahan selama di Malang.

14. Teman - teman AVC yang selalu membantu dan memberi hiburan selama ini.
15. Teman-teman M14VA Mesin 2014 yang telah mewarnai hidup saya selama 4 tahun atas kebersamaan, suka, dan duka.
16. Ahmad Abdul Haq, dan Rinaldo Ginting Suka, Ghana Awiyakta yang telah menjadi partner dalam pengerjaan skripsi.
17. Karyawan Abadi Dental Laboratory yang telah memberikan ilmu dan fasilitas atas keberhasilan skripsi ini.
18. Keluarga besar dan teman-teman semua yang tentunya tidak bisa saya sebut satu persatu terima kasih.

Tidak lupa bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. sehingga penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran dari berbagai pihak untuk dapat memperbaiki diri pribadi penulis. Terima kasih Wassalamu'alaikum w.r w.b

Malang, 06 Juni 2018

Penulis



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 20 Juli 2018

Mahasiswa,


Ikraul Ikmal Hikmantara

NIM. 14506020711128

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH VARIASI PENEKANAN PADA KERAMIK MODERN**  
**DENGAN PENAMBAHAN ZIRKON ( $ZrSiO_4$ ) TERHADAP**  
**KEAUSAN DAN SUSUT BAKAR**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**IKRAUL IKMAL HIKMANTARA**  
**NIM. 145060207111028**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 12 Juli 2018

**DOSEN PEMBIMBING I**

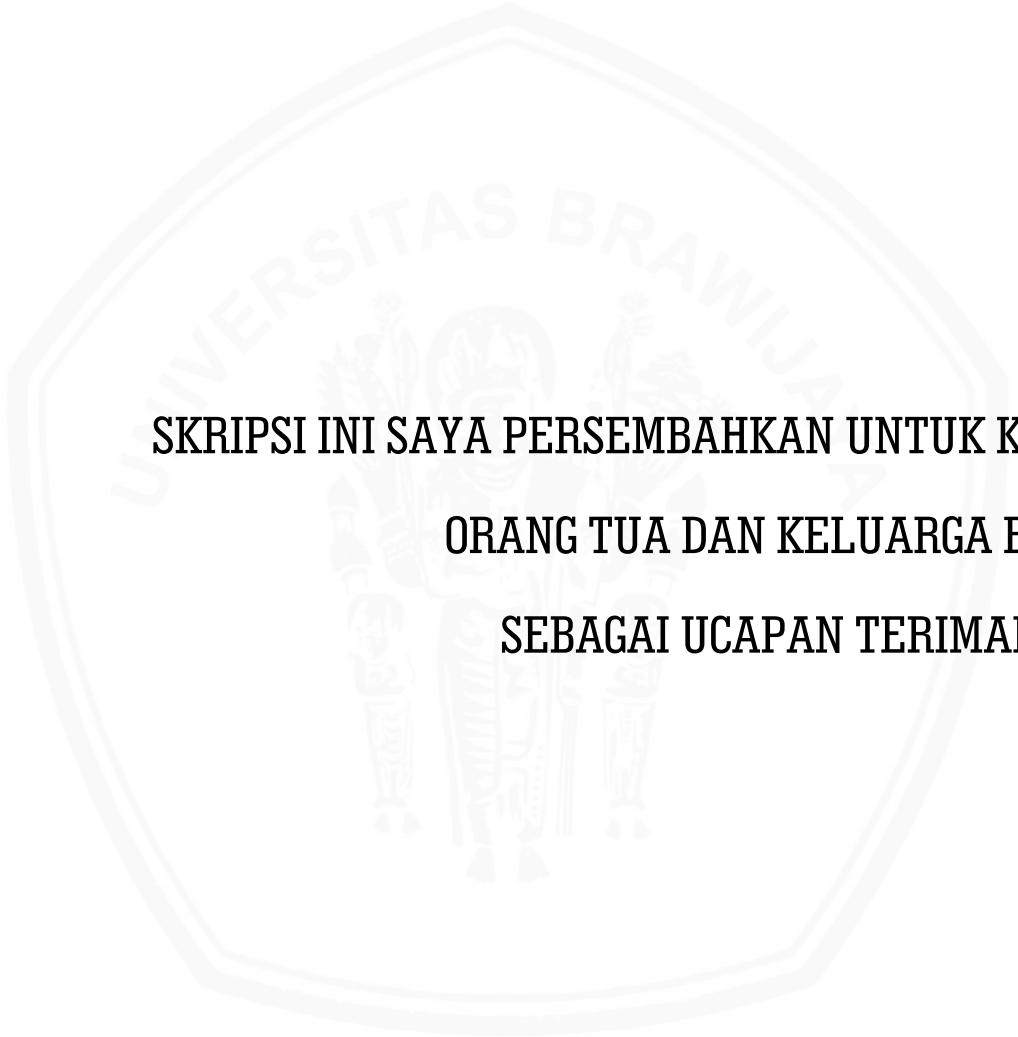
**Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT .Met.**  
**NIP 19551117 198601 1 001**

**DOSEN PEMBIMBING II**

**Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng**  
**NIP 19841007 201212 1 001**

**Mengetahui,**  
**KETUA PROGRAM STUDI S1**

**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
**NIP 19740930 200012 1 001**



**SKRIPSI INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK KEDUA  
ORANG TUA DAN KELUARGA BESAR  
SEBAGAI UCAPAN TERIMAKASIH**

## RINGKASAN

Ikraul Ikmal Hikmantara, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 7 Juni 2018, Pengaruh Variasi Penekanan Pada Keramik Modern Dengan Penambahan Zirkon ( $ZrSiO_4$ ) Terhadap Laju Keausan Dan Susut Bakar, Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto, Bayu Satriya Wardhana.

Keramik dibuat menggunakan campuran bahan clay, kaolin, silikat dan lain-lain. Pada kali ini bahan tersebut di kombinasikan dengan zircon ( $ZrSiO_4$ ) Proses pembentukan pada keramik modern menggunakan metode penekanan. Fungsi penelitian ini didalam bidang medis terutama kedokteran gigi digunakan sebagai pembuatan gigi tiruan. Karena gigi sering bergesekan dengan makanan untuk itu perlu dilakukan pengujian keausan. Salah satu proses pembuatan keramik yaitu dibakar, saat pembakaran tersebut bahan keramik mengalami penyusutan dimensi akibat kenaikan suhu Untuk mengetahui seberapa besar penyusutan yang terjadi, maka penelitian ini perlu dilakukan pengujian susut bakar.

Dalam penelitian ini waktu penekanan 10 menit setiap spesimen. Variasi yang digunakan tingkat penekanan pada spesimen 110, 160, 220, 275  $N/cm^2$  . Bahan yang digunakan kaolin 55%, silika 10%, feldspar 15% dan zirkon silikat ( $ZrSiO_4$ ) 20% dan di bakar dengan suhu pembakaran 1100-1300°C, setelah itu diuji keausan dan susut bakar.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat penekanan maka nilai susut bakar semakin turun. Nilai susut bakar paling tinggi pada tekanan 275  $kg/cm^2$  sebesar 4,5 % sedangkan paling rendah pada tekanan 110  $kg/cm^2$  sebesar 2,6 % . Semakin tinggi tingkat penekanan maka laju keausan semakin turun. Nilai laju keausan paling tinggi pada tekanan 275  $kg/cm^2$  sebesar 0,00147  $mm^3/Nm$ , sedangkan paling rendah pada tekanan 110  $kg/cm^2$  sebesar 0,0047  $mm^3/Nm$ .

Kata kunci : Keramik, zirkon silikat, keausan, susut bakar.

## SUMMARY

Ikraul Ikmal Hikmantara, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, 7 Jun 2018, The Effect of Variation Pressure on Modern Ceramics with Zircon Addition (ZrSiO<sub>4</sub>) To Wear Rate and Shrinkage, Supervisor: Wahyono Suprpto, Bayu Satriya Wardhana.*

*Ceramic tile is made using a mixture of ingredients, kaolin clay, silicate and others. At this time the material combine with zircon (ZrSiO<sub>4</sub>). The process of formation in modern ceramic method using emphasis. The function of this research in the medical field especially dentistry used as making dentures. Because the teeth rub together often with food for it to be done testing the wear and tear. One of the ceramic-making process that is burnt, the combustion time of ceramic material undergoes shrinkage due to temperature increase dimensions to find out how big the shrinkage that occurs, then the research needs to be done testing shrink burn.*

*In this study the emphasis time 10 minutes per specimen. Variation-level emphasis on specimens 110, 160, 220, 275 N/cm<sup>2</sup>. Materials used kaolin 55% silica 10%, 15% feldspar and zircon silicate (ZrSiO<sub>4</sub>) 20% and in the fuel combustion with a temperature of 1100-1300 °C, after it tested wear and shrinkage.*

*Based on the results of the study it can be concluded that the higher the level the emphasis the value shrink fuel getting down. Most burn high shrinkage value at 275 kg/cm<sup>2</sup> pressure of 4.5% while the lowest at 110 kg/cm<sup>2</sup> pressure of 2.6%. The higher the level the emphasis then the rate of wear and tear getting down. The value of the rate of wear and tear is highest at 275 kg/cm<sup>2</sup> pressure of 0.00147 mm<sup>3</sup>/Nm, whereas most low pressure 110 kg/cm<sup>2</sup> of 0.0047 mm<sup>3</sup>/Nm.*

*Keywords: ceramics, zircon silicate, wear, shrinkage,*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Keramik.....	6
2.2.1 Macam-macam Keramik.....	6
2.2.2 Bahan-bahan Keramik.....	7
2.3 Proses Pembuatan Keramik Modern.....	10
2.4 Zirconia Silikat ( $ZrSiO_4$ ).....	12
2.5 Penyusutan Keramik.....	13
2.6 Keausan.....	13
2.6.1 Pengertian Keausan.....	13
2.6.2 Jenis Keausan.....	14
2.6.3 Pengukuran Keausan Keramik.....	15
2.7 Pembuatan Gigi Tiruan.....	16
2.8 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	18
2.8 Hipotesis.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.3 Variabel Penelitian.....	21
3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan.....	22
3.4.1 Alat yang digunakan.....	22
3.4.2 Skema Penelitian.....	24
3.4.3 Bahan yang Digunakan.....	25
3.5 Proses Pembuatan Spesimen.....	25
3.6 Dimensi Spesimen.....	26
3.7 Prosedur Penelitian.....	26



3.8 Analisa Grafik.....	26
3.9 Diagram Alir Penelitian .....	27
3.10 Rancangan Penelitian.....	28
3.11 Cetakan Gigi .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Hasil .....	31
4.1.1 Data Hasil Penelitian .....	31
4.2 Pengolahan Data .....	31
4.2.1 Perhitungan Volume Keramik Sebelum dan Sesudah Pembakaran .....	31
4.2.2 Perhitungan Susut Bakar.....	32
4.4.3 Perhitungan Laju Keausan.....	32
4.3 Hasil Pengujian SEM.....	35
4.4 Perbandingan Hasil Spesimen Keramik Berbentuk Gigi.....	36
4.5 Pembahasan .....	38
4.5.1 Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Susut Bakar.....	38
4.5.2 Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Laju Keausan .....	39
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bahan Keramik Yang Digunakan, (A) <i>Feldspar</i> , (B) Kaolin, (C) Silika, (D) $ZrSiO_4$ .....	10
Gambar 2.2	Jenis Keausan (A) Keausan <i>Adhesive</i> , (B) Keausan <i>Abrasif</i> , (C) Keausan Lelah, (D) Keausan Erosi .....	14
Gambar 2.3	Skema pengujian keausan dengan metode <i>pin on disc</i> .....	15
Gambar 2.4	Skema SEM.....	19
Gambar 2.5	Hasil Foto SEM Gigi Asli .....	20
Gambar 3.1	Alat Ukur (a) Timbangan Elektrik, (b) <i>Vernier Caliper</i> (c) Mesin Pengguncang Rotap, (d) <i>Thermometer</i> , (e) <i>Pressure Gauge</i> , (f) Alat Uji Keausan .....	24
Gambar 3.2	Peralatan Proses (a) <i>Hydraulic Press</i> , (b) Tungku Pembakaran, (c) Cetakan Spesimen.....	24
Gambar 3.3	Skema penelitian .....	26
Gambar 3.4	Bahan yang digunakan .....	27
Gambar 3.5	Dimensi Spesimen.....	28
Gambar 3.6	Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 3.7	Cetakan gigi .....	30
Gambar 4.1	Foto Mikrostruktur (a) Permukaan Spesimen dengan Perbesaran 2000x, (b) Permukaan Spesimen Gigi Asli dengan Perbesaran 2000x.	36
Gambar 4.2	Perbandingan keramik berbentuk gigi .....	36
Gambar 4.3	Spesimen Keramik Sebelum Pengujian Keausan .....	37
Gambar 4.4	Spesimen Keramik Setelah Pengujian Keausan.....	37
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Susut Bakar .....	38
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Laju Keausan ..	39

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Bahan Baku Keramik Plastis .....	7
Tabel 2.2	Bahan Baku Non Keramik Plastis.....	8
Tabel 2.3	Proses Pembentukan <i>Pressure Casting</i> .....	11
Tabel 2.4	Proses Pembentukan <i>Slip Casting</i> .....	12
Tabel 2.5	Perbandingan Pembuatan Gigi Tiruan .....	17
Tabel 3.1	Variasi Penekanan Pada Keramik Terhadap Keausan .....	30
Tabel 3.2	Variasi Penekanan Terhadap Susut Bakar .....	30
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Spesimen Keramik Sebelum Proses Pembakaran.....	31
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Spesimen Keramik Setelah Proses Pembakaran.....	31
Tabel 4.3	Volume Spesimen Keramik Sebelum dan Sesudah Proses Pembakaran.....	32
Tabel 4.4	Nilai Susut Bakar Pada Spesimen Keramik.....	32
Tabel 4.5	Berat Spesimen Setelah Uji Keausan .....	33
Tabel 4.6	Data Hasil Perubahan Volume Spesimen .....	34
Tabel 4.7	Data Hasil Perhitungan Laju Keausan .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Foto SEM	



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Semakin majunya perkembangan zaman, teknologi dalam usaha manufaktur terus berkembang, salah satunya adalah pembuatan keramik. Di Indonesia, keramik sudah dikenal sejak zaman *Neolithikum*, diperkirakan rentang waktunya mulai dari 2500 SM–1000 SM. Awalnya manusia membuat alat bantu untuk kebutuhan hidupnya, mulai dari membuat kapak dari batu, kemudian membuat wadah-wadah yang terbuat dari tanah liat. Teknik pembuatannya dilakukan dengan tangan, dan untuk memadatkan serta menghaluskan digunakan benda keras seperti papan. Setelah itu keramik terus semakin berkembang dimana fungsi keramik sudah banyak digunakan sebagai peralatan masak, bahan membuat bangunan, hiasan ruangan, serta keramik juga sudah digunakan di bidang medis sebagai bahan *bioceramics*.

Setiap manusia akan mengalami masa tua dan penuaan, akibatnya beberapa fungsi organ tubuh sudah mulai menurun, contohnya seperti gigi. Pada orang yang sudah lanjut usia akan mengalami kehilangan gigi secara permanen. Solusi dari permasalahan tersebut adalah pembuatan gigi tiruan. Pada saat ini pembuatan gigi tiruan sangat mahal karena bahan yang digunakan susah untuk dicari. Karena hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengatasi masalah dimana pembuatan gigi tiruan menggunakan bahan yang banyak ditemukan khususnya di daerah Indonesia. Salah satu bahan tersebut yaitu *zirconia* ( $ZrO_2$ ), dimana *zirconia* merupakan salah satu bentuk oksida dari logam. Bahan ini merupakan material refraktori (bahan tahan panas) yang memiliki sifat kekerasan 7,5 Mohs, serta memiliki sifat biokompatibel. *Zirconia* juga mudah untuk distabilkan oleh oksida logam lain untuk memodifikasi sifat fisik, mekanik, dan kimianya (Kwela, 2006). Salah satu sumber *zirconia* di alam yaitu pasir *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) yang tersebar di wilayah Indonesia. Dengan menggunakan bahan-bahan keramik yang mudah di cari seperti *clay*, kaolin, silikat dan pasir *zircon* ( $ZrSiO_4$ ), untuk dibuat sebagai bahan dasar pembuatan gigi tiruan maka diharapkan para industri keramik terutama tingkat menengah kebawah dapat memanfaatkannya.

Gigi berfungsi sebagai alat bantu untuk menghaluskan makanan supaya dapat dicerna oleh tubuh, akibat yang ditimbulkan adalah gigi sering bergesekan dengan makanan, untuk itu perlu dilakukan pengujian keausan agar nantinya gigi tiruan dari keramik ini mampu

menahan gesekan yang sering ditimbulkan oleh makanan. Salah satu proses pembuatan keramik yaitu dibakar, bahan baku keramik yang sudah dicetak kemudian dibakar pada suhu tinggi, saat pembakaran tersebut bahan keramik akan mengalami penyusutan dimensi akibat kenaikan suhu yang terjadi. Untuk mengetahui seberapa besar penyusutan yang terjadi, maka penelitian ini perlu dilakukan pengujian susut bakar. Tujuannya adalah saat membuat keramik dapat menentukan seberapa banyak bahan yang diperlukan, supaya bahan tersebut setelah dibakar dapat menyusut sesuai dengan dimensi keramik yang diinginkan.

Sifat yang dimiliki oleh gigi tiruan harus kuat dan tahan terhadap gesekan agar dapat menghaluskan makanan dengan baik., pada umumnya proses pembuatan keramik di cetak kemudian dibakar guna memperbaiki sifat mekanik dari keramik supaya lebih keras. Selain dilakukan pembakaran maka akan dilakukan proses pembentukan dengan variasi tingkat penekanan untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih keras dan lebih tahan terhadap gesekan. Untuk membuktikan percobaan tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) terhadap keausan dan susut bakar

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) terhadap laju keausan dan susut bakar.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluas permasalahan pada penelitian ini, maka penulis memberikan batasan masalah, yakni sebagai berikut:

1. Bahan campuran keramik sudah terdistribusi secara merata
2. Mekanisme pengerasan pada keramik yang telah dicampur *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) adalah secara konvensional.
3. Suhu pembakaran dianggap terdistribusi secara merata pada spesimen
4. Pengujian yang dilakukan adalah keausan dan penyusutan pada saat susut bakar.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ )
2. Mengetahui nilai laju keausan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) menggunakan variasi penekanan.
3. Mengetahui nilai peyusutan saat susut bakar pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) menggunakan variasi penekanan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) terhadap laju keausan dan susut bakar
2. Dapat memberikan masukan bagi industri maupun bidang medis tentang pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ )
3. Menambah pengetahuan bagi para pembaca tentang pengaruh *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) pada keramik modern
4. Sebagai kelanjutan bagi penelitian yang telah saya lakukan untuk penelitian selanjutnya.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Kristasari (2016), penelitian tentang studi eksperimental laju keausan material gigi tiruan dari resin akrilik berpenguat *fiberglass* dengan variasi susunan serat penguat. Pada penelitian ini beban yang digunakan adalah sebesar 2 kg (19,6 N), nilai *sliding speed* yang digunakan 0,07 m/s. Didapatkan hasil pengujian laju keausan pada spesimen uji dari resin akrilik berpenguat 7% serat berpola yaitu 0,0022 mm<sup>3</sup>/Nm, dan laju keausan pada spesimen uji dari resin akrilik berpenguat 7% serat berpola acak yaitu 0,0047 mm<sup>3</sup>/Nm.

Wibowo (2013), penelitian tentang pengaruh komposisi tanah liat, kaolin dan kwarsa serta suhu pembakaran terhadap sifat keramik modern. Pembentukan *clay body* atau campuran formula tanah liat dilakukan dengan cara tradisional, yaitu dengan menumbuk halus dan mencampurkan seluruh komponen formulakemudian spesimen dibentuk berbentuk balok. Dengan hasil pengujian yaitu penyusutan bakar terendah pada suhu 1200 °C dicapai oleh campuran kaolin-kwarsa 10%-20% dengan nilai 4,93%.

Tarina (2012), melakukan penelitian tentang studi eksperimental laju keausan (*specific wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada *dental prosthesis*. Beban yang digunakan pada penelitian ini 2,26 kg (22,24 N), kecepatan *sliding* sebesar 0,07 m/s. Didapatkan hasil pengujian laju keausan pada fraksi volume serat 0%-1% sebesar 0,0026 mm<sup>3</sup>/Nm.

Subarmono (2011), penelitian tentang kekerasan dan laju keausan komposit alumunium diperkuat dengan keramik *zirconia* yang dibuat dengan metalurgi serbuk. Didapatkan hasil pengujian yaitu laju keausan menurun seiring dengan kenaikan fraksi berat ZrO<sub>2</sub> sampai 5% dan salebihnya akan cenderung konstan. Laju keausan komposit disamping dipengaruhi oleh komponen bahan yang lebih keras (ZrO<sub>2</sub>) juga dipengaruhi ikatan antara ZrO<sub>2</sub> dan bahan matrik.

Maghfirah (2007), melakukan penelitian tentang pembuatan keramik *zirconia* (ZrO<sub>2</sub>) dengan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan karakterisasinya. Hasil yang diperoleh adalah kekerasan untuk setiap sampel mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan suhu sintering. Pada suhu 1200 °C nilai kekerasan untuk setiap sampel keramik diantara 772,45 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 805,63 kgf/mm<sup>2</sup>.

## 2.2 Keramik

Keramik berasal dari bahasa latin yaitu *kermikos* yang berarti tembikar atau peralatan yang terbuat dari lempung dan mengalami pembakaran dengan suhu tinggi. Keramik adalah gabungan bahan anorganik yang dibakar pada suhu tinggi sehingga terjadi grasisasi yang bersifat permanen

Keramik adalah peralatan yang terbuat dari lempung dan dibakar pada suhu tinggi. Keramik merupakan bahan yang mempunyai karakteristik senyawa logam dan bukan logam. Senyawa tersebut memiliki ikatan *ionic* dan ikatan kovalen, Vlack (1991). Keramik merupakan bahan komposit yang memiliki tahanan suhu tinggi, keausan dan korosi yang lebih baik dari pada super *alloy* namun memiliki sifat yang getas, Subianto &Subowo (2003). Bahan baku keramik yang umum di pakai adalah *felspard, ball clay*, kuarsa, kaolin dan air. Bahan keramik tidak semuanya berasal dari tanah liat tetapi juga ada keramik yang terbuat dari bahan logam yaitu ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ , dan lain-lain).

### 2.2.1 Macam-macam Keramik

#### 1. Keramik tradisional

Keramik tradisional merupakan keramik yang penggunaan bahannya menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, feldspar, dan lain-lain. Pembuatan keramik tradisional masih menggunakan peralatan yang sederhana serta untuk pembentukan keramik masih dilakukan dengan tangan langsung seperti teknik pilin, teknik pijat, dan teknik lempengan. Keramik tradisional mempunyai sifat permukaan yang kurang mengkilap, warnanya terkadang tidak sesuai dengan keinginan konsumen, teksturnya sedikit kasar. Yang termasuk dalam keramik tradisional adalah: barang pecah belah (*dinnerware*) contoh: gelas, piring, dan lain-lain, keperluan rumah tangga (*tile, bricks*) contoh: batu- bata, genting). Keramik tradisional yang terdiri dari tanah liat, flint, dan feldspar tahan sampai dengan suhu  $1200\text{ }^{\circ}C$ .

#### 2. Keramik Modern

Keramik modern atau biasa disebut keramik teknik merupakan keramik yang penggunaan bahannya menggunakan oksida logam, Keramik modern yang terbuat dari oksida logam antara lain ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $BaTiO_2$ ). Proses pembentukan pada keramik modern menggunakan penekanan, sifat yang dihasilkan dari keramik modern lebih mengkilap dibandingkan dengan keramik tradisional, warna lebih baik dan lebih halus. Penggunaannya yaitu pada elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin,

bidang medis, konstruksi bangunan, dan industri nuklir. Suhu sintering pada pembuatan keramik modern berkisar 1300 °C – 2000 °C.

### 2.2.2 Bahan-bahan Keramik




Berdasarkan sifat-sifatnya bahan baku keramik dibedakan menjadi 2 bagian, Astuti (1997). :

#### 1. Bahan Baku Keramik Plastis

Bahan baku plastis adalah bahan baku yang dapat dibentuk menjadi benda. Bahan baku yang terpenting disini adalah tanah liat (*clay*) karena bahan ini mengandung sifat:

- Dengan penambahan sejumlah cairan tertentu dapat menjadi plastis dan dapat mudah dibentuk.
- Tidak akan meleleh dan kehilangan bentuk setelah mengalami proses pada temperatur tinggi, yaitu diatas 800°C. dan mempunyai daya ikat untuk bahan non plastis. Bahan baku keramik plastis dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bahan Baku Keramik Plastis


Jenis	Definisi	Sifat
Kaolin 	Tanah liat yang mengandung mineral <i>kaolinite</i> sebagai bagian yang terbesar (tanah liat primer). Digunakan untuk membuat keramik dengan dasar warna putih	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Berbulir halus</li> <li>· Warna putih</li> </ul>
Ball Clay 	Tanah liat yang sangat plastis untuk keramik, bentuknya dialam seperti bola-bola (tanah liat sekunder).	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Berbutir sangat halus</li> <li>· Sangat plastis</li> <li>· Warna mentah abu-abu</li> </ul>
Stoneware clay 	Jenis lempung sedimen, banyak mengandung mineral <i>feldspar</i> yang tergabung dengan tanah plastis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Plastis</li> <li>· Warna mentah abu-abu</li> </ul>

Jenis	Definisi	Sifat
<p><i>Earthenware clay</i></p> 	Dipakai untuk pembuatan gerabah atau bata merah. Merupakan tanah sekunder dan banyak mengandung oksidasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Plastis</li> <li>· Warna bakarnya kuning, jingga, merah, coklat, sampai hitam</li> <li>· Warna mentahnya merah, coklat, kehijauan atau abu-abu</li> </ul>
<p><i>Fire clay</i></p> 	Termasuk jenis lempung sekunder.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Tahan api (<i>refractory</i>) dan suhu tinggi</li> <li>· Plastis Tekstur kasar</li> </ul>
<p><i>Bentonite</i></p> 	Lempung dengan sifat plastis tinggi. Berasal dari pelapukan batuan vulkanik yang banyak mengandung silika	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Partikel sangat halus</li> <li>· Banyak mengandung silika halus</li> </ul>

## 2. Bahan baku keramik non plastis

Bahan keramik non plastis adalah bahan yang tidak dapat dibentuk. Dengan cara diuraikan bahan baku keramik non plastis dapat dimanfaatkan sebagai campuran keramik. Bahan baku keramik non plastis dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Bahan Baku Keramik Non Plastis

Jenis	Definisi	Kegunaan
<p>Silika</p> 	Merupakan bahan yang paling penting dari semua bahan-bahan keramik. Terdapat dalam pasir silika.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengurangi susut kering</li> <li>- Mengurangi susut waktu dibakar</li> <li>- Melindungi rangka selama pembakaran</li> <li>-</li> </ul>

Jenis	Definisi	Sifat
<p><i>Flint</i></p> 	<p>Disebut juga agat komposisi SiO<sub>2</sub> murni.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan penambah untuk membuat keramik</li> <li>- Ditambahkan pada glasir untuk mengurangi retak-retak (<i>crazing</i>).</li> </ul>
<p><i>Feldspar</i></p> 	<p>Merupakan bagian terbesar dari batuan beku asam jenis granit atau pegmatit, berwarna putih relatif lunak dan dapat memberikan hingga 25% <i>flux</i> (pelebur) pada keramik.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memberi kekuatan dan kekakuan pada keramik.</li> <li>- Banyak dipakai dalam keramik halus.</li> </ul>
<p>Alumina</p> 	<p>Alumina jarang didapatkan dalam bentuk murni, salah satu bentuk yang paling murni adalah bauksit. Secara terpisah, alumina tidak akan lebur hingga 2000°C, namun apabila ditambahkan pada silika murni, maka suhu leburnya menjadi 1545°C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengontrol dan mengimbangi pelelehan</li> <li>- Memberikan kekuatan pada badan maupun gelasir</li> <li>- Tekstur lebih kasar</li> </ul>
<p><i>Talc</i></p> 	<p>Merupakan mineral yang banyak mengandung magnesium.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Banyak dipakai sebagai bahan pengisi (<i>filler</i>) dan beberapa bahan penutup pada keramik</li> <li>- Mensuplai <i>flux</i> dan silika untuk badan keramik</li> <li>- Tekstur lebih halus</li> </ul>

Bahan keramik yang digunakan pada penelitian ini yaitu *feldspar*, kaolin, silika, *zirconia* silikat ( $ZrSiO_4$ ) atau pasir *zircon* tercantum pada gambar 2.1 :

1. Feldspar adalah suatu kelompok mineral yang berasal dari batu karang yang ditumbuk dan dapat memberikan sampai 25 % flux (pelebur) pada badan keramik. Bila keramik dibakar, feldspar akan melebur dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lain. Memiliki densitas 2,52 ( $gram/cm^3$ ).
2. Kaolin merupakan tanah liat yang memiliki densitas 2,41 ( $gram/cm^3$ ) dan mengandung mineral *kaolinite* sebagai bagian yang terbesar (tanah liat primer).
3. Silika memiliki densitas 2,65 ( $gram/cm^3$ ) dan dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ )
4. *Zirconia* ( $ZrO_2$ ) merupakan salah satu material refraktori (bahan tahan panas), digunakan sebagai bahan keramik maupun bahan biomaterial dalam bidang medis. Salah satu sumber *zirconia* di alam yaitu pasir *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) yang tersebar di wilayah Indonesia, Mutimmah (2013). pasir *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) memiliki densitas 4,7 ( $g/cm^3$ ) dan kekerasan 7,5 Mohs, Tingley (2015).



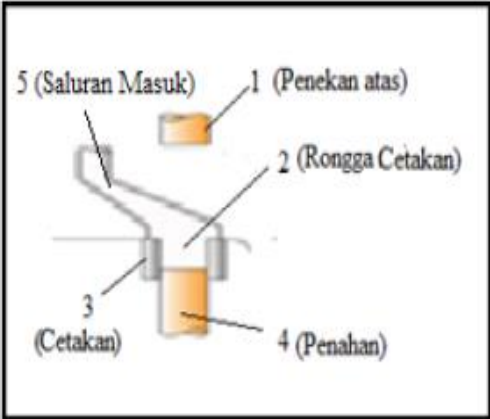
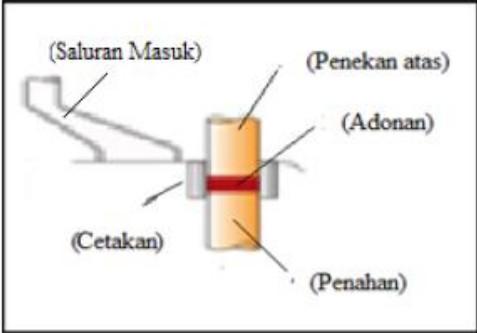
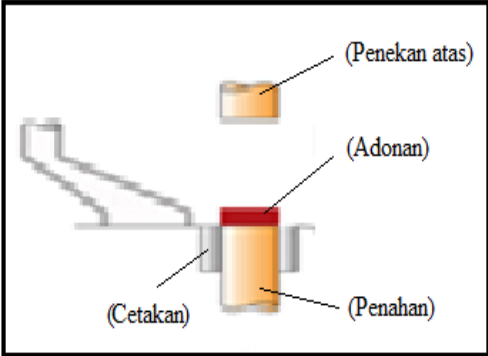
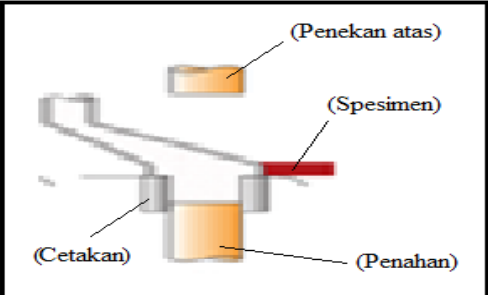
Gambar 2.1 Bahan keramik yang digunakan, (a) *feldspar*, (b) kaolin, (c) silika, (d)  $ZrSiO_4$

## 2.3 Proses Pembuatan Keramik Modern

### A. Pembentukan

Proses pembentukan pada spesimen keramik menggunakan metode *pressure casting*.

Tabel 2.3 Proses Pembentukan *Pressure Casting*

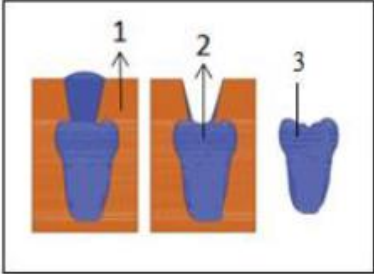
No.	<i>Pressure Casting</i>	Keterangan
1.		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penekan atas berguna untuk menekan adonan.</li> <li>2. Rongga cetakan untuk tempat bahan baku adonan keramik yang akan di cetak.</li> <li>3. Cetakan untuk tempat alat penekan, tempat untuk rongga adonan dan tempat untuk penahan.</li> <li>4. Penahan untuk menahan tekanan dari alat penekan</li> <li>5. Saluran masuk sebagai tempat masuknya adonan ke dalam rongga cetakan</li> </ol>
2.		<p>Proses mengisi yaitu semua bahan keramik dimasukkan ke dalam rongga cetakan melalui saluran masuk.</p> <p>Proses menekan, dimana saluran masuk digeser kemudian alat penekan menekan adonan sesuai dengan tekanan yang ditentukan.</p>
3.		<p>Proses mendorong, dimana penahan mendorong adonan sampai keluar dari rongga cetakan.</p>
4.		<p>Proses menggeser, dimana saluran masuk akan bergeser mendorong spesimen keluar cetakan, dan saluran masuk akan kembali lagi ke posisi semula agar bisa dilakukan proses pengisian kembali.</p>

Sumber : Callister (2007)



Proses pembuatan spesimen berbentuk gigi menggunakan metode *slip casting*, metode tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Proses Pembentukan *Slip Casting*

<i>Slip Casting</i>	Keterangan
	<p>Proses ini menggunakan cetakan dengan dinding yang berlubang sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Setelah adonan dimasukkan ke dalam cetakan yang berlubang kemudian diberi tekanan. Setelah itu adonan akan berbentuk seperti spesimen pada cetakan.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dinding cetakan</li> <li>2. Cetakan yang berlubang</li> <li>3. Hasil Spesimen yang sudah dicetak</li> </ol>

#### B. Densifikasi

Setelah keramik dibentuk maka selanjutnya akan dilakukan proses *densifikasi*, dimana proses ini menggunakan panas yang tinggi dengan tujuan untuk menjadikan sebuah keramik yang keras dan padat. Proses pemanasan ini dilakukan didalam tungku (*furnace*) dengan temperatur antara 1000 °C sampai 1700 °C. Hasil yang diperoleh dari proses pemanasan ini adalah mendapatkan struktur internal yang tersusun rapi dan sangat padat serta meningkatkan kekerasan keramik.

#### 2.4 Zirconia Silikat (ZrSiO<sub>4</sub>)

*Zirconia* (ZrO<sub>2</sub>) merupakan salah satu bentuk oksida dari logam Bahan ini merupakan material refraktori (bahan tahan panas) yang memiliki kekerasan 7,5 Mohs serta memiliki sifat biokompatibel. *Zirconia* juga mudah untuk distabilkan oleh oksida logam lain untuk memodifikasi sifat fisik, mekanik, dan kimianya, Kwela (2006). *Zirconia* digunakan sebagai material refraktori pada keramik karena mampu bertahan pada temperaturi tinggi dan juga mempunyai ketangguhan, strength yang relatif tinggi. Material keramik sering dimanfaatkan sebagai pelapis benda pada lingkungan korosif karena material keramik tahan terhadap karat ataupun ketika kontak dengan bahan yang bersifat korosif, Ardiansyah (2011). Salah satu sumber *zirconia* di alam yaitu pasir *zircon* (ZrSiO<sub>4</sub>) yang tersebar di wilayah Indonesia.

## 2.5 Penyusutan Keramik

. Penyusutan adalah perubahan berkurangnya dimensi yang terjadi akibat adanya perubahan temperatur. Perhitungan untuk mengetahui besarnya penyusutan dilakukan dengan cara mengamati perubahan panjang atau volume benda akibat kenaikan temperatur yang terjadi. Pengujian penyusutan dilakukan menggunakan standard ASTM D 955-00.

Sebelum menjadi keramik, bahan baku akan mengalami penyusutan ketika dikeringkan, yaitu disebut dengan istilah susut kering dimana menguapnya air pembentuk dan air selaput pada badan dan permukaan bahan baku keramik sehingga menyebabkan butiran bahan baku tersebut menjadi rapat satu sama lain. Selanjutnya saat pembakaran bahan baku keramik akan terjadi penyusutan kembali, dimana menguapnya sisa air pembentukan. Jumlah persentase penyusutan di persyaratkan antara 5% sampai 15%.

Untuk menghitung susut bakar adalah sebagai berikut:

$$\text{susut bakar} = \frac{\text{volume sebelum bakar} - \text{volume sesudah bakar}}{\text{volume sebelum bakar}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-1)$$

Sumber : (Budiyanto, 2008)

Salah satu proses pembuatan keramik yaitu dibakar, bahan baku keramik yang sudah dicetak kemudian dibakar pada suhu tinggi, saat pembakaran tersebut bahan keramik akan mengalami penyusutan dimensi akibat kenaikan suhu yang terjadi. Untuk mengetahui seberapa besar penyusutan yang terjadi, maka penelitian ini perlu dilakukan pengujian susut bakar. Tujuannya adalah saat membuat keramik dapat menentukan seberapa banyak bahan yang diperlukan, supaya bahan tersebut setelah dibakar dapat menyusut sesuai dengan dimensi keramik yang diinginkan.

## 2.6 Keausan

### 2.6.1 Pengertian Keausan

Keausan adalah kehilangan material secara progresif akibat adanya gesekan (*friksi*) antar permukaan padatan atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya, Yuono (2016). Terjadinya keausan apabila dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak.

Didalam sifat keramik yang kuat, keras dan tahan korosi keramik juga memiliki kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi. Kelemahan dari keramik ini

adalah sifatnya yang mudah rapuh, yakni kecenderungan untuk patah tiba-tiba dengan deformasi plastis yang sedikit.

### 2.6.2 Jenis Keausan

#### 1. Keausan *adhesive* (*adhesive wear*)

Keausan yang terjadi apabila ada kontak permukaan dari dua material atau lebih yang mengakibatkan adanya gaya tarik menarik satu sama lainnya (*adhesive*), yang pada akhirnya terjadi pelepasan salah satu material yang saling bergesekan. Skema keausan *adhesive* ditunjukkan pada gambar 2.2 (a).

#### 2. Keausan *abrasif* (*abrasive wear*)

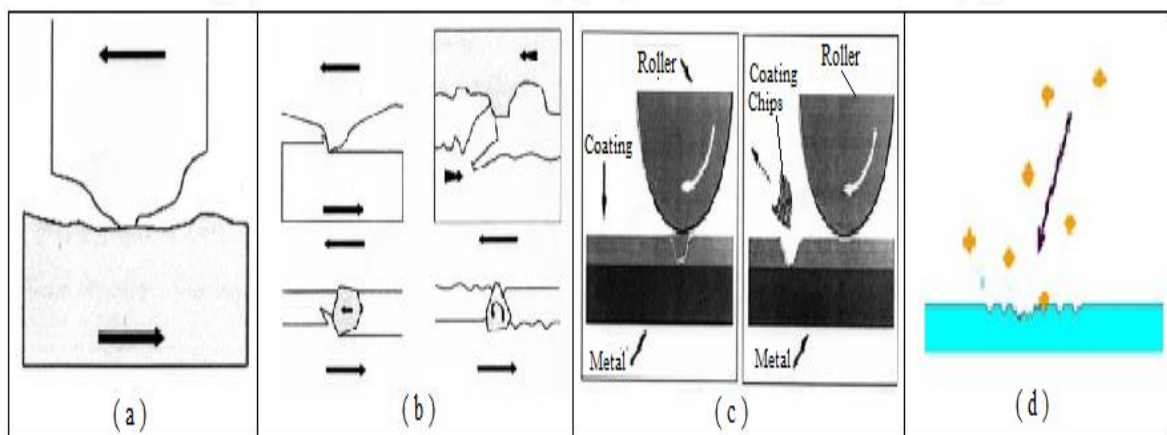
Keausan abrasif terjadi apabila suatu material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Skema keausan *abrasive* ditunjukkan pada gambar 2.2 (b).

#### 3. Keausan lelah (*fatigue wear*)

Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan, di mana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Skema keausan *fatigue* ditunjukkan pada gambar 2.2 (c).

#### 4. Keausan erosi (*erosion wear*)

Keausan erosi yaitu dimana proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan didalam partikel padatan yang membentur permukaan material. Skema keausan *erosion* ditunjukkan pada gambar 2.2 (d).

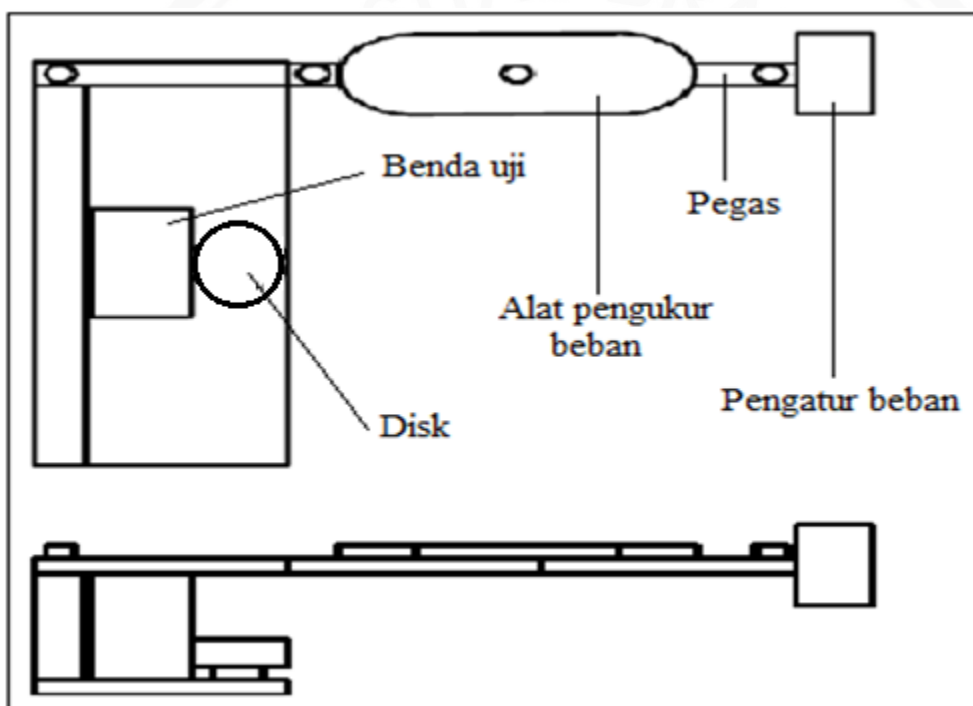


Gambar 2.2 Jenis keausan (a) keausan *adhesive*, (b) keausan *abrasif*, (c) keausan lelah, (d) keausan erosi

Sumber : (Alfani, 2016)

### 2.6.3 Pengukuran Keausan Keramik

Untuk mengetahui karakterisasi dari suatu material perlu dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Salah satu karakterisasi pengujian yaitu keausan. Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui kondisi keausan material secara aktual. Pengujian ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya yaitu dengan metode *pin on disc* Dimana dengan metode tersebut benda uji memperoleh beban gesek dari *disc* yang berputar. Pada permukaan benda uji terdapat jejak keausan bekas gesekan, besarnya jejak keausan tersebut yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan yang ditimbulkan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Pada pengujian ini digunakan standart ASTM G99-04. Gambar 2.3 adalah skema gambar kontak permukaan pada pengujian *pin on disc*.



Gambar 2.3 Skema pengujian keausan dengan metode *pin on disc*

Pengujian keausan dengan metode *pin on disc* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$\Delta V$  : Perubahan volume spesimen ( $\text{cm}^3$ )

$\Delta m$  : Perubahan berat spesimen (gram)

Perubahan berat spesimen ( $\Delta m$ ) merupakan nilai selisih dari berat spesimen sebelum dilakukan pengujian keausan dan berat spesimen setelah dilakukan pengujian. Adanya selisih berat ini menunjukkan terjadinya keausan pada material yang ditandai dengan berkurangnya nilai berat. Kemudian, laju keausan material ( $K'$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K' = \frac{\Delta V}{F.L} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$K'$  : Nilai laju keausan ( $\text{mm}^3/\text{Nm}$ )

$\Delta V$  : Perubahan volume spesimen ( $\text{cm}^3$ )

$F$  : Beban normal (29,4 N)

$L$  : Panjang *wear track* (474,6 m)

Sumber : (Kristasari, 2016)

## 2.7 Pembuatan Gigi Tiruan

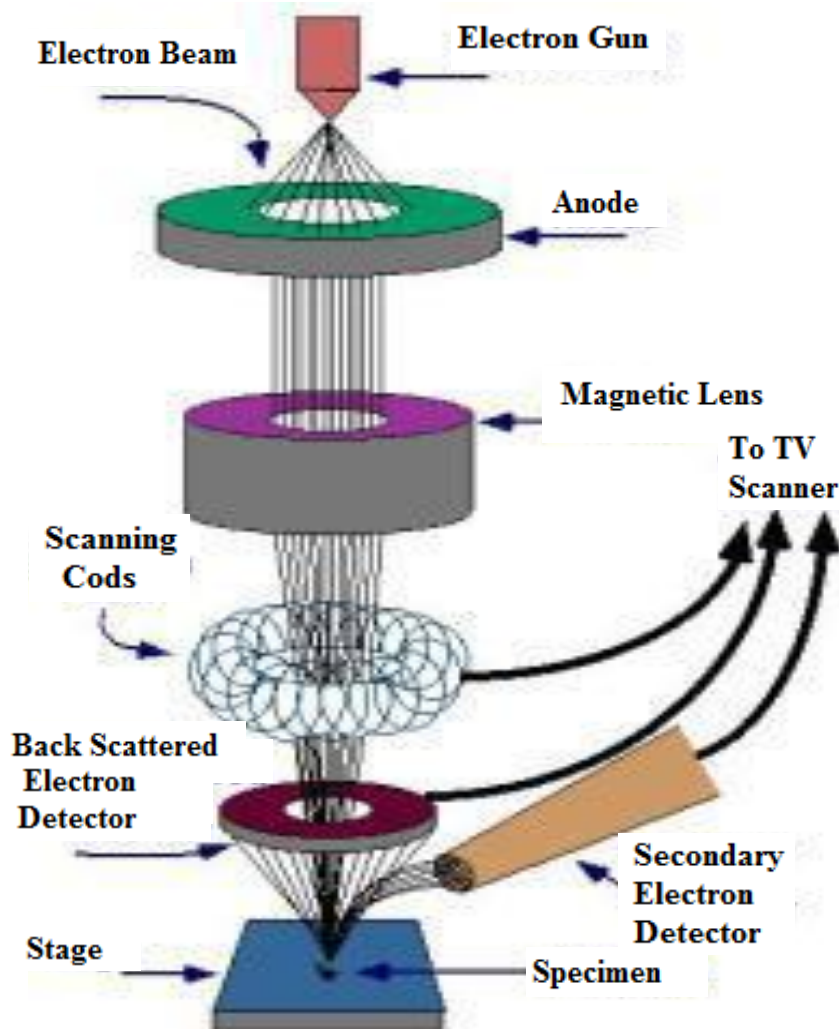
Tujuan utama dalam bidang kedokteran gigi terhadap perawatan pasien adalah untuk mempertahankan atau meningkatkan mutu kehidupan pasien. Tujuan yang dapat dicapai adalah untuk mempertahankan kesehatan jaringan mulut, menghilangkan rasa sakit, memperbaiki efisiensi pengunyahan, meningkatkan pengucapan, dan juga memperbaiki estetika wajah. Untuk menangani kasus kehilangan gigi pasien, di bidang kedokteran gigi ditemukan restorasi/ gigi palsu yang digunakan untuk menggantikan gigi yang hilang dengan gigi tiruan. Bentuk kemajuan teknologi dalam bidang kedokteran gigi adalah ditemukannya bahan restorasi yang dapat menghasilkan restorasi yang mirip dengan warna gigi asli dan dapat digunakan dalam waktu bertahun-tahun. Bahan tersebut adalah *dental porcelain* atau yang biasa disebut *dental ceramic*. Berikut adalah proses pembuatan gigi tiruan di Abadi Dental *Laboratory* Surabaya :

Tabel 2.5 Perbandingan Pembuatan Gigi Tiruan

Proses	Gambar	Abadi Dental <i>Laboratory</i>	Gambar	Penelitian
<b>Pembuatan Malam</b>		Pembuatan malam bisa banyak		Pembuatan malam terbatas
<b>Pembuatan Mold</b>		Satu <i>mold</i> bisa untuk 4 gigi		Satu <i>mold</i> terbatas hanya 1 gigi karena <i>riser</i> lebih besar
<b>Bahan</b>		Akrilik atau Porcelain		Serbuk keramik aditif zirkon
<b>Pressure</b>		<i>Hot Press</i>		Mekanik menggunakan <i>Hydraulic Press</i>
<b>Pembakaran</b>		Sekaligus bersamaan dengan <i>hot press</i>		Pada tungku pembakaran setelah dilakukan <i>press</i>
<b>Hasil</b>		Rapi dan halus		Tidak rapi dan kasar

## 2.8 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm. Skema SEM seperti gambar 2.4.



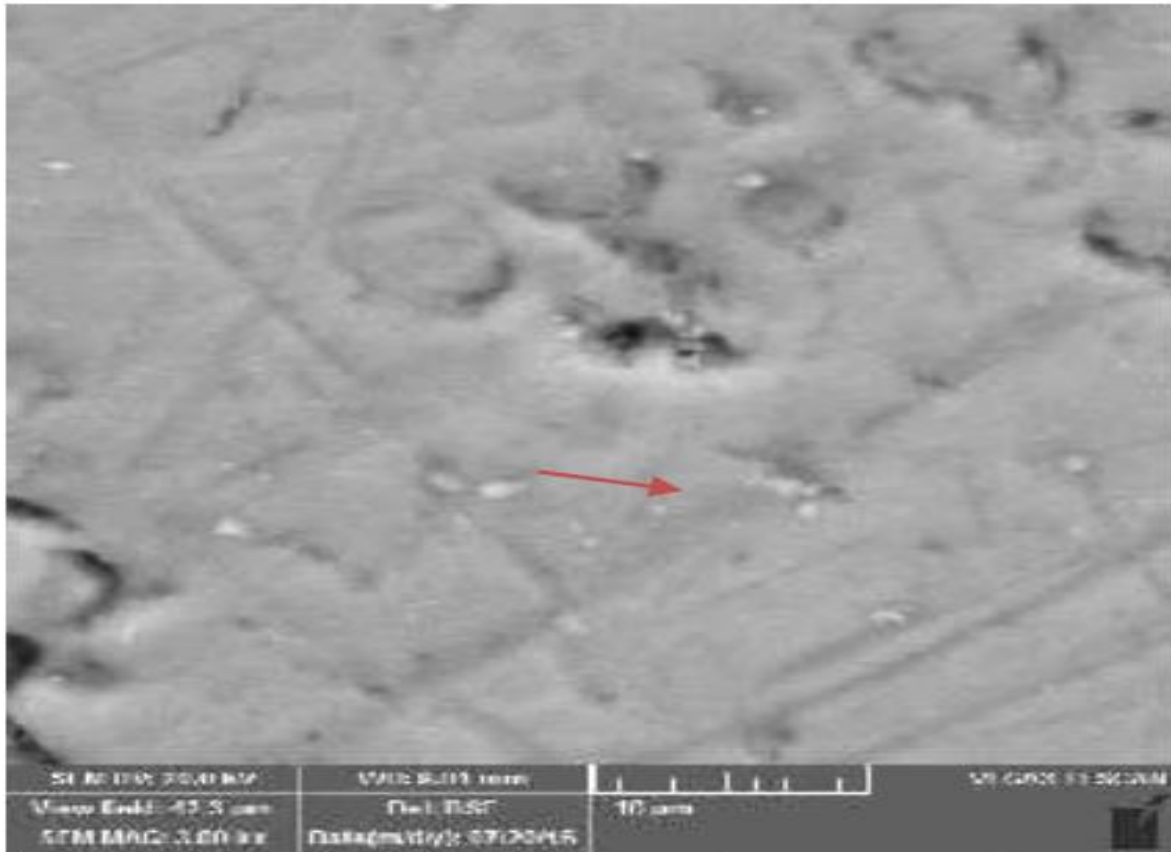
Gambar 2.4 Skema SEM

Sumber : (Yuono, 2016)

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar electron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetis memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detector dan dikirim ke monitor (CRT).

Untuk digunakan sebagai pembandingan, berikut adalah hasil foto SEM gigi asli. Hasil foto SEM gigi asli dilakukan oleh Aulia pada tahun 2014 dengan judul penelitian perubahan struktur email gigi setelah aplikasi gel stroberi. Hasil foto SEM gigi asli tercantum dalam gambar 2.5



*Gambar 2.5* Hasil Foto SEM Gigi Asli  
Sumber : (Aulia, 2014)

## 2.9 Hipotesis

Semakin tingginya tingkat penekanan pada saat pembuatan keramik maka laju keausan akan menurun, hal ini disebabkan karena butiran bahan keramik akan lebih rapat seiring dengan meningkatnya penekanan. Sedangkan untuk penyusutan semakin tingginya tingkat penekanan maka tingkat penyusutan pada susut bakar semakin menurun, hal ini disebabkan karena kandungan air mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya penekanan.





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimental langsung (*experimental research*). Penelitian ini dilakukan dengan cara mengamati dan menganalisa objek penelitian secara langsung di laboratorium. Pada pengujian ini kita ingin mengetahui pengaruh variasi penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) terhadap keausan dan susut bakar.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh penekanan pada keramik modern dengan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) terhadap keausan dan susut bakar yang berbahan feldspar, kaolin, silikat, zirkon akan dilaksanakan di Laboraturium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang. Pada tanggal 15 April – 30 Mei 2018

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 macam, yaitu:

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Dalam hal ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi tingkat penekanan pada spesimen saat pembuatan keramik:

Tekanan di spesimen  $110 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $165 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $220 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $275 \text{ kgf/cm}^2$

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel hasil yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, nilai dari variabel ini tergantung pada nilai variabel bebasnya. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Nilai keausan yang terjadi pada keramik
2. Tingkat penyusutan saat susut bakar

#### 3. Variabel terkontrol

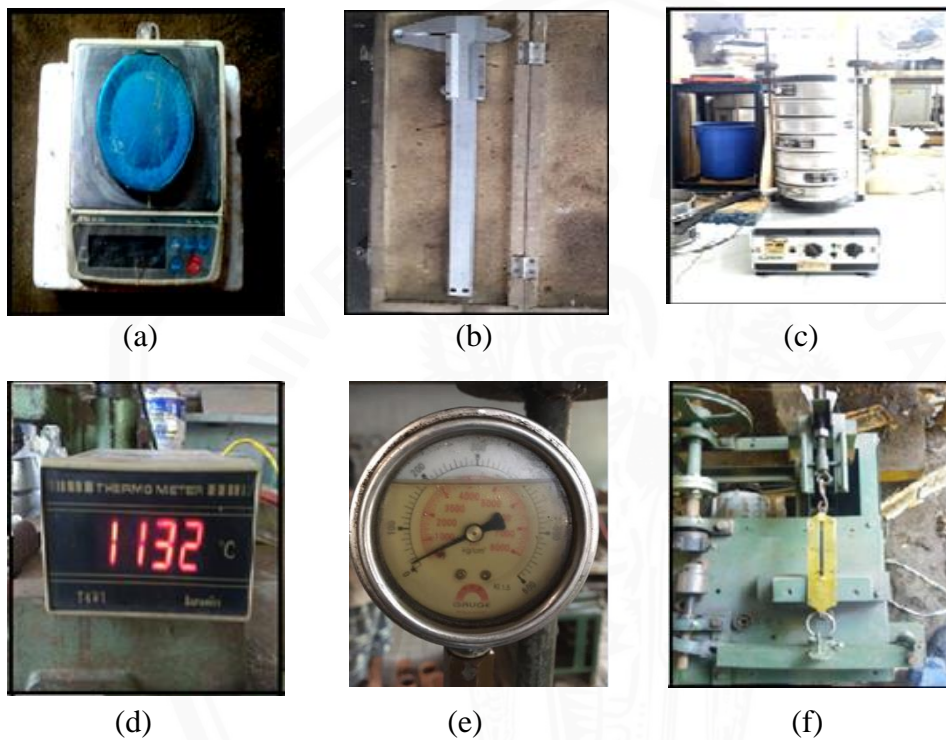
Variabel terkontrol adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilai variabel ini dikondisikan konstan. Variabel yang dikontrol dalam penelitian ini adalah:

1. Kaolin 55%, feldspar 15%, silika 10%, *zircon* silikat 20%
2. Temperatur pembakaran antara 1100 °C – 1300 °C
3. Waktu penekanan 10 menit setiap spesimen

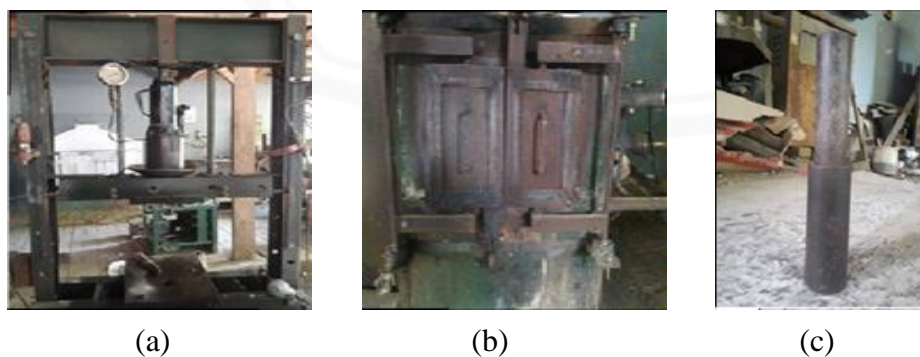
### 3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan

#### 3.4.1 Alat yang digunakan

Pada penelitian ini alat ukur yang digunakan tercantum pada gambar 3.1, sedangkan untuk peralatan proses tercantum pada gambar 3.2.



Gambar 3.1 Alat Ukur (a) Timbangan Elektrik, (b) *Vernier Caliper*, (c) Mesin Pengguncang Rotap, (d) *Thermometer*, (e) *Pressure Gauge*, (f) Alat Uji Keausan



Gambar 3.2 Peralatan Proses (a) *Hydraulic Press*, (b) Tungku Pembakaran, (c) Cetakan Spesimen

## 1. Timbangan Elektrik

Spesifikasi alat :

- Merk : AND EK-300i made in japan
- Kapasitas maksimal beban : 300gr
- Buatan : Japan
- Ketelitian : 0,01 gram

2. Alat penekan atau *hydraulic press*

Spesifikasi alat:

- Penekanan maksimal (skala  $\text{kg/cm}^2$ ) :  $600 \text{ kg/cm}^2$
- Penekanan maksimal (skala psi) : 8000 psi

## 3. Cetakan spesimen

Spesifikasi alat :

- Diameter dalam : 4 cm
- Diameter luar : 5,15 cm
- Tinggi : 13,5 cm

## 4. Mesin pengguncang rotap

Alat ini berfungsi untuk menyaring pasir

Spesifikasi alat :

- Jenis : Rotap
- Tipe : VS 1
- Merk : Retsch
- Volatse : 220 V
- Daya : 430 Watt
- Frekuensi : 50 Hz
- Artikel : 30 40 0010
- No. Seri : 01849038
- Buatan : Jerman Barat

## 5. Alat Uji Keausan

Spesifikasi alat:

- Pembebanan maksimal : 25 kg
- Putaran maksimal : 550 rpm
- Diameter disk : 2,75 cm

6. *Vernier caliper*

Spesifikasi alat :

- Merk : Hommel
- Tipe : INOX
- Ketelitian : 0,01 mm

7. *Thermometer*

Spesifikasi alat:

- Maximal Suhu : 1200°C

8. Tungku Pembakaran

Spesifikasi alat:

- Maximal Suhu : 2000°C
- Bahan Bakar : Gas

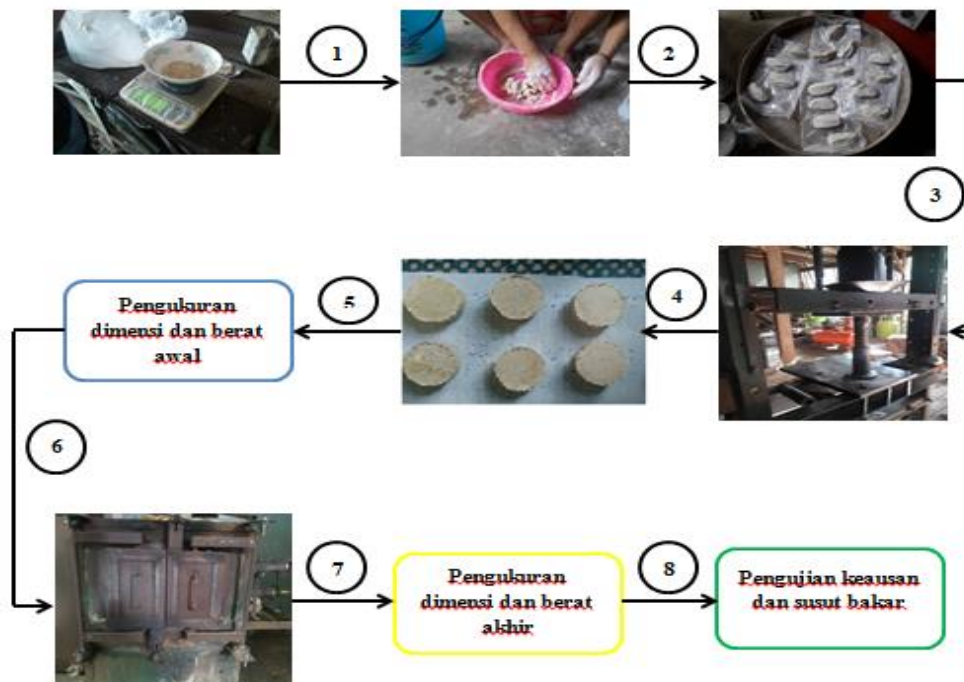
9. *Pressure Gauge*

Spesifikasi alat:

- Skala Pembacaan (skala kg/cm<sup>2</sup>) : 10 kg/cm<sup>2</sup>
- Skala Pembacaan (psi) : 100 psi

**3.4.2 Skema Penelitian**

Berikut ini adalah skema proses penelitian, seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Skema penelitian

Keterangan :

1. Timbang semua bahan (kaolin 55%, feldspar 15%, silika 10%, *zircon* silikat 20%) kemudian semua bahan tersebut di campur secara merata.
2. Kemudian adonan didiamkan untuk mengurangi kadar air
3. Adonan dicetak dengan cara penekanan sesuai dengan tingkat penekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup>, 165 kgf/cm<sup>2</sup>, 220 kgf/cm<sup>2</sup>, 275 kgf/cm<sup>2</sup>
4. Hasil pencetakan menggunakan metode penekanan
5. Mengukur berat dan dimensi awal setelah pencetakan
6. Adonan hasil cetakan kemudian dibakar pada suhu 1100 °C – 1300 °C
7. Mengukur berat dan dimensi akhir setelah pembakaran
8. Melakukan pengujian keausan dan susut bakar

### 3.4.3 Bahan yang Digunakan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah kaolin, silika, feldspar dan *zirconia* silikat (ZrSiO<sub>4</sub>).



Gambar 3.4 Bahan yang digunakan

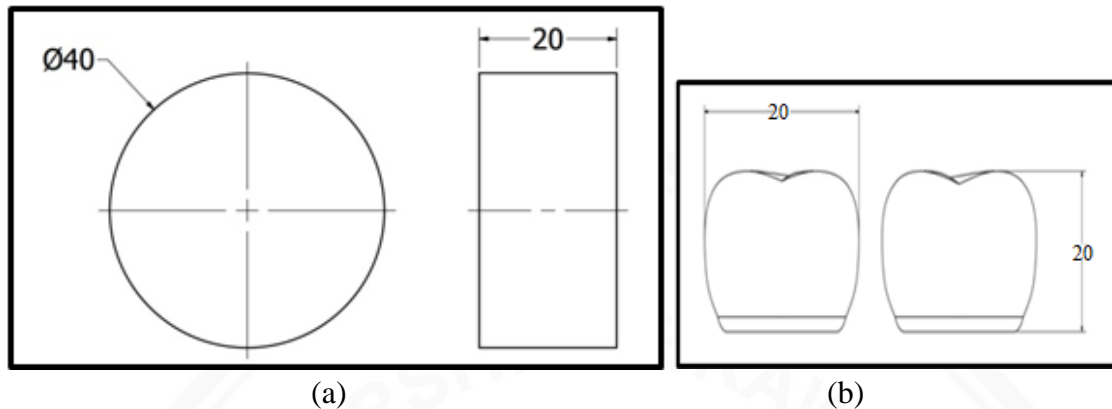
### 3.5 Proses Pembuatan Spesimen

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Mengayak bahan baku (kaolin, feldspar, silika, *zircon* silikat) dengan alat rotap
3. Menimbang bahan (kaolin 55%, feldspar 15%, silika 10%, *zircon* silikat 20%)
4. Mencampur semua bahan yang telah di mesh lalu masukkan air kemudian diaduk hingga tercampur merata
5. Campuran keramik dengan *zircon* silikat yang telah siap kemudian di cetak menggunakan cetakan spesimen dengan penekanan spesimen 110 kgf/cm<sup>2</sup>, 165 kgf/cm<sup>2</sup>, 220 kgf/cm<sup>2</sup>, 275 kgf/cm<sup>2</sup> selama waktu 10 menit
6. Spesimen dikeluarkan dari cetakan kemudian dikeringkan pada udara atmosfer sampai kandungan di dalam keramik tidak ada.

7. Setelah kering kemudian dibakar pada tungku pembakaran dengan suhu 1100 °C – 1300 °C selama 2 jam

### 3.6 Dimensi Spesimen

Untuk dimensi spesimen dapat dilihat pada gambar 3.5 Berikut :



Gambar 3.5 Dimensi Spesimen (a) Dimensi Spesimen Pengujian, (b) Dimensi Spesimen Gigi Tiruan

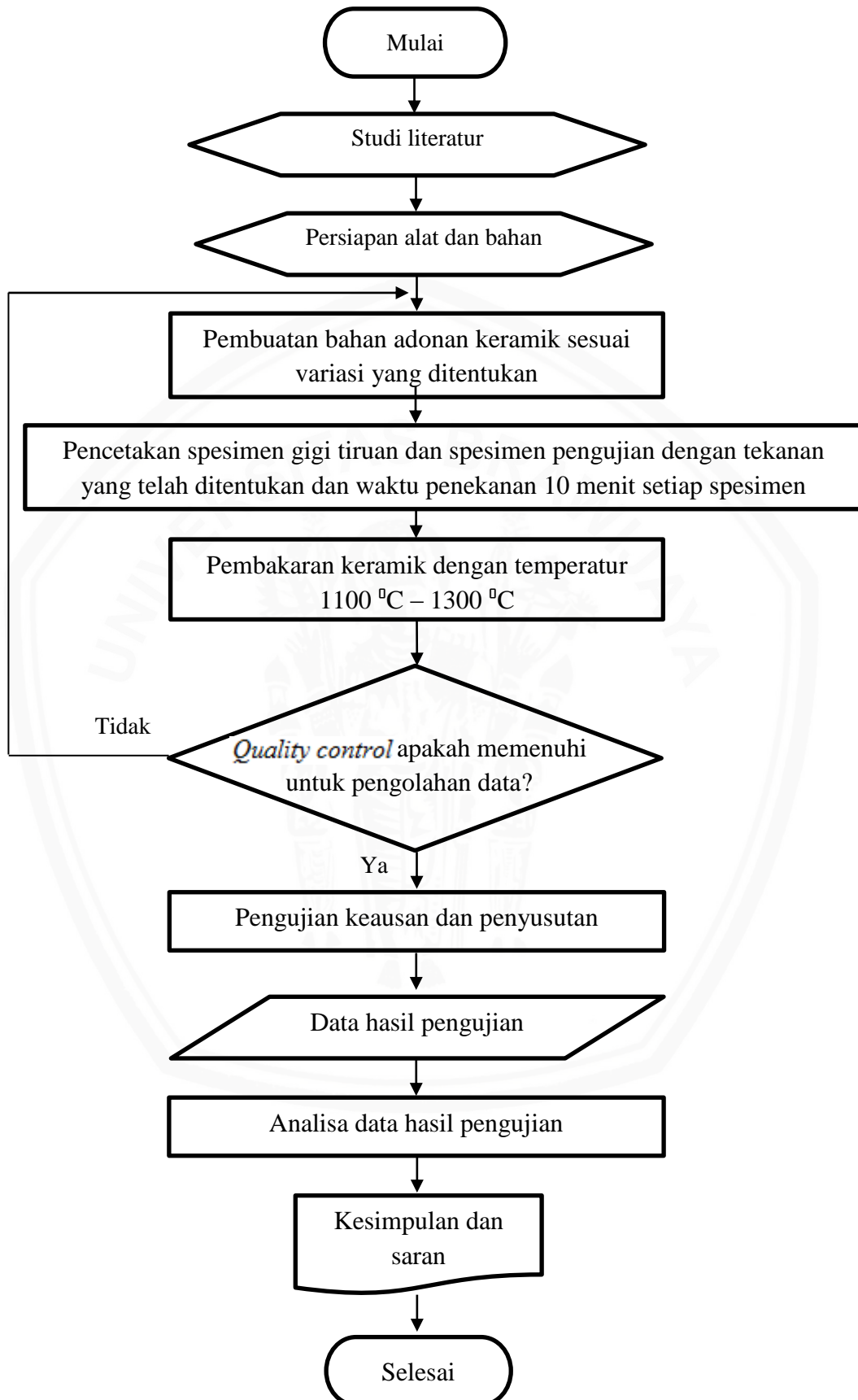
### 3.7 Prosedur Penelitian

1. Mempelajari literatur mengenai keramik.
2. Mencari permasalahan tentang keramik yaitu mengenai kekerasan dan porositas keramik.
3. Mempersiapkan alat dan bahan untuk penelitian.
4. Membuat spesimen dengan variasi penakanan yang telah ditetapkan.
5. Melakukan pembakaran spesimen dengan temperatur pembakaran 1200°C – 1300 °C
6. Jika keramik yang dihasilkan terdapat cacat maka kembali ke langkah 4, jika tidak maka lanjut ke langkah selanjutnya.
7. Melakukan pengujian keausan dan susut bakar pada keramik yang telah jadi.
8. Mengambil data hasil pengujian.
9. Menganalisa data hasil pengujian keausan dan susut bakar.
10. Membuat kesimpulan dan saran.

### 3.8 Analisa Grafik

Untuk analisa grafik, peneliti menggunakan bantuan software Microsoft Excel. Analisa grafik dilakukan melalui pengamatan perubahan trend data pada grafik yang diperoleh dari plotting data.

### 3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir penelitian



### 3.10 Rancangan Penelitian

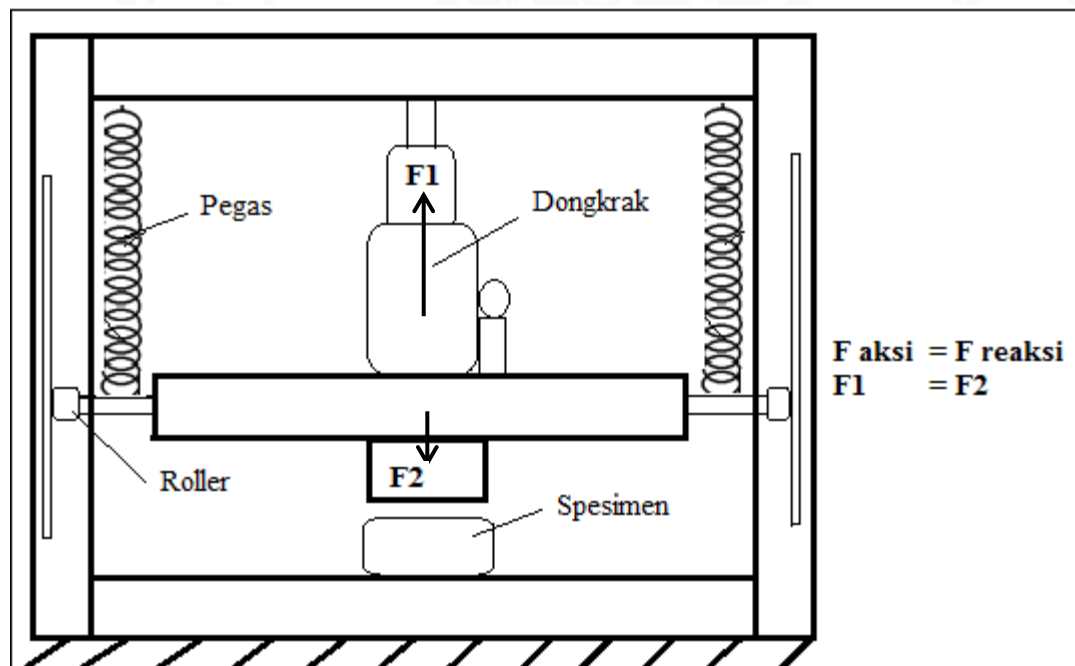
Tabel 3.1 Variasi penekanan pada keramik terhadap keausan

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Susut Bakar (%)
1	110	X1
2	165	X2
3	220	X3
4	275	X4

Tabel 3.2 Variasi penekanan terhadap susut bakar

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Laju Keausan (mm <sup>3</sup> /Nm)
1	100	Y1
2	150	Y2
3	200	Y3
4	250	Y4

Berikut adalah skema alat pengujian *hydraulic press* seperti pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Skema alat pengujian *hydraulic press*

Perhitungan tekanan pada spesimen :

$$P_{\text{alat}} = 100 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{\text{alat}} = 13,854 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{spesimen}} &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi \cdot 4^2}{4} \\
 &= 12,56 \text{ cm}^2 \\
 P_{\text{spesimen}} &= \frac{F_{\text{alat}}}{A_{\text{spesimen}}} = \frac{P_{\text{alat}} \cdot A_{\text{alat}}}{A_{\text{spesimen}}} \\
 &= \frac{100 \cdot 13,854}{12,56} \\
 &= 110,3 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

### 3.11 Cetakan Gigi

Untuk membuat keramik berbentuk gigi maka cetakan yang digunakan adalah seperti pada gambar 3.8 :



Gambar 3.8 Cetakan gigi

Keterangan :

1. Rongga cetakan berbentuk gigi, tempat adonan keramik dimasukkan
2. Dinding cetakan



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian data awal yang didapat adalah berat, panjang, dan diameter sebelum dan sesudah pembakaran. Tercantum pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1  
Data Hasil Pengujian Spesimen Keramik Sebelum Proses Pembakaran

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Massa (gram)	Panjang (cm)	Diameter (cm)
1	110	43,20	1,9	3,96
2	165	42,87	1,87	3,96
3	220	41,55	1,69	3,96
4	275	39,06	1,64	3,98

Tabel 4.2  
Data Hasil Pengujian Spesimen Keramik Setelah Proses Pembakaran

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Massa (gram)	Panjang (cm)	Diameter (cm)
1	110	40	1,87	3,9
2	165	39,54	1,85	3,92
3	220	38,19	1,66	3,94
4	275	36,03	1,63	3,94

### 4.2 Pengolahan Data

#### 4.2.1 Perhitungan Volume Keramik Sebelum dan Sesudah Proses Pembakaran

Dari hasil data pengujian keramik sebelum proses pembakaran selanjutnya dapat menghitung volume setiap spesimen dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sebelum bakar}} &= \pi \times (r_1)^2 \times (t_1) & ; & & V_{\text{sesudah bakar}} &= \pi \times (r_2)^2 \times (t_2) \\
 &= \pi \times (1,98)^2 \times 1,9 & & & &= \pi \times 1,95^2 \times 1,87 \\
 &= 23,389 \text{ cm}^3 & & & &= 22,327 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3  
Volume Spesimen Keramik Sebelum dan Sesudah Proses Pembakaran

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Volume Sebelum (cm <sup>3</sup> )	Volume Sesudah (cm <sup>3</sup> )
1	110	23,389	22,327
2	165	23,019	22,315
3	220	20,803	20,228
4	275	20,392	19,863

#### 4.2.2 Perhitungan Susut Bakar

Untuk dapat mengetahui besarnya nilai susut bakar yang terjadi pada spesimen keramik maka dilakukan pengolahan data. Berikut adalah contoh perhitungan data hasil penelitian:

Perhitungan susut bakar :

$$\begin{aligned}
 \text{Susut Bakar} &= \frac{\text{volume sebelum bakar} - \text{volume sesudah bakar}}{\text{volume sebelum bakar}} \times 100\% \\
 &= \frac{23,389 - 22,327}{23,389} \times 100\% \\
 &= 4,5 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4  
Nilai Susut Bakar Pada Spesimen Keramik

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Susut Bakar (%)
1	110	4,5
2	165	3,1
3	220	2,8
4	275	2,6

#### 4.2.3 Perhitungan Laju Keausan

Keausan yang terjadi pada penelitian ini termasuk dalam jenis keausan lelah (*fatigue wear*), di mana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Untuk dapat mengetahui besarnya laju keausan yang terjadi pada spesimen keramik maka dilakukan pengolahan data. Berikut adalah contoh perhitungan data hasil penelitian:

Tabel 4.5  
Massa Spesimen Setelah Uji Keausan

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Massa (gram)
1	110	39,63
2	165	39,23
3	220	38
4	275	35,91

Perhitungan massa jenis spesimen :

Diketahui :  $\rho$  Kaolin = 2,4 (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho$  Feldspar = 2,52 (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho$  Silika = 2,65 (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho$  Zirkon Silikat = 4,7 (gram/cm<sup>3</sup>)

$$\rho \text{ Kaolin } 55 \% = \frac{55}{100} \times 2.4 = 1,32 \text{ (gram/cm}^3\text{)}$$

$$\rho \text{ Feldspar } 15 \% = \frac{15}{100} \times 2.52 = 0,37 \text{ (gram/cm}^3\text{)}$$

$$\rho \text{ Silika } 10 \% = \frac{10}{100} \times 2.65 = 0,26 \text{ (gram/cm}^3\text{)}$$

$$\rho \text{ Zirkon Silikat } 20 \% = \frac{55}{100} \times 4.7 = 2,90 \text{ (gram/cm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ Spesimen} &= 1,32 \text{ (gram/cm}^3\text{)} + 0,37 \text{ (gram/cm}^3\text{)} + 0,26 \text{ (gram/cm}^3\text{)} + 2,90 \text{ (gram/cm}^3\text{)} \\ &= 2,9 \text{ (gram/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Perhitungan perubahan volume spesimen :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

Keterangan :

$\Delta V$  : Perubahan volume spesimen (cm<sup>3</sup>)

$\Delta m$  : Perubahan massa spesimen (gram)

$\rho$  : Massa jenis spesimen (gram/cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}\Delta V &= \frac{\Delta m}{\rho} \\ &= \frac{0,37}{2,9} \\ &= 0,206 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Tabel 4.6  
Data Hasil Perubahan Volume Spesimen

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Perubahan volume spesimen(cm <sup>3</sup> )
1	110	0,127
2	165	0,106
3	220	0,065
4	275	0,041

Perhitungan laju keausan :

$$K' = \frac{\Delta V}{F.L}$$

Keterangan :

K' : Nilai laju keausan (mm<sup>3</sup>/Nm)

$\Delta V$  : Perubahan volume spesimen (cm<sup>3</sup>)

F : Beban normal (29,4 N)

L : Panjang *wear track* (474,6 m)

Panjang *wear track* :

$$L = v \times t$$

v : Kecepatan putar (m/s)

t : Waktu pengujian (600 s)

d : Diameter disk (2,75 cm); r = 1,375 (cm)

$$1 \text{ rpm} = \frac{2 \cdot \pi}{60} \text{ rad/s}$$

$$= 0,10472 \text{ rad/s}$$

$$v = \omega \cdot r \cdot 0,10472$$

$$= 550 \text{ rpm} \cdot 0,01375 \cdot 0,10472$$

$$= 0,792 \text{ m/s}$$

$$L = 0,792 \text{ m/s} \cdot 600 \text{ s}$$

$$= 474,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 K' &= \frac{\Delta V}{F.L} \\
 &= \frac{127}{29,42 \cdot 474,6} \\
 &= 0,0091 \text{ (mm}^3\text{/Nm)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7  
Data Hasil Perhitungan Laju Keausan

No.	Tekanan pada spesimen (kgf/cm <sup>2</sup> )	Laju keausan (mm <sup>3</sup> /Nm)
1	110	0,0091
2	165	0,0076
3	220	0,0046
4	275	0,0029

Perhitungan tekanan pada spesimen :

$$P \text{ alat} = 100 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A \text{ alat} = 13,854 \text{ cm}^2$$

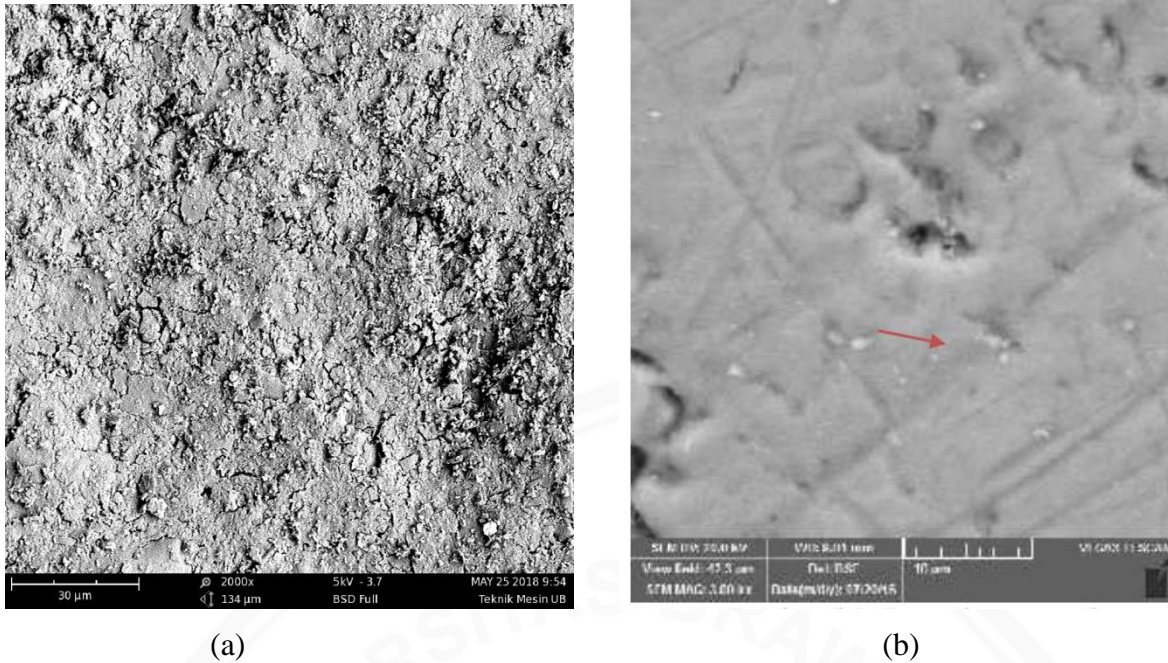
$$\begin{aligned}
 A \text{ spesimen} &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi \cdot 4^2}{4} \\
 &= 12,56 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ spesimen} &= \frac{F \text{ alat}}{A \text{ spesimen}} = \frac{P \text{ alat} \cdot A \text{ alat}}{A \text{ spesimen}} \\
 &= \frac{100 \cdot 13,854}{12,56} \\
 &= 110,3 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

### 4.3 Hasil Pengujian SEM

Pada gambar 4.1 (a) menunjukkan hasil pengujian SEM pada spesimen keramik dengan perbesaran 2000x, pada gambar 4.1 (b) menunjukkan hasil pengujian SEM pada gigi asli dengan perbesaran 2000x. Pada perbandingan gambar tersebut terlihat hasil pengujian SEM pada spesimen keramik lebih kasar dibandingkan dengan gigi asli. Pada spesimen keramik masih terdapat gumpalan-gumpalan yang menumpuk. Karena permukaan keramik yang lebih kasar tersebut yang menyebabkan tingkat keausan yang masih tinggi.





Gambar 4.1 Foto Mikrostruktur (a) Permukaan Spesimen dengan Perbesaran 2000x, (b) Permukaan Spesimen Gigi Asli dengan Perbesaran 2000x.

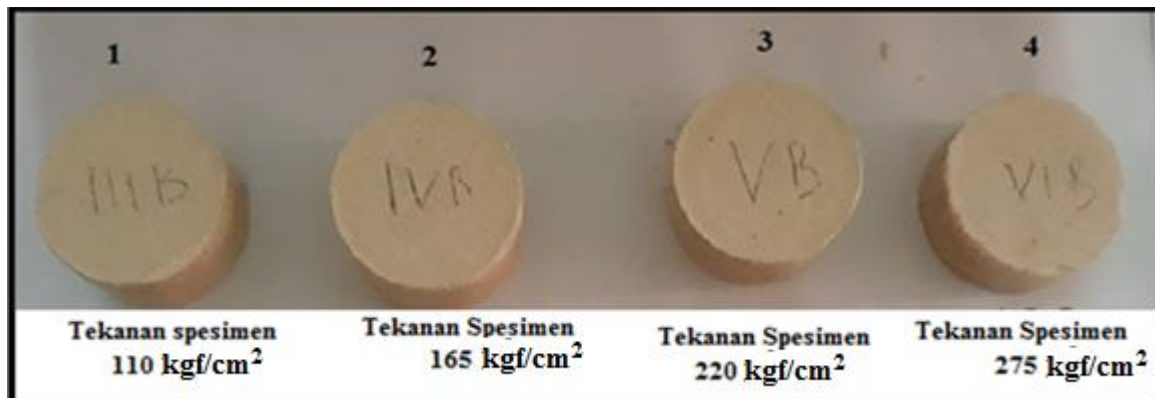
#### 4.4 Perbandingan Hasil Spesimen Keramik Berbentuk Gigi

Pada gambar 4.2 dari segi warna, spesimen keramik berbentuk gigi cenderung lebih putih dibandingkan dengan gigi asli maupun gigi tiruan. Dari segi permukaan gigi asli dan gigi tiruan lebih mengkilap dibandingkan dengan spesimen keramik berbentuk gigi. Dari segi bentuk keramik berbentuk gigi sudah menyerupai gigi tiruan. Untuk perbandingan tingkat keausan gigi tiruan yang terbuat dari resin akrilik berpenguat 7% serat berpola teratur bernilai  $0,0022 \text{ mm}^3/\text{Nm}$  (Kristasari, 2016) dengan tingkat keausan keramik berbentuk gigi bernilai lebih tinggi  $0,0029 \text{ mm}^3/\text{Nm}$ . Hal ini disebabkan karena permukaan keramik berbentuk gigi kurang halus.

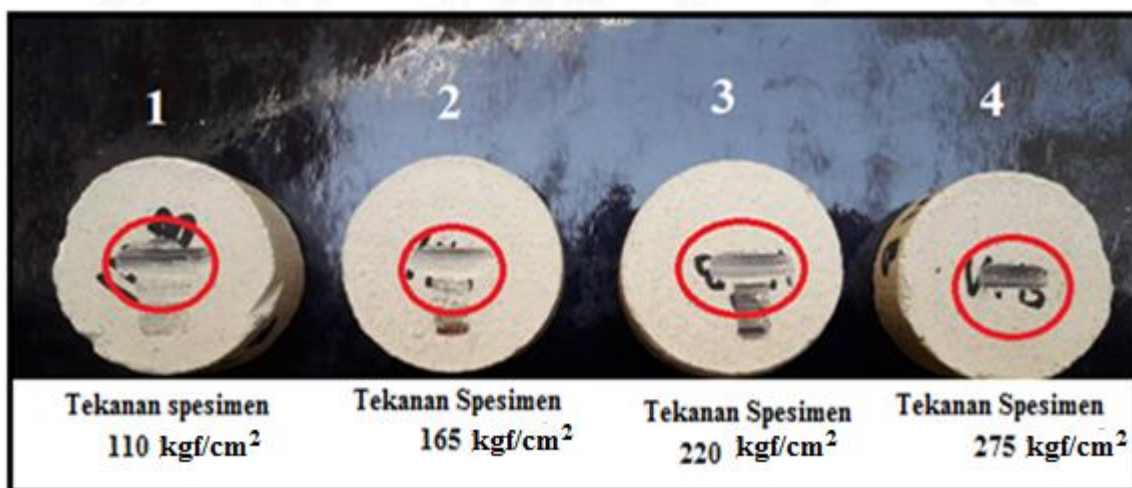


Gambar 4.2 Perbandingan keramik berbentuk gigi

Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil spesimen keramik sebelum dilakukan pengujian keausan. Pada gambar 4.4 menunjukkan hasil spesimen keramik setelah dilakukan pengujian keausan, dimana terdapat bekas pengujian di tengah spesimen.



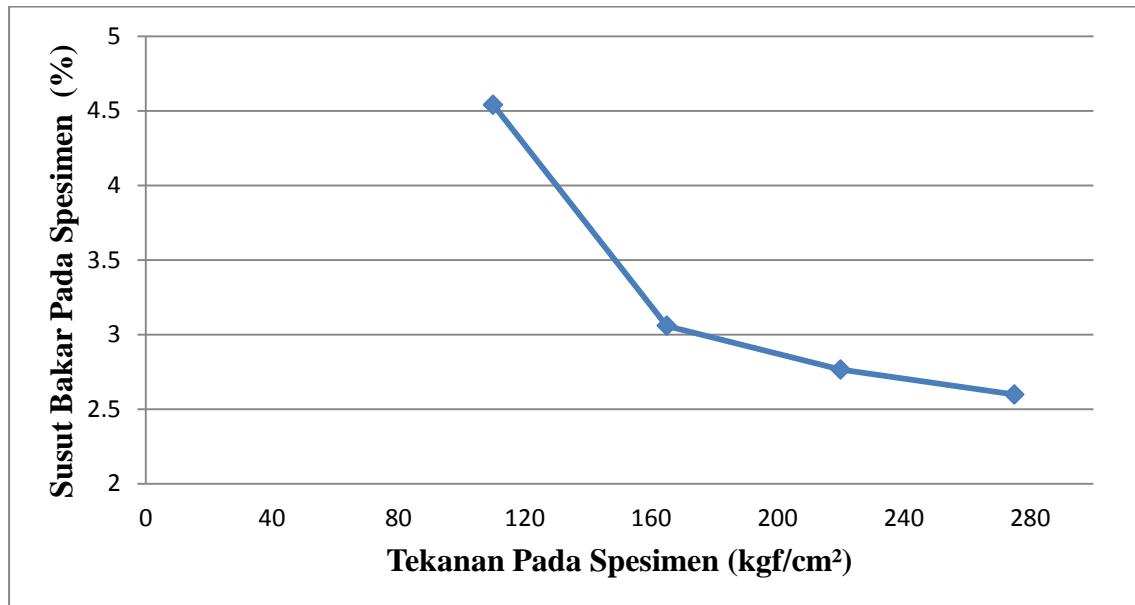
Gambar 4.3 Spesimen keramik sebelum pengujian keausan



Gambar 4.4 Spesimen keramik setelah pengujian keausan

## 4.5 Pembahasan

### 4.5.1 Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Susut Bakar



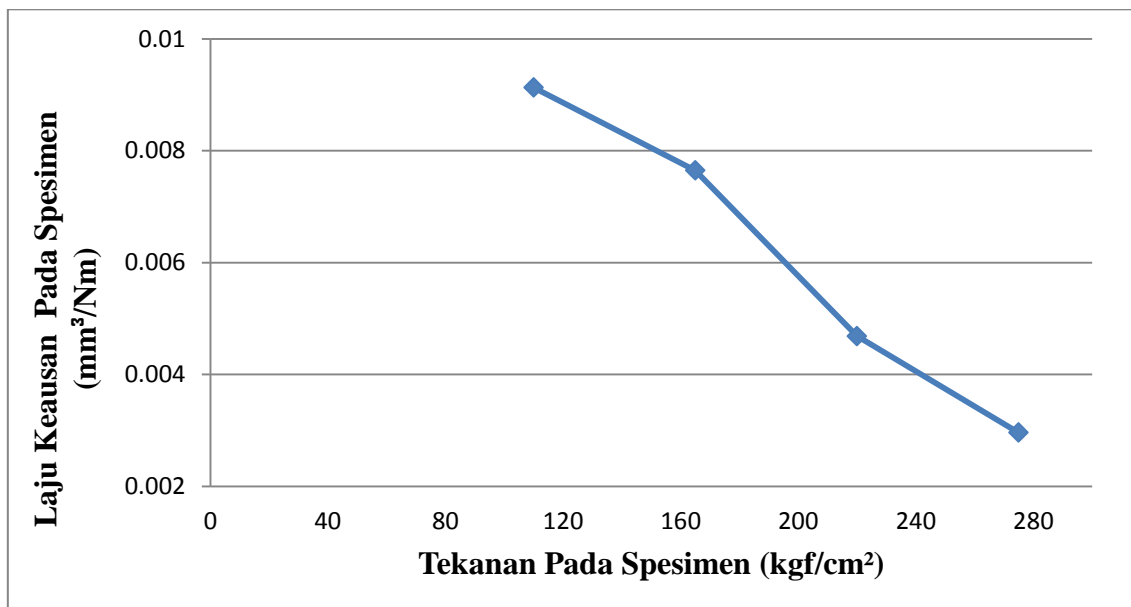
Gambar 4.5 Grafik hubungan tekanan pada spesimen terhadap susut bakar

Gambar 4.5 menunjukkan hubungan tekanan pada spesimen terhadap susut bakar, dimana variasi tekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup>, 165 kgf/cm<sup>2</sup>, 220 kgf/cm<sup>2</sup>, 275 kgf/cm<sup>2</sup>.

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat nilai susut bakar pada tekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan susut bakar 4,5 %; pada tekanan 165 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan susut bakar 3,1% ; pada tekanan 220 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan susut bakar 2,8 %; pada tekanan 275 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan susut bakar 2,6 %. Hasil tersebut sudah sesuai dengan hipotesis dimana semakin tinggi tingkat penekanan maka nilai penyusutan pada susut bakar semakin turun, hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya tekanan maka kandungan air yang terdapat pada spesimen semakin menurun. Kandungan air akan menyebabkan adanya pori. Saat keramik dibakar maka kandungan air akan menguap, akibatnya pori tersebut akan terisi oleh bahan-bahan keramik yang mudah melebur. Selain itu suhu pembakaran juga berpengaruh terhadap penyusutan. Temperatur yang tinggi mengakibatkan kandungan air mudah menguap sehingga terjadi proses penyusutan.

Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Wibowo pada tahun 2013 dengan hasil pengujian yaitu penyusutan bakar terendah pada suhu 1200 °C dicapai oleh campuran kaolin-kwarsa 10%-20% dengan nilai 4,93%, penelitian ini menghasilkan nilai susut bakar lebih rendah yaitu dengan nilai 2,6 %.

#### 4.5.2 Grafik Hubungan Tekanan Pada Spesimen Terhadap Laju Keausan



Gambar 4.6 Grafik hubungan tekanan pada spesimen terhadap laju keausan

Gambar diatas menunjukkan hubungan tekanan pada spesimen terhadap laju keausan, dimana variasi tekanan yang digunakan 110 kgf/cm<sup>2</sup>, 165 kgf/cm<sup>2</sup>, 220 kgf/cm<sup>2</sup>, 275 kgf/cm<sup>2</sup>. Jenis keausan yang terjadi pada penelitian ini termasuk dalam jenis keausan lelah (*fatigue wear*), di mana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material.

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat nilai laju keausan pada tekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan sebesar 0,0091 mm<sup>3</sup>/Nm; pada tekanan 165 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan sebesar 0,0076 mm<sup>3</sup>/Nm; pada tekanan 220 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan sebesar 0,0046 mm<sup>3</sup>/Nm; pada tekanan 275 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan 0,0029 mm<sup>3</sup>/Nm. Hasil tersebut sudah sesuai dengan hipotesis dimana semakin tinggi tingkat penekanan maka laju keausan semakin turun, hal ini disebabkan karena semakin tinggi tingkat penekanan maka jarak antar butir bahan keramik semakin rapat. Jarak antar butir keramik yang semakin rapat akan meningkatkan kekerasan keramik. Struktur yang lebih rapat dan ukuran pori yang lebih kecil memiliki nilai kekerasan yang tinggi (Noerjannah, 2013). Laju keausan berbanding terbalik dengan kekerasan. Sehingga semakin tinggi nilai kekerasan maka laju keausan semakin turun.

Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kristasari tahun 2016 didapatkan laju keausan 0,0022 mm<sup>3</sup>/Nm, sedangkan penelitian yang dilakukan

oleh Tarina pada tahun 2012 didapatkan laju keausan  $0,0026 \text{ mm}^3/\text{Nm}$ . Pada penelitian ini menghasilkan laju keausan yang lebih tinggi yaitu  $0,0029 \text{ mm}^3/\text{Nm}$ , hal ini dikarenakan pembebanan yang diberikan saat penelitian ini lebih besar yaitu  $29,42 \text{ N}$  sedangkan Kristasari menggunakan pembebanan  $19,6 \text{ N}$  dan Tarina menggunakan pembebanan sebesar  $22,24 \text{ N}$ .



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan adanya pengaruh variasi penekanan dan penambahan *zircon* ( $ZrSiO_4$ ) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian susut bakar dengan tekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai susut bakar paling tinggi yaitu 4,5 % dan pada tekanan 275 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai susut bakar paling rendah yaitu 2,6 %, dikarenakan semakin tinggi tingkat penekanan maka nilai penyusutan pada susut bakar semakin turun, hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya tekanan maka kandungan air yang terdapat pada spesimen semakin menurun. Sedangkan untuk laju keausan hasil pengujian dengan tekanan 110 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan paling tinggi yaitu 0,0091 mm<sup>3</sup>/Nm dan pada tekanan 275 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan laju keausan paling rendah yaitu 0,0029 mm<sup>3</sup>/Nm. Dimana semakin tinggi tingkat penekanan maka laju keausan semakin turun, hal ini disebabkan karena semakin tinggi tingkat penekanan maka jarak antar butir bahan keramik semakin rapat. Jarak antar butir keramik yang semakin rapat akan meningkatkan kekerasan keramik. Struktur yang lebih rapat dan ukuran pori yang lebih kecil memiliki nilai kekerasan yang tinggi. Laju keausan berbanding terbalik dengan kekerasan. Sehingga semakin tinggi nilai kekerasan maka laju keausan semakin turun.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan kesimpulan yang didapat, maka penulis memberikan saran:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kekasaran permukaan untuk meminimalisir laju keausan
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi tekanan yang lebih bermacam untuk mengetahui tingkat keausan paling minimal yang terjadi
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai metode lain tentang *bioceramics*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfani, (2016), *Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Ketahanan Aus Baja ST 41*, Tugas Akhir, Lampung: Universitas Lampung.
- Amerogen, A, (1991), *Ludah dan Kelenjar Ludah Arti Bagi Kesehatan Gigi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Ardiansyah, (2011), *Ekstraksi Zirconia Dari Pasir Zircon Dengan Metode Mechanical Activation*, Tugas Akhir, Jakarta: Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Aulia, (2016), *Perubahan Struktur Email Gigi Setelah Aplikasi Gel Stroberi*, Tugas Akhir, Makassar: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
- Astuti, Ambar, (1997), *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Budiyanto Yung, (2008), *Buku petunjuk praktik kriya keramik*, Universitas Pelita Harapan.
- Callister, William D, 1940, *Material Science and Engineering*, USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Kristasari, (2016), *Studi Eksperimental Laju Keausan Gigi Tiruan Dari Resin Akrilik Berpenguat Fiberglass dengan Variasi Susunan Serat Penguat*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kwela. Z.N, (2006). *Alkali Fusion Processes for Recovery of Zirconia and Zirconium From Zircon Sand*. Afrika Selatan: University of Pretoria.
- Mutimmah, (2013), *Optimasi Ekstraksi Zirkonia Berbahan Baku Pasir Zirkon Silikat Melalui Reduksi Basa*, Lampung: Universitas Lampung.
- Maghfirah, (2007), *Pembuatan Keramik Paduan Zirkonia (ZrO<sub>2</sub>) Dengan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Dan Karakterisasinya*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Subarmono, (2011), *Kekerasan dan Laju Keausan Komposit Aluminium Diperkuat Dengan Keramik Zirconia yang Dibuat Dengan Metode Metalurgi Serbuk*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Subiyanto. H. & Subowo, (2003). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik Keramik Insulator Listrik. *Jurnal Teknik Mesin*, Volume 3, Nomor 1, Januari 2003. ITS. Surabaya.
- Tingley, D. Densley. & Serrenho, A.C, (2015), *Technical handbook on zirconium and zirconium compounds*, England: Zircon Industry Association.
- Vlack. L. V, (Penerjemah: Ir. Sriatie Djaprie). 1994. *Element of Materials Science and Engineering* (Ilmu dan Teknologi Bahan). Jakarta: Erlangga.

Wibowo, (2013), *Pengaruh Komposisi Tanah Liat, Kaolin, dan Kwarsa serta Suhu Pembakaran Terhadap Sikap Keramik Tradisional*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Yuono, (2016), *Ketahanan Aus Komposit Abu Terbang (Fly Ash) Batubara / Phenolic*, Lampung: Universitas Lampung

